ISBN 978-84-491-1116-7

VI CONGRESO NACIONAL DE EVALUACIÓN DE IMPACTO AMBIENTAL 2011

GOBIERNO DE ESPAÑA
MINISTERIO DE MEDIO AMBIENTE Y MEDIO RURAL Y MARINO

CENTRO DE PUBLICACIONES
Pº Infanta Isabel, 1 • 28014 Madrid

GOBIERNO DE ESPAÑA
MINISTERIO DE MEDIO AMBIENTE Y MEDIO RURAL Y MARINO

eia
asociación española de evaluación de impacto ambiental

IAIA

**Organizador:**

**Con la colaboración de:**

**Patrocinadores especiales:**

**Patrocinadores:**

**Colaboradores:**

Cooperantes

APROMA, Colegio Oficial de Biólogos de la Región de Murcia

# EVALUACIÓN DE IMPACTO AMBIENTAL: RESPONSABILIDAD, VIGILANCIA, EFICACIA

## Libro de Actas del VI Congreso Nacional de Evaluación de Impacto Ambiental (VI CONEIA)

Albacete, abril 2011

GOBIERNO DE ESPAÑA
MINISTERIO DE MEDIO AMBIENTE Y MEDIO RURAL Y MARINO

Madrid, 2011

**MINISTERIO DE MEDIO AMBIENTE Y MEDIO RURAL Y MARINO**

**Secretaria General Técnica:** Alicia Camacho García. **Subdirector General de Información al Ciudadano, Documentación y Publicaciones:** José Abellán Gómez. **Directora del Centro de Publicaciones:** Cristina García Fernández. **Jefa del Servicio de Edición:** M.ª Dolores López Hernández.

**Edita:**
© Ministerio de Medio Ambiente y Medio Rural y Marino
Secretaría General Técnica
Centro de Publicaciones

**Distribución y venta:**
Pº de la Infanta Isabel, 1
Teléfono: 91 347 55 41
Fax: 91 347 57 22

**Maquetación, impresión y encuadernación:**
V.A. Impresores, S.A.

Plaza San Juan de la Cruz, s/n
Teléfono: 91 597 61 87
Fax: 91 597 61 86

NIPO: 770-11-116-4
ISBN: 978-84-491-1116-7
Depósito Legal: M-48853-2001
Catálogo General de Publicaciones Oficiales:
http://www.060.es
(servicios en línea/oficina virtual/Publicaciones)

Tienda virtual: www.marm.es
centropublicaciones@marm.es

**Datos técnicos:** Formato: 17 x 24 cm. Caja de texto: 13 x 19,8 cm. Composición: una columna. Tipografía: Helvetica con cuerpo 10,5 al 12,5. Papel: Interior en estucado con certificación FSC® de 115 g. Cubierta en Symbol Card de 300 g. con certificación FSC®. Tintas: 4/4 más barniz. Encuadernación: rústica.

El certificado FSC® (Forest Stewardship Council®) asegura que la fibra virgen utilizada en la fabricación de este papel procede de masas certificadas con las máximas garantías de una gestión forestal social y ambientalmente responsable y de otras fuentes controladas. Consumiendo papel FSC® promovemos la conservación de los bosques del planeta y su uso responsable.

FSC www.fsc.org
MIXTO
Papel procedente de fuentes responsables
FSC® C023840

# EVALUACIÓN DE IMPACTO AMBIENTAL: RESPONSABILIDAD, VIGILANCIA, EFICACIA

## Libro de Actas del VI Congreso Nacional de Evaluación de Impacto Ambiental (VI CONEIA)


COMITÉ CIENTÍFICO

Casermeiro, Miguel Ángel
Espluga, Ana Pilar
Abad, Jorge
Andrés, Manuela
Arce, Rosa
Bailly-Baillyere, Enrique
Cruz, María Teresa de la
Desdentado, Luis A
Díaz, Manuel
Ezquerra, Alejandra
Galán, Ángel
García, Luis G
García Morote, Francisco Antonio
Granero, Javier
Lopéz Serrano, Francisco Ramón
Martínez Orozco, Juan Miguel
Molina, José Antonio
Morales, Gerardo
Moreno, Luis
Navarro, Federico
Otero, Isabel
Sobrini, Íñigo

Dedicado a la memoria de
Ángel Galán y Antonio del Cerro

# ÍNDICE

## Conferencias


Avances de la Evaluación Ambiental en España ..... 31
*Jesús Huertas García*

Presentación del Libro Blanco de la Evaluación Ambiental en España ..... 37
*Miguel Ángel Casermeiro Martínez y Miguel Aymerich Huyghues-Despointes*

Organización y funcionamiento de la Fiscalía de Medio Ambiente y Urbanismo ..... 45
*Raquel Muñoz Arnanz*


## BLOQUE I:
## Marco Jurídico y Procedimental


Documentación adicional en la Evaluación de Impacto Ambiental. Problemática y encuadre legal y procedimiental ..... 53
*M. J. Carrasco García y A. Enríquez de Salamanca Sánchez-Cámara*

Procedimientos abreviados. Los límites de la Evaluación de Impacto Ambiental ..... 59
*A. Enríquez de Salamanca Sánchez-Cámara y M. J. Carrasco García*

Ley 26/2007, de responsabilidad medioambiental: propuesta de guía metodológica para la determinación del estado básico del medio en la Comunidad de Madrid ..... 67
*R. Escribano Bombín, A. López Rodríguez, M. C. Mateo Sánchez, M. P. Aramburu Maqua, E. Iglesias del Pozo, F. Valero Huete y M. I. del Campo Serrano*

La evaluación ambiental estratégica vulnerada por el concepto de interés general ..... 75
*J. Abad García*

Impacto ambiental de las vías forestales en Castilla y León ..... 81
*P. M. Díaz Fernández, M. A. Barroso García y D. Barba Martín*

Impacto ambiental de las repoblaciones forestales en Castilla y León ..... 89
*P. M. Díaz Fernández y J. Galindo Gutiérrez*

La fase de selección en Castilla-La Mancha ..... 97
*F. Gómez Valbuena*

Análisis de la normativa sobre evaluación de impacto ambiental de proyectos de infraestructuras lineales tras 25 años de su implantación en España, y su aplicación actual en Andalucía ..... 107
*A. Santos Sotelo, E. Moreno Cuesta y E. González Algarra*

La evaluación de los impactos paisajísticos y los nuevos instrumentos de paisaje en la Comunidad Valenciana: a vueltas con el tema de la participación pública ..... 115
*C. Martín Cantarino y R. Huete Nieves*

La EIA en México: desarrollo conceptual y análisis procedimental desde la perspectiva de la Unión Europea ..... 121
*J. C. Olivo Escudero, A. Sastre Merlín y M. T. García López*

## BLOQUE II: Herramientas de apoyo a la EA: SIG, software...

Desarrollo y aplicación de un sistema de soporte de decisiones (DSS) para la evaluación de alternativas de planificación en base al metabolismo urbano ..... 131
*A. González del Campo*

Herramienta basada en SIG para la evaluación ambiental de infraestructuras de transporte ..... 139
*E. Ortega Pérez e I. Otero Pastor*

Aplicación de técnicas difusas a la evaluación de impacto ambiental de vertederos ..... 149
*E. Garrido Vegara, I. Requena Ramos y M. Zamorano Toro*

Desarrollo de una metodología para el diagnóstico ambiental de actividades industriales ..... 157
*E. Garrido Vergara, L. Lara Villegas y M. Zamorano Toro*

Análisis de la fragmentación y desfragmentación de hábitats afectados por infraestructuras de transporte ..... 165
*M. C. Mateo Sánchez, C. Iglesias Merchán y S. Saura Martínez de Toda*

Evaluación de modelos de predicción del ruido en carreteras: algunos casos de estudio en España ..... 171
*C. Castellote Varona y J. M. Martínez Orozco*

Método de estudio para la selección de alternativas en ubicación de campos de golf en Andalucía, según Decreto 43/2008 ..... 181
*S. Delgado Perales, Mª A. Fuentes Luque y J. Fuentes Luna*

Aplicación práctica del umbral visual para la delimitación del área máxima de trabajo en estudios de afección al paisaje ..... 191
*V. Asenjo Díaz, J. Álvarez Díaz, G. de la Fuente de Val y J. Grijota Chousa*

## BLOQUE III: Valoración de impactos: modelos y métodos cuantitativos

Metodología para la preservación de la vegetación existente en expedientes de evaluación ambiental ..... 203
*C. Martínez Jiménez e I. M. Sobrini Sagaseta de Ilúzdoz*

Impactos de tratamientos silvícolas sobre parámetros microbiológicos y bioquímicos del suelo en el monte Dehesa de Abajo (Cuenca) ..... 211
*C. Wic Baena, M. Andrés Abellán, M. E. Lucas Borja, F. R. López Serrano, F. A. García Morote, E. Martínez García, D. Candel, E. Rubio y M. I. Picazo*

Líneas de alta tensión en entornos periurbanos: una metodología para estimar el rechazo social causado por el riesgo percibido ..... 223
*R. Escribano Bombín y A. López Rodríguez*

Impacto sobre las aguas subterráneas del uso agrícola de lodos de depuradora: búsqueda de indicadores mediante el estudio de la zona no saturada ..... 231
*M. E. Jiménez Hernández, L. Moreno Merino, S. Castaño Castaño, A. de la Losa Román y D. Spano*

Valoración del medio natural y los impactos residuales causados por carreteras: propuestas de mejora y utilidad para compensación ..... 239
*A. Villarroya y J. Puig*

Método semántico CMH-EIA de agregación y valoración de impactos ambientales ..... 251
*C. M. Herrero Jiménez*

Efecto de la población en las emisiones de $CO_2$ según la identidad de Kaya 257
*G. Tudela Martín y L. J. de Miguel González*

Propuesta metodológica para la caracterización y valoración cualitativa de impactos ambientales en los procedimientos de evaluación de impacto ambiental ..... 269
*J. Granero Castro, M. Sánchez Arango, C. Pérez Burgos y M. Ferrando Sánchez*

Valoración de aspectos ambientales: propuesta de un modelo para el sector alimentario ..... 281
*C. Atienza Sahuquillo y V. Barba Sánchez*

## BLOQUE IV:
## Vigilancia ambiental: propuestas metodológicas e innovación

La “Dirección ambiental de obra” en los proyectos de ingeniería civil sometidos a evaluación de impacto ambiental ..... 291
*S. Ruiz Arriaga y M. R. García Sánchez-Colomer*

Protocolo normalizado para la revisión y análisis de los documentos de seguimiento ambiental de proyectos sometidos a tramitación ambiental ... 299
*M. J. Carrasco García, A. Enríquez de Salamanca Sánchez-Cámara, J. J. Rodríguez, M. García-Sánchez y J. M. Varela*

Seguimiento de fauna en proyectos sometidos a evaluación de impacto ambiental ..... 307
*A. Jiménez Rayado y E. Urquijo Rubio*

Vigilancia y seguimiento ambiental: conceptos y ámbitos de aplicación, esquema director y propuesta de comisión mixta de control ..... 317
*C. Iglesias Merchán, S. Soliveres Codina, V. Alfaya Arias, J. Álvarez Arcos, I. Mola Caballero, J. Martínez de Castilla, X. Artigas Iraegui, J. E. Malo Arrázola, G. Glaría Galcerán y R. Escribano Bombín*

Propuesta metodológica para el seguimiento del impacto ambiental de parques eólicos sobre los vertebrados voladores ..... 325
*J. Domínguez del Valle y F. Cervantes Peralta*

Los macroinvertebrados acuáticos, excelentes indicadores biológicos en las EIA: diferentes casos de estudio en el este de la Península Ibérica ..... 333
*J. Rueda Sevilla y C. Molina Uribe*

La vigilancia ambiental de proyectos y actividades tipo sometidas a evaluación de impacto ambiental en Castilla-La Mancha ..... 341
*M. Andrés-Abellán, E. Martínez-García, M. E. Lucas Borja, F. R. López-Serrano, F. A. García-Morote, D. Candel-Pérez, A. S. Galán-Cano y G. Morales Carrión*

Análisis de indicadores ambientales propuestos en los programas de vigilancia ambiental de proyectos y actividades tipo en Castilla-La Mancha 349
*M. Andrés-Abellán, E. Martínez-García, M. E. Lucas Borja, F. R. López-Serrano, F. A. García-Morote, D. Candel-Pérez, A. S. Galán-Cano y G. Morales Carrión*

Aplicación de la Directiva Marco del Agua (DMA) para el seguimiento ambiental de minicentrales ..... 355
*M. Martín Redondo, F. J. Mariño Fernández y A. Conde*

Análisis y valoración de los documentos de seguimiento ambiental de proyectos mediante un protocolo normalizado. Aplicación al caso de grandes obras portuarias ..... 363
*J. J. Rodríguez Sánchez, D. González Nicolás, S. Ruiz Arriaga y M. García Sánchez-Colomer*

Fototrampeo; una novedosa herramienta de vigilancia ambiental ..... 373
*J. Zamora Gómez, A. Vázquez Valverde y J. Giraldo Gutiérrez-del Olmo*

Estudio del impacto ambiental en suelos agrícolas mediterráneos mediante el análisis de los perfiles metabólicos microbianos tras la aplicación de enmiendas de origen urbano ..... 379
*I. Nadal Rocamora, C. Gondim-Porto, L. Platero Alonso y F. Navarro-García*

INGUNET. Un sistema de información continuo para integración, explotación y consulta en tiempo real de incidencias ambientales para obras en infraestructuras lineales con tecnologías web y licencias de software libre ..... 387
*F. J. Murillo Morón, L. Sánchez Mármol y F. San Pedro Mendoza*

La "Dirección Ambiental de Obra" como factor para la mejora de los instrumentos de evaluación de impacto ambiental (EIA): análisis de la experiencia actual en proyectos eólicos de la Comunidad Valenciana y propuesta metodológica ..... 393
*J. E. Colomer Valcárcel, G. Llorens Canosa y C. Martín Cantarino*

Empleo de los datos de seguimiento de avifauna durante la fase de construcción de parques eólicos para la estima de índices de riesgo de colisión específicos durante la fase de funcionamiento, utilizando modelos matemáticos ..... 401
*E. Montes Cabrero, A. Puente Montiel, J. Granero Castro y L. Díaz Calleja*

Propuesta metodológica para el estudio no invasivo de poblaciones de quirópteros en refugios próximos a parques eólicos ..... 411
*A. Puente Montiel, J. Rodríguez García y J. Granero Castro*

Recomendaciones para el diseño de programas de seguimiento de aves y quirópteros en parques eólicos mediante metodologías estandarizadas ..... 419
*E. Montes Cabrero, J. Cordón Ezquerro, R. Mateos Cuervo, J. Rodríguez García, A. Escribano Blanco, E. Bravo Román, A. Pulgar Noriega y J. Granero Castro*

Diseño y explotación de una red regional de vigilancia ambiental para proyectos de dragado de mantenimiento de calados mediante la aplicación de las recomendaciones del CEDEX, normas ROM y DMA ..... 427
*L. Díaz Calleja, J. Granero Castro y E. Bravo Morán*

Vigilancia ambiental del canal de Navarra. Acciones y consecuencias ..... 437
*J. F. Miral Durán y L. Sanz Azcárate*

Seguimiento ambiental del vaciado del azud de la central hidroeléctrica del río Cauxa en Belmonte de Miranda (Asturias) ..... 445
*J. Granero Castro, M. Ferrando Sánchez, M. Sánchez Arango y C. Pérez Burgos*

## BLOQUE V:
## Restauración

Restauración de una antigua cantera en un espacio natural protegido ..... 455
*M. Díaz Martín*

Restauración del talud erosionado de un vertedero de inertes ..... 465
*N. Solanilla Rodríguez, M. Díaz Martín y J. Alexandri Varela*

Valoración de la integración paisajística de las autopistas españolas por agentes implicados en su gestión ..... 473
*M. Loro Aguayo, B. Martín Ramos, R. M. Arce Ruiz e I. Otero Pastor*

Restauración ecológica y funcional de un LIC en Icod de los Vinos (Tenerife) 485
*D. de Torres-Domínguez y F. Gutiérrez Llarena*

Recuperación ambiental de la Laguna de la Celadilla (El Pedernoso, Cuenca, España) ..... 493
*L. A. Monteagudo Martínez, A. Aguado Millan, M. Bello la Puerta, V. Exojo Ramírez y J. Domínguez del Valle*

Reconstrucción geomorfológica y de hábitats en el plan de restauración de la cantera “Los Quebraderos de la Serrana” (Toledo, España) ..... 501
*I. Zapico, J. F. Martín Duque, N. Bugosh, L. Balaguer, J. V. Campillo, C. de Francisco, J. García, N. Hernando, J. M. Nicolau, S. Nyssen, J. Oria, M. A. Sanz y M. Tejedor*

## BLOQUE VI:
## Evaluación ambiental de planes y programas

Planificación estratégica a través de modelos espaciales: impacto de la energía eólica sobre la fauna ..... 511
*F. Cervantes, J. Domínguez y L. Monteagudo*

La visión funcional en la integración de la variable ambiental en los planes de ordenación del territorio de Navarra ..... 519
*A. del Rey Palacios, E. Ayerra Poyal, R. Sola Escribano y J. C. Bascones Carretero*

El tratamiento de alternativas en la evaluación ambiental de planes urbanísticos en Castilla-La Mancha ..... 527
*J. Cuenca Lozano*

Estudios complementarios a la evaluación ambiental estratégica ..... 535
*T. Martínez Romero y B. Jiménez-Fajardo*

## BLOQUE VII:
## Energías renovables

Impactos socioambientales de la energía eólica y desequilibrio territorial .. 545
*J. Martínez Sánchez*

Programa de vigilancia ambiental de parques eólicos en Castilla-La Mancha ..... 553
*M. Andrés-Abellán, E. Martínez-García, M. E. Lucas Borja, F. R. López-Serrano, F. A. García-Morote, D. Candel-Pérez, A. S. Galán-Cano y G. Morales Carrión*

Programa de vigilancia ambiental de plantas fotovoltaicas en Castilla-La Mancha ..... 559
*M. Andrés-Abellán, E. Martínez-García, M. E. Lucas Borja, F. R. López-Serrano, F. A. García-Morote, D. Candel-Pérez, A. S. Galán-Cano y G. Morales Carrión*

Bases para la evaluación del impacto sobre las aguas subterráneas de los vertidos procedentes de plantas termosolares ..... 565
*L. Moreno Merino, M. E. Jiménez Hernández, A. Romero Prados y A. de la Losa Román*

Seguimiento ambiental de sistemas de protección por ultrasonidos para la fauna piscícola en minicentrales hidroeléctricas ..... 573
*A. L. Ceular Villacé y F. J. Mariño Fernández*

Estimación de la variabilidad regional en las tasas de riesgo de colisión de avifauna por instalación de aerogeneradores mediante el empleo de modelos matemáticos, en ausencia de datos específicos de campo ..... 579
*J. Granero Csatro, M. Sánchez Arango, L. Díaz Calleja y E. Montes Cabrero*

Cálculo de la pérdida de conectividad ecológica de un territorio como consecuencia de la instalación de un parque eólico, mediante el software V-Late 1.1 ..... 585
*J. Rodríguez García y J. Granero Castro*

Metodología para el análisis del impacto acústico en los estudios de impacto ambiental de proyectos de instalación de parques eólicos ..... 593
*A. Escribano Blanco y J. Granero Castro*

## BLOQUE VIII: Estudio de casos

Impacto sobre la fauna de la proliferación de infraestructuras en medios agrícolas: una aproximación a través de la selección de hábitat del sisón común (*Tetrax tetrax*) ..... 603
*J. Domínguez del Valle y F. Cervantes Peralta*

Evolución de los índices de abundancia, riqueza y mortandad de la avifauna en los parques eólicos de Albacete tras cinco de seguimiento. Aplicación en la adopción de medidas compensatorias ..... 611
*J. J. Luján-Núñez, A. S. Galán Cano, J. A. López Donate, D. Huertas Migueláñez y S. Sánchez López*

Pasos a nivel para la fauna: propuesta de diseño en tramos de concentración de accidentes con animales (TCAA) ..... 617
*C. Iglesias Merchán, M. C. Mateo Sánchez y F. J. Cantero Desmartines*

Proyecto hidroeléctrico “La Parota”, un proyecto de oportunidades para los mexicanos ..... 625
*F. J. Hernández Álvarez*

Un caso de estudio de impacto sobre el patrimonio histórico. La variante de la N-322 en Fuentealbilla (Albacete) ..... 629
*J. L. Serna López y N. Escudero Navarro*

Condicionantes ambientales a la actividad minera del P.R.U.G. del Parque Regional del Sureste (Madrid): análisis de acciones restauradoras prioritarias y sus oportunidades ecológicas en las explotaciones autorizadas y no activas del parque ..... 639
*R. Escribano Bombín, A. López Rodríguez, S. Martínez Bondi, M. M. Escribano Bombín, C. Mataix González y J. P. Luna González*

Impacto ambiental de la explotación minera en el ecosistema forestal de los Cerros orientales de Bogotá (Colombia) ..... 647
*P. M. Díaz Fernández y C. R. Montes Pulido*

Herramienta para el cálculo de la huella de $CO_2$ del Grupo Gas Natural Fenosa ..... 653
*C. B. Díaz López, I. Montero Sanz, A. Gil Martínez y A. Díaz Lagares*

Planificación espacial de nuevas plantaciones de viñedo en zonas de especial protección de la avutarda (*Otis tarda*) en Castilla-La Mancha ..... 661
*F. Montero García, A. Brasa Ramos, F. Montero Riquelme y G. J. Carsjens*

Impacto ambiental de los campos de golf en Castilla y León ..... 671
*P. M. Díaz Fernández, Mª Alonso Vicario, C. L. Muñoz Gallego, L. I. Resina Gutiérrez, S. Rodríguez Pindado, R. Sánchez González y E. R. Torres Suárez*

Caracterización y estudio de los contaminantes y parámetros físico-químicos de las aguas de los humedales de La Moraña (Ávila) ..... 679
*P. M. Díaz Fernández, E. Luis Rosado, A. M. San José Wéry, L. P. Martín García, F. Carrera González, P. Mas Alique, J. Mongil Manso y M. P. Arraiza Bermúdez-Cañete*

Impactos sobre la fauna en la Comunidad de Madrid: análisis del registro de ingreso de la fauna autóctona en el centro de recuperación de fauna salvaje de Grefa ..... 687
*P. M. Díaz Fernández, V. Cruz Alonso, J. A. Montore Blázquez, F. González González, I. López Márquez, J. P. Díaz Fernández y M. Bettencourt Viana*

Protección de aves esteparias en los planes de ordenación municipal: aplicación al P.O.M. de La Herrera (Albacete) ..... 693
*F. A. García-Morote, F. R. López-Serrano, M. Andrés-Abellán, M. Lucas-Borja, E. Martínez-García, J. L. González-Jiménez, D. Candel-Pérez, T. Dadi y A. Fernández-Pacheco*

Guía metodológica de evaluación de los riesgos sanitario-ambientales de los estudios de impacto ambiental ..... 701
*M. Barberá Riera, S. Casas Lima, A. García Nieto, E. López Villarubia, S. Suárez Luque, E. Aránguez Ruiz, J. M. Ordóñez Iriarte, et al.*

Estudio y modelización del vertido térmico de Hidro-Nitro Española sobre el río Cinca en Monzón (Huesca, España) ..... 711
*J. Granero Castro, M. Ferrando Sánchez, M. Sánchez Arango, F. Doz Ciria, B. Valero Casajus y P. Torp Larsen*

## BLOQUE IX:
## Aspectos innovadores en EA

Aplicación del método WU para el cálculo de la capacidad de infiltración en campos de golf ..... 721
*I. Jorge Mardomingo, S. González Ubierna, B. Carrero González, Mª T. de la Cruz Caravaca, M. A. Casermeiro Martínez e I. M. Sobrini Sagaseta de Ilúrdoz*

Daños colaterales en la ejecución de obras de restauración, mejora o acondicionamientos ..... 727
*J. Rueda Sevilla y C. Molina Uribe*

Importancia agroambiental de la población rural: la comarca del Campo de Gómara (Soria) ..... 735
*J. Martínez Sánchez y P. Ciria Ciria*

Sobre la formación de alumnos universitarios en evaluación del paisaje e impacto paisajístico: problemática y perspectivas ..... 747
*C. Martín Cantarino y J. Martín Martín*

El aprendizaje de la evaluación de impacto ambiental mediante la resolución de problemas ..... 755
*A. Sastre Merlín, S. Martínez Pérez y C. Carrera Olivares*

# Acto de Apertura

## Intervención de Teresa Ribera

Secretaria de Estado de Cambio Climático

Es para mí un gran honor participar en la inauguración de este VI Congreso Nacional de Evaluación de Impacto Ambiental dedicado a "responsabilidad, vigilancia y eficacia", tres palabras que definen perfectamente cuáles son los grandes retos que todavía tiene por delante la evaluación de impacto ambiental, herramienta que quiero recordar cumple, el 28 de junio, 25 años con nosotros en su vertiente de evaluación de proyectos.

En efecto, el 28 de junio celebraremos el 25 aniversario de la adopción del Real Decreto Legislativo 1302/1986 que, por primera vez, incorporó la obligación de que determinados proyectos fueran sometidas a este procedimiento comprensivo, pluridisciplinar, de la evaluación de impacto ambiental. La promulgación de esta norma coincidió con el inicio del período de tiempo más importante y prolongado de nuestra historia moderna en cuanto a desarrollo, creación y generación de infraestructuras, y en modernización de la actividad económica. Ha sido por tanto un período delicado desde el punto de vista de la comprensión y conservación del entorno, pero gracias a nuestro aprendizaje y a la progresiva acumulación de experiencia hemos ido encontrando el camino para conciliar intereses dispares, sorteando dificultades, instando siempre a una eficaz integración de la variable ambiental en el diseño y ejecución de los proyectos.

Tenemos ahora por delante algo mucho más novedoso desde el punto de vista de visión de conjunto: la evaluación ambiental estratégica de planes y programas, cuya legislación vio la luz hace tan sólo 5 años, con una experiencia aún limitada pero creciente y con aspectos aún susceptibles de mejora, como por ejemplo la participación y seguimiento mediante los procedimientos de información pública.

Si la evaluación ambiental resulta globalmente exitosa es, en gran medida, porque hemos entendido que no es un paso burocrático más sino la gran herramienta de preservación y de garantía para que cualquier inversión sea viable en el tiempo y, simultáneamente, minimice los impactos ambientales.

Desde el último Congreso, hace ahora dos años, hemos avanzado en algunos campos que entendíamos clave, de cara a consolidar ese trío de "responsabilidad, eficacia y vigilancia" en la evaluación de impacto ambiental.

En primer lugar, hemos modificado la legislación ambiental con una serie de finalidades; la primera, afinar la clarificación de responsabilidades y competencias, otorgando prioridad a aquel órgano que presenta competencias fundamentales frente a aquellos otros que autorizan actividades que inciden de manera instrumental en la actividad final.

Además, hemos mejorado nuestra capacidad para hacer transparente y accesible el momento en el que se encuentra cada expediente en tramitación, asignando una responsabilidad clara a cada órgano participante en las diferentes etapas del procedimiento. Así, cualquier interesado puede solicitar mayor infor-

mación o remitir comentarios al órgano competente en cada momento. Con la vocación de reducir al máximo los tiempos de tramitación, se puede averiguar si se ha producido retraso en alguna de las fases del procedimiento.

Está información es accesible para todos a través de la página web del Ministerio de Medio Ambiente. De esta manera se puede conocer que el 70% de los proyectos que gestionamos en estos momentos están todavía, por unas razones o por otras, en fase de trabajo por parte del órgano que promueve el proyecto o aprueba el proyecto.

Hemos logrado también avanzar en una reducción de plazos de los procedimientos de evaluación. Esta reducción viene acompañada de algo que resultaría obvio para cualquier expediente administrativo, pero que no lo parecería tanto si nos refiriésemos al procedimiento de evaluación de impacto ambiental: que aquello que, a pesar del tiempo transcurrido no haya quedado suficientemente bien reflejado y que el órgano promotor o el sustantivo no haya sido capaz de consolidar, entra automáticamente en fase de caducidad.

Es necesario centrar los esfuerzos en lo que realmente es demandado, no colapsemos la administración con proyectos que, a lo mejor, por unas razones o por otras, quedan en vía muerta. Creemos que es indispensable conciliar la celeridad con el rigor, para eso tenemos también que afinar los recursos disponibles dedicándonos a aquellos proyectos que mantienen su vigencia.

Otra de las novedades acontecidas en este período tiene que ver con la culminación del libro blanco de evaluación de impacto ambiental, presentado por la Asociación Española de Evaluación de Impacto Ambiental. El análisis y evaluación de la información que proporcionada el libro nos ayudará sin duda a seguir mejorando.

Una mejora que yo cifraría en dos grandes líneas de trabajo:

Primero, consolidar una mayor participación y de mayor calidad desde el inicio de cualquier proyecto. Debo decir al respecto que ha habido un incremento notable en el número y calidad de los comentarios que se reciben. Son cada vez más afinados, ajustados y por tanto, más susceptibles de poder ser incorporados con plena garantía en el proyecto y en la declaración. Este es un reto que debemos seguir mejorando día a día.

La segunda cuestión sería lograr una mayor eficacia en los procedimientos de evaluación y también en la aplicación de las condiciones que se incorporan a la declaración de impacto ambiental. Un conocimiento y seguimiento más profundos de las condiciones de las declaraciones anteriores nos hará entender mejor cuáles han sido más eficaces, cuáles se han cumplido mejor, cuáles han generado problemas en su aplicación, permitiéndonos de este modo aumentar la calidad de la redacción y la eficacia de las declaraciones futuras.

Nada más, muchas gracias por su atención. Les deseo una feliz estancia en Albacete y un extenso y fructífero debate durante el transcurso de estas jornadas.

## Intervención de Íñigo Sobrini

Presidente de la Asociación Española de Evaluación de Impacto Ambiental

Abrimos hoy la sexta edición del Congreso Nacional de Evaluación de Impacto Ambiental (VI CONEIA), que bajo el lema **Responsabilidad, Vigilancia y Eficacia** vamos a celebrar desde ahora hasta el viernes día 8 en este marco incomparable que nos ofrece la ciudad de Albacete.

Pero permítanme que antes de nada les haga una confidencia: esta edición es muy importante para nosotros. Cada edición lo ha sido por motivos diferentes, pero esta es especial. Como saben los que son miembros de la Asociación, hace dos años en nuestra asamblea celebrada en Córdoba, decidimos crear la Delegaciones Territoriales. Pues bien, este congreso es especial por que ha sido el fruto de una apuesta decidida de llevarla a cabo desde la Delegación Territorial de la Asociación en Castilla-La Mancha. La propuesta de Albacete fue sencillamente irrechazable. En nombre de todos los asociados, quiero agradecérselo expresamente al grupo de trabajo que se organizó desde el primer momento para sacar adelante este congreso en Albacete, que ha funcionado como un engranaje perfecto, con Ángel Galán, Gerardo Morales, y Oscar García Zamora, capitaneados por Manuela Andrés, profesora de esta Universidad y que está al frente de la Asociación en Castilla-La Mancha. A mitad de camino perdimos al profesor Antonio del Cerro, que empujó desde el inicio el carro de este VI CONEIA, pero al que una fatal enfermedad nos arrebató bruscamente este pasado mes de diciembre. Permítanme que le dedique ahora este recuerdo, y que les anuncie que el Libro de Actas irá expresamente dedicado a su memoria. De verdad muchas gracias a todos.

Este congreso lo organiza, como saben, la Asociación Española de Evaluación de Impacto Ambiental, filial para España de la Asociación Internacional de Evaluación de Impactos (IAIA). Pero no lo podríamos hacer solos, es fruto de la colaboración con la Universidad de Castilla-La Mancha, que además de los profesores de la misma que participan en el Comité Organizador, y en el Comité Científico, ha puesto a nuestra disposición su recién inaugurado edificio polivalente, en el que nos encontramos ahora, y del que no hace falta que les glose sus bondades porque en el escaso rato que llevamos en él, hemos podido ya todos disfrutarlo, anticipando el excelente servicio que nos va a prestar. Gracias Vicerrector, por su absoluta colaboración, pero sobre todo porque hemos encontrado unas ganas de agradar por parte de todo el personal de su Universidad, que le aseguro que ha facilitado mucho el trabajo de todos, y que agradecemos especialmente.

También agradezco sobremanera la colaboración de la Junta de Comunidades de Castilla La Mancha. Se han volcado con nosotros, aportando su tiempo, su dedicación, también su dinero, para que lleguemos a buen puerto. Sobre todo en estos tiempos difíciles de estrecheces, de apretarse el cinturón hasta el final, quiero destacar el esfuerzo que han realizado facilitando a los técnicos de la

Consejería su asistencia al Congreso, animándoles a presentar comunicaciones, para compartir con todos nosotros su trabajo. Gracias Consejero.

Con el Ministerio de Medio Ambiente, Medio Rural y Marino completamos la terna de entidades organizadoras. En el caso del Ministerio permítanme que les dedique un agradecimiento especial, pues nos consta la importancia que en ese Departamento se le otorga a nuestra Asociación. Toda la Dirección General de Calidad y Evaluación Ambiental del Ministerio se ha volcado con este CONEIA, demostrando con esta actitud su interés en que la evaluación ambiental adquiera la importancia que merece, como herramienta de primer orden para la prevención ambiental, compartiendo con nuestra Asociación este objetivo. Sabemos que son muchas las peticiones de colaboración que se reciben en la Administración desde ámbitos diversos, por eso muchas gracias Sra. Secretaria de Estado, por su colaboración.

Quiero dar las gracias también al Ayuntamiento de Albacete, que se nos ofreció desde el principio para facilitarnos todo cuanto estuviera en su mano. Esta tarde-noche vamos a ser agasajados con un cocktail de bienvenida, en el precioso marco del Museo Municipal, que además de por su carácter lúdico, que todos apreciamos, tiene una importancia especial pues es en esos momentos distendidos cuando mejor se alcanza otro de los objetivos de cualquier congreso, que es aumentar la red de contactos personales de los asistentes, que algún día pueden convertirse en contactos profesionales, posibilitando nuevas oportunidades de trabajo, de colaboración, de intercambio de oportunidades. Muchas gracias, Alcaldesa.

Como les decía, el lema de esta edición es triple: **Responsabilidad, Vigilancia y Eficacia.**

Desde los tiempos de las primeras evaluaciones de impacto, a finales de los ochenta, hasta nuestros días, hemos sido testigos de una evolución constante de estos procedimientos administrativos, que han ido aumentando exponencialmente en número, y adquiriendo una creciente complejidad.

Ya no son raros los casos de expedientes de EIA realmente complicados, que se alargan en el tiempo, generalmente por controversias con grupos contrarios al proyecto. Estas diferencias de pareceres motiva la necesidad de informes complementarios que completen la información inicialmente proporcionada por el promotor, o que se amplíe algún aspecto concreto del Estudio de Impacto.

En otras ocasiones encontramos expedientes que han saltado directamente al ámbito judicial, casos en los que se anula una DIA inicialmente favorable y se exige una nueva DIA por no ser válida la aplicada, generalmente por errores en el procedimiento o deficiencias en el estudio de impacto y por tanto en la consideración de los impactos. O bien se anula una resolución de no someter a EIA un proyectos concreto, lo que obliga a tramitar a posteriori un expediente de EIA *ad hoc*. En otras ocasiones las denuncias parten sencillamente por DIAs que se incumplen, o por expedientes que directamente nunca existieron, al no haberse sometido la actuación a Evaluación Ambiental.

No hace falta traer a colación ejemplos concretos, pues no es ese el objeto de mi reflexión. A dónde quiero llegar es a que al final, nos encontramos con que la

opinión pública asiste atónita lo que desde los medios de comunicación se le presenta como un esperperpento y, sin entender nada, se queda lamentablemente con la falsa idea de que la EIA es un trámite burocrático, inútil, que según se quiera se tramita o no, y también según se quiera, termina favorablemente o no, sin criterios rigurosos.

Porque lamentablemente no son noticia los cerca de 8.000 expedientes de evaluación ambiental que se tramitan cada año en España, de planes, programas y proyectos que mejoran sustancialmente gracias a esta herramienta preventiva. No son noticia los promotores, ni los proyectistas y consultores ambientales, ni los ciudadanos, a título individual o mediante sus organizaciones asociativas de cualquier tipo, grupos ecologistas, políticos, etc., que intervienen en los procesos de participacion pública muchas veces con gran esfuerzo, ni tampoco son noticia los funcionarios de la Administración pública, tanto la competente en Evaluación Ambiental, como la competente en otras materias afectadas, y sobre cuyos informes la primera debe apoyar inevitablemente su dictamen. Todos ellos, agentes implicados en la evaluación ambiental, no son noticia cuando gracias a su trabajo se preserva nuestro riquísimo patrimonio ambiental, que es en la práctica totalidad de los expedientes tramitados. Por eso les anuncio que vamos a iniciar desde la Asociación un estudio que ponga en valor la Evaluación de Impacto Ambiental mediante el análisis de casos concretos, relevantes, que puedan llegar a ser noticia, en los que este instrumento ha servido claramente para mejorar sustancialmente el proyecto, el programa o el plan, y no sólo en términos estrictamente ambientales.

**Responsabilidad, vigilancia, eficacia**. Todos tenemos una gran responsabilidad: conseguir sacar el máximo provecho de la evaluación ambiental. Pero esta responsabilidad sobrepasa la fase de análisis previo, y continúa después durante toda la vida útil del proyecto. Por eso es fundamental la vigilancia. Por eso debemos seguir siendo responsables, y mantener siempre una actitud vigilante para comprobar el acierto de nuestras previsiones y para actuar de inmediato en caso de impactos no previstos.

La Evaluación Ambiental, si termina con la Memoria Ambiental del Plan o Programa, o con la DIA del proyecto, se queda en NADA. Es nuestra responsabilidad, de todos, que esto no ocurra, para lo cual debemos ser capaces de articular verdaderos sistemas de control y seguimiento, que sean eficaces. Porque de esto se trata en definitiva, de conseguir una evaluación ambiental eficaz. De la eficacia de todo este proceso depende que seamos capaces de avanzar en nuestro progreso individual y colectivo, sin comprometer nuestro futuro. En la Asociación Española de EIA estamos convencidos de ello. Por la cuenta que nos trae a todos, como sociedad, estamos empeñados en lograrlo, y les invitamos a todos a participar con nosotros en este empeño.

Para terminar, sólo me queda dar las gracias a nuestros patrocinadores, que con su apoyo económico posibilitan el CONEIA, de manera especial EDP Renovaveis, Fundación Repsol, Iberdrola Renovables, y en esta edición de forma destacada a EOLIA.

Y por supuesto, a todos ustedes, que con su asistencia y participación dan vida al CONEIA. Se ha presentado un número record de comunicaciones, con un aumento de más del 50% respecto al congreso anterior, lo que vaticina sin duda una edición muy participativa, que confío que resulte muy fructífera para todos. Les animo a compartir sus experiencias, a exponer sus inquietudes, a intervenir en los debates, desde una actitud de crítica constructiva a lo realizado hasta ahora, y así poder encontrar juntos la manera de mejorar para el futuro.

Muchas gracias.

# COMITÉ DE HONOR

**Presidente**
S.A.R. el Príncipe de Asturias, D. Felipe de Borbón y Grecia

**Miembros**
**Sr. D. José Mª Barreda Fontes**
Presidente de la Junta de Comunidades de Castilla-La Mancha

**Sra. Dª Rosa Aguilar Rivero**
Ministra de Medio Ambiente, Medio Rural y Marino del Gobierno de España

**Sr. D. José Blanco López**
Ministro de Fomento del Gobierno de España

**Sra. Dª Carmen Oliver Jaquero**
Alcaldesa de Albacete

**Sr. D. Alfredo Boné Pueyo**
Consejero de Medio Ambiente del Gobierno de Aragón

**Sr. D. José Juan Díaz Trillo**
Consejero de Medio Ambiente de la Junta de Andalucía

**Sr. D. José Luis Martínez Guijarro**
Consejero de Agricultura y Medio Ambiente de la Junta de Comunidades de Castilla-La Mancha

**Sr. D. Lluís Recoder i Miralles**
Conseller del Departament de Territori i Sostenibilitat

**Sr. D. José Luis Navarro Ribera**
Consejero de Industria, Energía y Medio Ambiente de la Junta de Extremadura

**Sr. D. Agustín Hernández Fernández de Rojas**
Consejero de Medio Ambiente, Territorio e Infraestructuras de la Xunta de Galicia

**Sra. Dª Ana Isabel Mariño Ortega**
Consejera de Medio Ambiente, Vivienda y Ordenación del Territorio de la Comunidad de Madrid

**Sr. D. Juan Gabriel Cotino Ferrer**
Consejero de Medio Ambiente, Urbanismo, Agua y Vivienda de la Generalitat Valenciana

**Sr. D. Stephen F. Lintner**
Presidente de la Internacional Association for Impact Assessment (IAIA)

**Sr. D. Ernesto Martínez Ataz**
Rector de la Universidad de Castilla-La Mancha

- El reglamento de Evaluación de Impacto Ambiental (EIA) debe ser actualizado y el de Evaluación Ambiental Estratégica (EAE) aprobado.
- Equiparación de la terminología de las CC.AA.
- Articular un procedimiento verdaderamente abreviado para las actuaciones de menor relevancia.
- El proyecto sometido a autorización sustantiva debe incluir (en su Memoria, Pliego de Condiciones, Presupuesto y Planos) todo el condicionado ambiental resultado de la Evaluación Ambiental (EA).
- Mejorar la coordinación entre EAE y la EIA.
- Debe mejorarse la coordinación entre el órgano ambiental y los demás cuerpos de la Administración que debe hacer informes sectoriales, que apenas se implican en los procedimientos.
- El órgano sustantivo debe hacer controles formales de los EsIA previamente a someterlos a información pública.
- Se debe incluir la evaluación de los impactos sobre la salud.
- La vigilancia debe ser efectiva y ser accesibles los datos que se obtienen en la misma para aplicarlos en EA ulteriores.
- Debe mejorarse la relación entre promotores y Administración ambiental para incorporar ágilmente las consideraciones ambientales en los proyectos.
- Es necesario un control externo a las labores de vigilancia por una entidad/persona ajena a la obra.
- Hacer mejor uso de indicadores en las fases previas del proceso de toma de decisiones.
- Las alternativas deben ser una consecuencia de los análisis ambientales que se realizan en el Estudio de Impacto Ambiental (EsIA), Informe de Sostenibilidad Ambiental (ISA), e incorporadas al proyecto/plan, para lo cual es necesario que se generen cuando el proyecto/plan está en fase de diseño.
- Bancos de datos reales obtenidos en las labores de vigilancia.
- Hay que favorecer la formación continua de todos los agentes implicados en la EA: consultores, funcionarios, etc.

- La Administración debe completar la información ambiental disponible, georreferenciada, con criterios homogéneos en todo el territorio.
- Urge aprobar los Planes de Gestión de todas las áreas protegidas
- Los proyectos de restauración deben incluir la funcionalidad ecológica, y no sólo aspectos geomorfológicos y estéticos.
- Los estudios sectoriales deben ser realizados por técnicos especializados.
- Potenciar y puesta en valor el I+D+i en nuevas metodologías, etc.

# Conferencias

# Avances de la Evaluación Ambiental en España

**JESÚS HUERTAS GARCÍA**
Director General de Calidad y Evaluación Ambiental
del Ministerio de Medio Ambiente y Medio Rural y Marino

Mi intervención va a estar basada en tres aspectos fundamentales:

En primer lugar, y puesto que el último congreso fue hace dos años, quiero hacer referencia a los cambios y los avances que ha habido hasta ahora, fundamentalmente la promulgación de la Ley 6/2010.

En segundo lugar, haré referencia al resultado, el balance que podemos extraer de estos dos años.

Y en tercer lugar, quiero señalar hacia donde nos lleva esa experiencia acumulada, en fin, cuáles son los planteamientos de futuro que desde el Ministerio creemos que hay que tomar.

Todos sabemos que el objetivo del impacto ambiental es establecer medidas y mecanismos tendentes a mejorar la eficacia en la tramitación de los procedimientos de evaluación de impacto ambiental, de forma que, sin rebajar las garantías medioambientales ni la rigurosidad de las declaraciones de impacto ambiental, permitan agilizar su tramitación. Eso es fundamentalmente lo que se persiguió con el cambio legislativo, que se produce con la Ley 6/2010 de 24 de marzo, de modificación del texto refundido de la Ley de Evaluación de Impacto Ambiental de Proyectos, aprobado por el Real Decreto Legislativo 1/2008, de 11 de enero.

Entre los artículos que se modifican, señalaremos el artículo 2, para establecer con claridad la definición de órgano sustantivo. La evaluación ambiental no sólo la hace el órgano ambiental. Por esa razón, quiero destacar un concepto que yo reitero y repito muchas veces, que es el de la corresponsabilidad con el órgano sustantivo. Toda la tramitación ambiental se inicia por un órgano sustantivo, que tiene que autorizar definitivamente el proyecto, y tiene responsabilidad en distintas fases. Lo que hizo la Ley 6/2010 precisamente es establecer esa corresponsabilidad entre el órgano sustantivo y el órgano ambiental, delimitando algunas líneas difusas que aparecían en la legislación anterior, como por ejemplo la definición precisa de quién es el órgano sustantivo cuando se enfrentan diversas competencias. El artículo 2 lo dejó claramente definido: cuando un proyecto se ve afectado por diversos conceptos que precisen autorización, aprobación o en su caso control de la actividad, y que se hubieran de otorgar o ejercer por distintos órganos de la Administración Pública Estatal, Autonómica o Local, se considerará órgano sustantivo aquel que ostente las competencias sobre la actividad cuya finalidad se orienta al proyecto. Esta definición ayuda sobremanera a delimitar las competencias en el inicio del expediente ambiental.

Se establecen claramente las tres fases de procedimiento: en la fase 1 el órgano ambiental determina el alcance del estudio de impacto ambiental. En la fase 2, que incumbe al órgano sustantivo, se realiza el estudio de impacto ambiental y la información pública, y se remite posteriormente al órgano ambiental para la declaración de impacto ambiental. Estas tres fases eran muy importantes de clarificar para que, en cada momento, el administrado, la sociedad, supiera en que órgano reside la competencia para avanzar en la tramitación. Cuando se dice que un expediente está en trámite de evaluación ambiental, siempre se considera que el responsable de su tramitación es el órgano ambiental, lo que no es siempre exacto. Cuando se habla de la corresponsabilidad tenemos que saber que esta tarea compete a los dos órganos de la Administración, aparte de un promotor que interviene en el mismo. Por lo tanto, creo que la Ley 6/2010 clarifica perfectamente esta fase de la tramitación para que el interesado, el administrado, el ciudadano en definitiva, sepan en cada momento quién debe dar avance en la tramitación.

Me gustaría significar también la reducción del plazo en la fase 2, que pasó del límite de los 2 años al de 18 meses y permite por tanto una reducción del tiempo total de tramitación de los expedientes. También se modificó la Ley para identificar a los autores de los documentos ambientales mediante nombre, apellidos, titulación y documento nacional de identidad, precisamente para ganar en transparencia, en información y en participación publica de los expedientes.

En el articulo 15 en su apartado 3, se incluyó también una novedad importante referente a que las decisiones sobre la autorización o la aprobación de los proyectos deberían ser remitidas al Boletín Oficial del Estado en el plazo de 15 días, precisamente para hacer pública también la información y participación pública en el momento en que se pone en marcha un proyecto que se ha sometido a evaluación ambiental, de cara a su seguimiento y al cumplimiento de las condiciones que se establecían en la declaración de impacto ambiental.

En cuanto a las declaraciones de impacto ambiental anteriores al 18 de abril de 2006, la Ley 6/2010 establece una vigencia de 3 años. No obstante, se debe solicitar preceptivamente informe al órgano ambiental para verificar si se han producido cambios sustanciales en los elementos esenciales que sirvieron de base para realizar esta evaluación. La contestación por parte del Órgano Ambiental se debe hacer en un plazo de 60 días, y el silencio se entenderá positivo.

En la mayor parte de los casos estamos hablando de declaraciones que ya tienen entre los 5 y los 10 años de aprobación, en las que hay cambios sustanciales. El cambio más significativo que se produce en algunas declaraciones de impacto ambiental es sin duda alguna la catalogación o la aprobación de zonas de la Red Natura, de LIC o de ZEPA que, desde luego, entendemos que constituyen cambios sustanciales en los presupuestos de la declaración. Esos proyectos deben por lo tanto someterse de nuevo a evaluación ambiental.

En lo referente a los procedimientos de la evaluación ambiental estratégica de planes y programas, estamos haciendo algunos trabajos para evaluar la participación pública y la información pública. La experiencia en evaluación de planes es mucho más reciente que la de proyectos, siendo la participación pública

y la información pública de los documentos ambientales en general mucho más amplia, al tratarse de destinatarios mucho menos definidos. Estamos elaborando un informe al respecto que incluirá las buenas prácticas internacionales así como un análisis y diagnóstico de los procesos de consulta y de participación pública, con un catálogo de acciones para mejorar los procesos de participación pública en el marco de las evaluaciones estratégicas. Antes de final de año, presentaremos este trabajo que será sin duda un instrumento útil para plantear, si fuera necesario, modificaciones legislativas o reglamentarias.

Con respecto a la evolución de los procedimientos de evaluación ambiental por parte del Ministerio, en los años 2009 y 2010, se ha dado entrada a 37 planes y programas, de los que ya se han terminado 18 y 10 están en redacción de memoria ambiental. En la tipología de planes iniciados desde el 2009 predominan claramente los referidos a puertos y aeropuertos.

En cuanto a proyectos, en ese período se produjeron 1080 entradas y 1572 salidas. Por lo tanto, la cartera global de proyectos en evaluación ha descendido en un número significativo. Todos los datos de estos proyectos están disponibles en la web del Ministerio.

Si algo se tiene claro desde el equipo ministerial es, sin duda, que es necesario trasladar el mensaje que la evaluación ambiental ni es una carga, ni es algo negativo para los proyectos que se someten a evaluación, sino que por el contrario aporta un plus añadido. Aporta no sólo la garantía de la preservación de los valores naturales, del patrimonio natural y del entorno, del hábitat, de la flora y de la fauna sino que a menudo clarifican y hacen mucho más eficientes los proyectos.

Otra cuestión esencial consiste en los procedimientos. Lo más criticado de los procedimientos ambientales ha sido siempre su tardanza. Sin embargo, la duración de un expediente de evaluación ambiental es necesaria para preservar y mantener una garantía de calidad. Muchas veces la dilación en los procedimientos se debe a que esos expedientes se inician con importantes carencias en la información aportada. La clave para conseguir un procedimiento ágil, un procedimiento rápido que no se eternice en el tiempo, sin duda alguna reside en hacer las cosas bien desde el principio. En hacer un buen documento de inicio, en hacer un buen estudio de impacto ambiental, en hacer una buena información pública. Es muy importante que la información pública llegue al máximo de destinatarios porque una buena contestación a esa información pública que se plasme en la documentación que se envía al órgano ambiental, va a ser finalmente una garantía para que la fase 3, la fase tercera, que es la fase de declaración de impacto ambiental, sea lo más rápida y completa posible.

Desde la Dirección General se está promoviendo que la interlocución con promotores y sustantivos no sólo sea formal, sino que exista de manera continua, intensa y directa. Así, el órgano sustantivo puede entender qué es lo que está pidiendo el órgano ambiental y el órgano ambiental puede tener satisfecha con agilidad sus necesidades de información.

De cara al futuro, los cinco ejes de mejora que nos planteamos desde el Ministerio son: mejorar en la transparencia y en la participación pública; como he

dicho antes, la calidad de la documentación ambiental; la redacción de la declaraciones de impacto ambiental; la reducción y la agilidad en los tiempos; y algo que también es muy importante, dado que un procedimiento ambiental no se termina con la aprobación de la declaración de impacto, la vigilancia y seguimiento de la aplicación efectiva y real de los condicionados de la declaración.

En cuanto a la transparencia y la participación del público en los procedimientos de la evaluación de impacto ambiental, hemos avanzado en estos años a través de la página Web del Ministerio, para que cualquier ciudadano pueda tener acceso a los expedientes, y saber en cada momento como se encuentra el procedimiento. Se pone a disposición del público en general todos los expedientes en tramitación, con indicación de las fases de tramitación en la que se encuentran. La fecha de comienzo de la fase del trámite, la fecha prevista de terminación de dicha fase según el plazo establecido, si hay suspensión del plazo por petición o reclamación de mayor información o de información complementaria... También, como he dicho antes, establece la información del órgano responsable de la tramitación de la fase en curso. En esta misma línea de mejoras, se está trabajando también para impulsar la tramitación telemática.

Para aumentar la eficiencia también se trabaja en mejorar la calidad de la documentación ambiental en cuestiones relevantes y establecer metodología, guías y directrices para la elaboración del estudio de impacto ambiental. Se han elaborado por ejemplo unas directrices para la evaluación de los impactos sobre la Red Natura 2000, además de haber editado guías para establecer normas en referencia a la clasificación AENOR.

Otra de las medidas indispensables es mejorar la claridad y comprensión de las DIAs. La rigurosidad de las declaraciones de impacto ambiental y su concreción nos llevan a hacer DIAs con una extensión importante, contrariamente a lo que ocurría en el pasado. Se realiza un importante esfuerzo en redactar declaraciones que, a pesar de ser extensas, sean claras y resalten el condicionado como parte dispositiva fundamental de estas resoluciones.

Como he señalado anteriormente, se está mejorando la comunicación con los órganos promotores y con los órganos sustantivos, no sólo a través de los cauces reglados y formales, pero también a través de contactos de trabajo diario informales y se mejora la comunicación con las demás administraciones implicadas. Para la Administración General del Estado son fundamentales los informes procedentes de las Comunidades Autónomas y por tanto es esencial avanzar para recibirlos en plazo. Sin ellos no es posible resolver algunos expedientes y por tanto se está insistiendo en tener esos informes a tiempo, aparte de ajustar los plazos en la evaluación aplicando la Ley 6/2010.

Un incremento del seguimiento, mediante la aplicación de mejores programas de vigilancia ambiental, es otra cuestión que resulta esencial. De nada vale tener una declaración de impacto ambiental perfecta si luego no se aplica correctamente.

Por lo tanto, es necesario establecer un condicionado cada vez más riguroso y más exigente, con comisiones de órganos de vigilancia participada por el órgano ambiental para garantizar que se aplican efectivamente las condiciones de

la DIA. También lograr una mayor concienciación del órgano sustantivo en la toma en consideración de estos programas de vigilancia ambiental, y una evaluación detallada por parte del órgano ambiental del cumplimiento de una muestra de las declaraciones de impacto ambiental.

En definitiva ¿cuál es el mensaje que queremos trasladar desde el Ministerio de Medio Ambiente y Medio Rural y Marino a todos los actores que participan en la evaluación ambiental?

En primer lugar que el órgano ambiental es un órgano colaborador. Es cierto que es un órgano de evaluación, y por lo tanto debe analizar una información que se le aporta desde el órgano sustantivo, y que cuanto mejor, cuanta más calidad tenga esa información desde el inicio del expediente, mucho más fácil y rápida será su resolución. El tiempo disponible para la declaración de impacto ambiental a menudo se queda corto porque es necesario solicitar, incluso en varias ocasiones, información complementaria, con la inseguridad que esa petición crea al órgano sustantivo, al promotor y a la sociedad en su conjunto, que está esperando las declaraciones de impacto ambiental para seguir avanzando en los proyectos, infraestructuras y equipamientos.

En el Ministerio de Medio Ambiente, y Medio Rural y Marino, todo el equipo de la subdirección de evaluación ambiental está haciendo una tarea de formación y especialización. Las materias, cada vez más específicas, requieren de una formación mucho más intensa y por lo tanto se ha hecho una estructuración de la subdirección de forma funcional para asignar tipologías concretas a los diferentes equipos humanos y lograr de esta forma una máxima eficacia.

Ahora más que nunca se puede pensar, en un momento de crisis y de dificultad en el que los presupuestos de la administración son escasos, que el coste de la evaluación ambiental, no sólo desde el punto de vista económico sino también en tiempo, representa una carga. Desde el Ministerio, tal como ha declarado la Ministra en distintas ocasiones, se entiende que la salida a la crisis debe ser una salida sostenible y que en estos momentos precisamente es cuando más necesitamos de instrumentos como la evaluación de impacto ambiental, para dar ese sello de sostenibilidad a los proyectos futuros.

Por lo tanto la evaluación ambiental es ahora más necesaria que nunca, no ha de entenderse como un gasto, un coste, es una inversión en protección de los valores naturales. Desde nuestra responsabilidad, es nuestro firme cometido que podamos servir a los intereses de la sociedad a través de nuestro órgano administrativo de la forma más eficiente, más útil y más exitosa.

Hace 25 años, cuando se promulgó la primera ley de evaluación de impacto ambiental, se inició un camino de compromiso con el medio ambiente a través de la evaluación ambiental, compromiso que llegó para quedarse para siempre. Nuestra obligación y objetivo es que los procedimientos se hagan mejor y resulten más eficaces, para compaginar cada vez más eficazmente el necesario desarrollo con la preservación de los valores naturales de nuestro país.

# Presentación del Libro Blanco de la Evaluación Ambiental en España

## *Presentation of the White Book on Enrivonmental Assessment in Spain*

**MIGUEL ÁNGEL CASERMEIRO MARTÍNEZ**
Asociación Española de Evaluación de Impacto Ambiental

**MIGUEL AYMERICH HUYGHUES-DESPOINTES**
Subdirector Adjunto de Evaluación Ambiental
del Ministerio de Medio Ambiente y Medio Rural y Marino (MARM)

## Resumen

El procedimiento de Evaluación de Impacto Ambiental apareció en 1986 en España y, desde entonces, ha ido desarrollando su espectro de aplicación y detalle tanto a nivel nacional como autonómico. Cada Comunidad Autónoma ha ido desarrollando su normativa y las aplicaciones del procedimiento, ampliando y diversificando la norma original de manera heterogénea. Esto ha llevado a que la manera de realizar el procedimiento sea diferente en función de la región española donde nos encontremos. Por ello, la Asociación Española de Evaluación de Impacto Ambiental ha realizado una revisión a escala nacional de su aplicación, efectuando una visión panorámica de la situación, comunidad por comunidad, del procedimiento.

Para la recopilación de los datos se diseñaron dos tipos de consultas, remitidas a las diferentes Consejerías de Medioambiente de las Comunidades Autónomas: cuestionarios cerrados y entrevistas semiestructuradas abiertas. La recopilación de la información se realizó a lo largo de un año. Se consiguieron datos totales de 15 de las 17 Comunidades Autónomas españolas, y el dato de planes y programas del País Vasco. Los datos de Islas Baleares y el de proyectos del País Vasco no se consiguieron obtener.

La realización del estudio ha puesto de manifiesto un exceso de carga laboral en los servicios de evaluación ambiental de la mayoría de regiones. Además se ha detectado un excesivo celo a la hora de aportar la información solicitada por parte de algunas comunidades. Dentro de los datos cuantitativos, destaca el elevado número de expedientes que se han tramitado en España en el año 2007. En tipologías, se observa un gran número de proyectos de agricultura, ganadería y silvicultura, industria energética e industria extractiva. Los datos de planes y programas, por su parte, reflejan la desproporcionada importancia que han tenido los planes urbanísticos en estos últimos años en la economía española. Viendo los datos por comunidades, nuevamente se observa una gran disparidad de los datos, marcada por las diferencias sociopolíticas y territoriales, pero sobre todo por las normativas.

## Palabras clave

Evaluación ambiental, España.

## Introducción

Desde su aparición en España en 1986 la evaluación ambiental de proyectos ha ido ampliando su rango de aplicación y detalle a escala nacional y a escala autonómica. En el amplio espectro normativo que envuelve el territorio nacional (R.D.L. 1/2008), cada comunidad autónoma ha ido incorporando normas y aplicaciones del procedimiento a su legislación, ampliando y diversificando la norma original de manera heterogénea (Ley 7/2007 de Andalucía, Ley 4/2007 de Castilla la Mancha, Ley 93/2006 de Navarra, Decreto 32/2006 de la Comunidad Valenciana, Ley 9/2006 de Extremadura, Ley 11/2006 de las Islas Baleares...).

A todo esto se suma la aparición, en 2006 (Ley 9/2006), de la legislación sobre evaluación ambiental estratégica de planes y programas, que ha introducido todavía más heterogeneidad y ha diversificado aún más la manera de aplicar la evaluación ambiental en cada una de las regiones.

La enorme diversidad regional existente, con la heterogeneidad normativa y el enredo competencial han llevado a que el procedimiento se diversifique, en cuanto a normas, conceptos, exigencias, competencias, recursos… Se dan casos en los que existen dos servicios diferentes (uno para planes y programas y otro para proyectos), otros en los que se centralizan en un solo departamento, hay departamentos que dependen de la consejería de medio ambiente, otros dependen de la de ordenación territorial, agricultura… Todo esto hace que en función de la comunidad en donde nos encontremos la manera de abordar el procedimiento, las exigencias normativas, la manera de presentar la documentación así como su formato y, en general, la manera en la que se realiza el procedimiento sean completamente diferentes.

Estas características propias del sistema territorial español han hecho que, a las diferencias normativas, se sumen las sociopolíticas y territoriales, causando enormes diferencias en la tipología y características de los expedientes que llegan a los servicios de evaluación ambiental de las Comunidades Autónomas. Por todo esto, y tras 25 años desde su integración en la legislación estatal, la Asociación Española de Evaluación de Impacto Ambiental ha realizado una revisión a escala nacional de la aplicación del procedimiento de evaluación ambiental, efectuando una visión panorámica de su situación, comunidad por comunidad.

## Material y métodos

Para la realización del estudio se ha partido de, al menos, dos fuentes de información directas remitidas a las diferentes Consejerías de Medioambiente de las Comunidades Autónomas (Figura 1): cuestionarios cerrados, cuya función principal ha sido la de recopilar la información estadística, y entrevistas semiestructuradas abiertas realizadas a los responsables de la aplicación del procedimiento en cada CC.AA. Esto ha permitido conocer, de primera mano, las dificultades, propuestas y mejoras que se plantean dentro de los diferentes servicios.

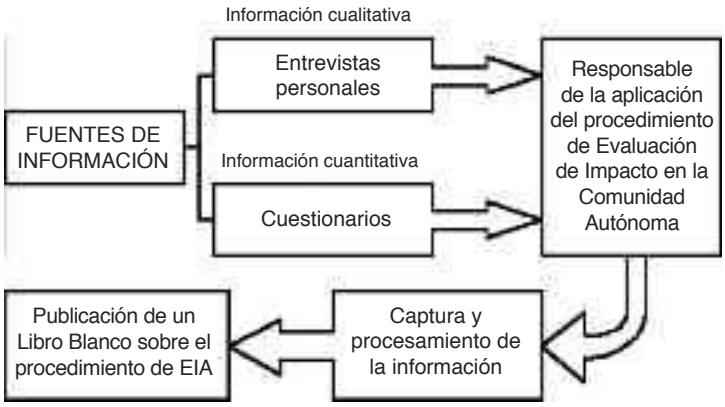



*Figura 1. Esquema metodológico*

Los cuestionarios se han compartimentalizado en tres grupos de cuestiones: cantidad de procedimientos y características de los mismos, participación pública en el procedimiento, y medios materiales y humanos de los departamentos. Los datos cuantitativos de los expedientes recibidos se agruparon según las tipologías recogidas en la legislación estatal (Ley 9/2000).

Por su parte, las entrevistas se han dividido en cinco apartados:

- Marco normativo. Bloque donde el entrevistado expone su opinión acerca de la idoneidad de la legislación actual y plantea las mejoras pertinentes, si las hubiere.
- Procedimiento, plazos, agilidad y recursos. Bloque Centrado en el funcionamiento de los departamentos y en las necesidades de mejora con las que se hayan encontrado en el ejercicio de sus competencias.
- Calidad de los estudios de impacto. El bloque pretende reflejar la visión que, desde la administración, se tiene de los estudios de impacto elaborados por los promotores o las consultoras y las exigencias de mejora y/o claridad en los mismos.
- Participación pública. Este bloque recoge el funcionamiento de uno de los mecanismos más importantes y, hasta la fecha, menos funcionales de que dispone el procedimiento de evaluación ambiental. Recoge los mecanismos con los que cada CC.AA. facilita y potencia la participación ciudadana en el proceso.
- Medidas correctoras y Programa de vigilancia ambiental. Por último se recogen los mecanismos que cada CC.AA. emplea para vigilar y exigir al promotor el cumplimiento de las especificaciones recogidas en el estudio y en la declaración de impacto.

La recopilación de la información se realizó a lo largo de un año. Se consiguieron datos totales de 15 de las 17 Comunidades Autónomas españolas, y el dato de planes y programas del País Vasco. Los datos de Islas Baleares y el de proyectos del País Vasco no se consiguieron obtener.

## Resultados y discusión

Lo primero que se ha puesto de manifiesto al iniciar los trabajos de recopilación de datos ha sido la elevada carga laboral que tienen los servicios encargados de gestionar el procedimiento en las diferentes Comunidades Autónomas. El dato medio de expedientes por técnico se eleva a los 28,75 por año, aunque hay gran disparidad, con comunidades que no llegan a 10 y otras que sobrepasan los 50. Esto ha contribuido a ralentizar de manera notable la fase de recopilación de información del estudio, y está provocando continuos retrasos en la tramitación de los expedientes, contribuyendo a la mala imagen del procedimiento entre los promotores. Además, en numerosas ocasiones se ha puesto de manifiesto una intromisión política en numerosos expedientes recogidos por los departamentos.

Otro dato destacable ha sido el excesivo celo a la hora de aportar la información solicitada por parte de algunas comunidades, tanto con peticiones individuales como a través de la Asociación, dificultando el ejercicio del derecho a la información por parte del ciudadano.

Centrándose ya en los datos cuantitativos, lo primero que destaca es el elevado número de expedientes que se han tramitado en España en el año 2007. En los 25 años de aplicación de la normativa se ha pasado de no evaluar nada a ser uno de los países con más expedientes tramitados por año, con 7901.

Los datos de los expedientes iniciados agrupados en las grandes tipologías de proyectos recogidas en la legislación estatal (Figura 2), reflejan la realidad del país. Hay un gran número de proyectos de agricultura, ganadería y silvicultura, datos propios de un país aún eminentemente agrícola y que está sufriendo un proceso de transformaciones en regadío, industria energética, debido al auge de las energías renovables en España, e industria extractiva, relacionada con el

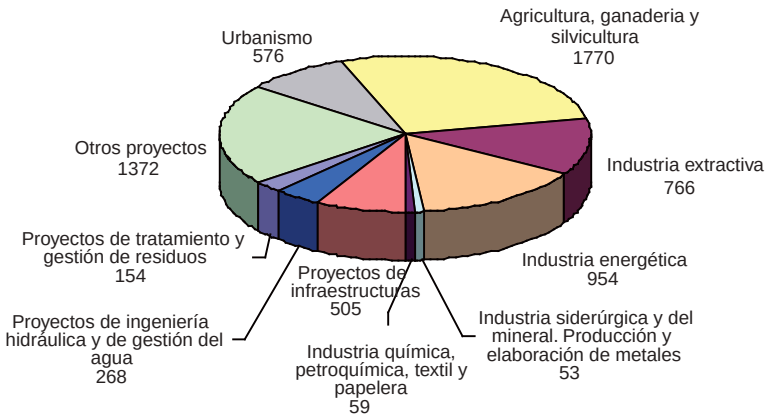



*Figura 2. Número de estudios de Impacto Ambiental por tipos de proyecto*

auge de la construcción. Otro dato destacable es el número de proyectos recibidos relacionados con los transportes, debido a la modernización e inversión en alta velocidad ferroviaria y en autovías que se está llevando a cabo.

Los datos de planes y programas (Figura 3), por su parte, reflejan la desproporcionada importancia que han tenido los planes urbanísticos en estos últimos años en la economía española. Entre el resto de categorías vuelven a destacar las de agricultura, ganadería y silvicultura y las infraestructuras.

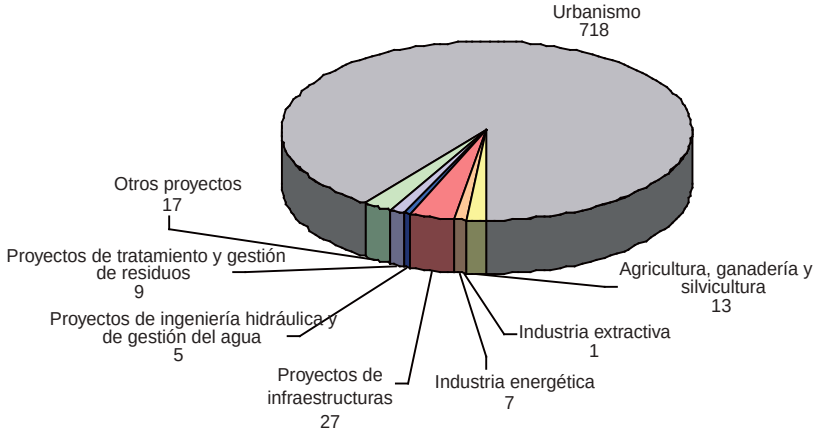



*Figura 3. Principales tipos de EAE por tipología*

Viendo los datos por comunidades, nuevamente se observa una gran disparidad de los datos, marcada por las diferencias sociopolíticas, pero sobre todo por las territoriales y normativas. Destaca el elevado número de expedientes de Evaluación Ambiental en Extremadura (más de 2000 en 2007) frente a los de la Comunidad Cántabra (23) (Figura 4). Sin obviar las diferencias territoriales, el diferente grado de exigencia entre las normativas regionales ha condicionado algunas de los contrastes observados, así como los datos notablemente elevados. Cabe destacar el dato de Canarias, que a pesar de su escasa relevancia territorial posee un elevado número de expedientes tramitados, en comparación con otras regiones con características similares.

Analizando la enorme importancia de los expedientes relacionados con Urbanismo, éstos destacan en Andalucía (cerca de un 30%), Asturias (25% del total y un 60% para EAE), Castilla la Mancha (30% del total y un 94% para EAE), País Vasco (89% para EAE), La Rioja (49% del total y un 78% para EAE) y Valencia (100% para EAE). A pesar de la falta de algunos datos (planes y programas de Madrid, por ejemplo) queda reflejada la desproporcionada importancia del urbanismo en España en 2007, especialmente en el procedimiento de planes y programas, como era de esperar.

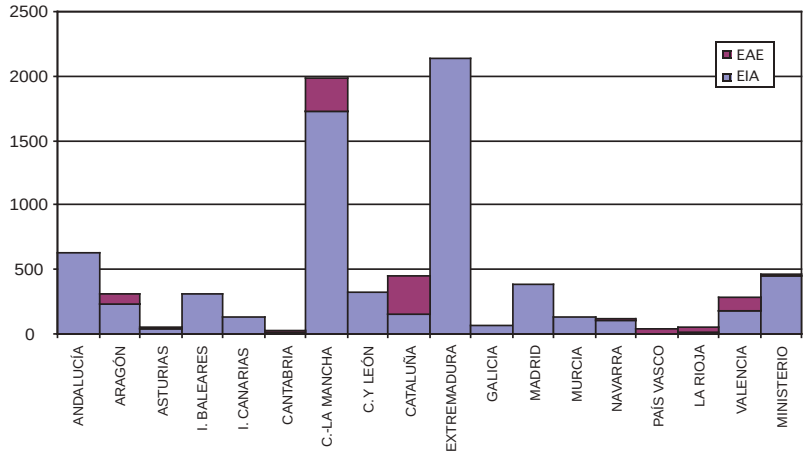



*Figura 4. Datos e evaluación de planes y programas y de Estudios de Impacto Ambiental por CC.AA.*

Otra tipología destacada ha sido la de agricultura, ganadería y silvicultura. España sigue siendo un país agrícola, aunque no en relevancia económica, si en territorial. Por ello, esta categoría adquiere importancia en las regiones con un histórico carácter agrario: Extremadura, Castilla la Mancha, Castilla y León, Galicia, Murcia, Navarra y Valencia. Se echa en falta el dato de Andalucía, pero la tramitación de expedientes agrícolas no corresponde al servicio de evaluación ambiental.

La industria extractiva también tiene una relevancia notable. Destaca en regiones como Andalucía, históricamente muy significativa en este tipo de actividad, y en Castilla la Mancha, Extremadura, Castilla y León y Murcia, casos relacionados con el auge de la construcción en gran medida. En Canarias esta tipología posee un valor notablemente más elevado que el resto de categorías, lo que supone un 36% de los expedientes iniciados.

En Navarra destaca el elevado número de expedientes relacionados con la gestión del agua (supone un 21% del total). Este dato se debe a la construcción de presas en las regiones pirenaicas para sostener los regadíos en la vega del Ebro.

Por último cabe destacar la tipología de infraestructuras, destacada en Asturias y Cantabria, donde es la de mayor valor, y en Cataluña.

En general, las comunidades de mayor tamaño son las que poseen valores más elevados, condicionadas por el elevado número de expedientes agrícolas, de industria energética, fundamentalmente líneas de alta tensión y aerogeneradores, e industria extractiva.

En los expedientes tramitados por el Ministerio, destacan las tipologías de industria energética (21%), infraestructuras (32%), e ingeniería hidráulica y gestión del agua (20%). En planes y programas la tipología mayoritaria es la de infraestructuras (87%).

## Conclusiones

La heterogeneidad territorial y normativa relacionada con el procedimiento de evaluación ambiental en España queda reflejada en la enorme disparidad de los datos recogidos en cada una de las regiones.

Se ha observado una excesiva carga laboral en los servicios de evaluación ambiental, así como una notable injerencia política en la tramitación de algunos expedientes.

Los datos repartidos por grandes tipologías reflejan la realidad económica española, con una importancia de los proyectos agrarios, de industria energética, industria extractiva e infraestructuras. En planes y programas el urbanismo copa la inmensa mayoría de los expedientes recogidos.

Por comunidades, son las de mayor tamaño las que toman los valores más elevados, condicionadas por los expedientes agrícolas, la industria energética y la extractiva.

## Agradecimientos

Este trabajo ha sido propuesto y financiado por la Asociación Española de Evaluación de Impacto Ambiental (www.eia.es) con el apoyo del Ministerio de Medio Ambiente y Medio Rural y Marino (www.marm.es).

# Organización y funcionamiento de la Fiscalía de Medio Ambiente y Urbanismo

**RAQUEL MUÑOZ ARNANZ**
Fiscal adscrita al Fiscal de Sala Coordinador
de Medio Ambiente y Urbanismo

Esta conferencia tiene por objeto explicar de manera sencilla cual es el origen, la finalidad y el funcionamiento interno de lo que se conoce como *Fiscalía Coordinadora de Medio Ambiente y Urbanismo*, así como el personal que la integra y su relación con el resto de los Fiscales que se dedican a la investigación y estudio de los delitos que se enmarcan en la especialidad de Medio Ambiente.

En relación con esta materia y a pesar de que el derecho al Medio Ambiente está expresamente contemplado como un derecho-deber de todos los ciudadanos en el artículo 45 de nuestra Constitución, donde igualmente se prevé la sanción a las conductas atentatorias contra el mismo en la vía penal, hay que decir que la configuración de su estudio e instrucción como una especialidad en el ámbito penal es algo bastante reciente, de hecho algunas de las acciones sancionadas como delictivas han accedido al Código Penal hace relativamente poco tiempo, por ejemplo el delito ecológico no se incorpora al Código Penal hasta 1973 y los delitos de urbanismo y los de protección de la fauna y la flora lo hacen en 1995 aprovechándose por el legislador sendas reformas del Código Penal.

Las conductas que constituyen delitos medioambientales son exclusivamente aquellas que aparecen como tal tipificadas en el Código Penal y cuyo incumplimiento implica la imposición de una pena a su autor, ya sea esta una pena privativa de libertad o una pena de multa, o ambas conjuntamente. Esta especialidad abarca cinco grandes áreas, a la sazón, los delitos contra la ordenación del territorio y urbanismo, delitos contra el patrimonio histórico, los delitos contra los recursos naturales y el medio ambiente (el comúnmente conocido como delito ecológico), delitos contra la fauna y la flora y animales domésticos y por último los delitos de incendios. En nuestro texto punitivo, casi todos estos delitos se enmarcan en el Titulo XVI del Libro II, salvo los delitos de incendio que están situados en el Capítulo II del Título XVII así como los delitos de riesgo provocados por explosivos y otros agentes que se encuentran en la Sección 3ª del Capítulo I del Titulo XVII. Es reseñable el hecho de que por LO 5/2010 de 22 de Junio, se ha aprobado una profunda modificación de nuestro Código Penal tanto en la parte general como en la especial, modificación que ha afectado de manera importante a algunos de los delitos contra el medio ambiente, bien por aumento de las conductas susceptibles de integrar el tipo delictivo o bien por aumento de la pena a imponer.

A la vista de lo expuesto es fácilmente colegible que el contenido de esta especialidad es muy amplio y de laboriosa y complicada investigación, en la medida que nos encontramos ante una gran variedad de conductas que están

profusa y minuciosamente reguladas por una normativa de naturaleza administrativa. Ello hace necesario explicar el hecho de que en una parte importante de estos delitos, el legislador ha utilizado, una técnica de redacción denominada "norma penal en blanco" lo que conlleva el que muchos de los tipos delictivos se configuren como **normas penales en blanco**. Esto significa que en los mismos se sancionan conductas que vienen referidas a comportamientos que tienen como punto de partida el incumplimiento de leyes o normas de carácter general y que se refieren a conceptos que hemos necesariamente de buscar en la legislación extra-penal. Esta técnica legislativa consistente en redactar los tipos penales apoyándose en una legislación exterior ha sido muy criticada por los autores pero lo cierto es que, en una materia como la que nos ocupa, que aparece regulada de forma pormenorizada administrativamente, la remisión a la misma es la única forma de dar coherencia a los comportamientos prohibidos a los efectos de dotar a todas las conductas sancionadas en la materia, del necesario contenido material. El Tribunal Constitucional ha admitido en múltiples sentencias la constitucionalidad del uso de esta técnica legislativa en los tipos penales en los que la conducta, o consecuencia jurídico penal no se encuentra agotadoramente prevista en la descripción del tipo, debiendo acudir para su integración a una norma distinta, siempre que se respete la concurrencia de tres requisitos:

1. Que el reenvío normativo sea expreso y esté justificado en razón del bien jurídico protegido por la norma penal.
2. Que la ley penal, además de señalar la pena, contenga en núcleo esencial de la prohibición.
3. Que sea satisfecha la exigencia de certeza, esto es, que se de la suficiente concreción para que la conducta delictiva quede suficientemente precisada con el complemento de la norma a la que se remite.

Las normas a las que se acude para integrar los delitos y determinar lo que son las conductas delictivas, dada la descentralización de competencias en esta materia, pueden ser tanto normas de ámbito nacional, como las emanadas de una comunidad autónoma, incluso las de índole local, sin olvidar las de ámbito supranacional, dada nuestra pertenencia a la Unión Europea y la adhesión de España a otros convenios internacionales, que hace que este derecho supranacional forme parte de nuestro derecho interno.

Por seguir un orden expositivo lógico, hay que mencionar primeramente cual ha sido el origen de lo que se conoce como *Fiscalía Coordinadora de Medio Ambiente y Urbanismo,* encontrándolo en la Disposición Adicional Primera de la Ley 10/2006 de 28 de Abril que modifica la Ley 43/2003, de 21 de Noviembre, de Montes, en la cual se insta al legislador a realizar las modificaciones oportunas en la Ley 50/81 reguladora del Estatuto Orgánico del Ministerio Fiscal mediante el nombramiento por parte del Fiscal General del Estado de un Fiscal con categoría de Fiscal de Sala (siendo esta la categoría más alta en la carrera fiscal), como Delegado de los delitos relativos a la ordenación del territorio y la protección del patrimonio histórico, medio ambiente e incendios forestales.

Tal y como se disponía en la Ley 10/2006, se incorporó al Estatuto del Ministerio Fiscal el nuevo artículo 18 quinques, donde se recogía la designación del Fiscal de Sala, sus funciones y el equipo con el que debía contar para el desarrollo de aquellas, habiendo sido derogado este artículo por la Ley 24/2007, de 9 de Octubre por la que se modifica la Ley 50/81 de 30 de diciembre, reguladora del Estatuto Orgánico del Ministerio Fiscal, y pasando a ser en la actualidad el artículo 20.2 de este texto modificado. Se observa pues que nos encontramos ante una estructura muy joven que ha comenzado su andadura como tal hace poco más de 5 años.

Así y de conformidad con la nueva regulación, fue designado como Fiscal de Sala de Medio Ambiente y Urbanismo D. Antonio Vercher Noguera por plazo legalmente previsto de 5 años, quien acaba de ser renovado en el cargo por otro período igual. Este Fiscal de Sala Coordinador se ve apoyado en sus funciones cotidianas por varios equipos, cuya adscripción aparece prevista en la norma que le crea. Desde el punto de vista jurídico, el Fiscal de Sala está asistido en sus funciones por tres Fiscales Adscritos o Adjuntos propuestos por el mismo y nombrados por el Fiscal General del Estado y que lógicamente centran su cometido en la valoración jurídica de las denuncias y actuaciones que se realizan ante el mismo. Por otra parte, dada la naturaleza de los delitos que abarca esta especialidad también colaboran con el Fiscal de Sala, la Unidad Técnica de Apoyo compuesta por tres personas, todas ellas funcionarios procedentes del Ministerio de Medio Ambiente Rural y Marino, que ostentan una formación académica de ingeniería forestales y de montes y ciencias ambientales. Igualmente se ve auxiliado, desde el punto de vista policial por una Unidad de Guardia Civil, de la especialidad del SEPRONA, quienes se encargan de realizar las inspecciones oportunas y lo que conocemos como el trabajo de campo y que está integrado por cuatro Agentes de dicho Cuerpo.

En el trabajo diario de la Fiscalía, la comunicación entre los tres equipos, jurídico, técnico y policial es constante, fluida y flexible, siendo esta la única fórmula de poder abarcar la comprensión e investigación de las conductas a investigar.

Es importante recalcar la idea de que, a pesar de ser conocida como tal, no estamos realmente ante una *Fiscalía Especial* (a modo de la Fiscalía Anticorrupción o Antidroga) sino ante una estructura o unidad especializada en una materia, formada por este Fiscal de Sala Coordinador y a la que legalmente se le ha dotado de un equipo de trabajo y que, a pesar de poder realizar investigaciones a nivel nacional, no fue creada como una Fiscalía Especial en sentido estricto, puesto que esta estructura no abarca la instrucción, a nivel nacional, de todos los delitos que integran la materia, culminando las investigaciones, en su caso, con la celebración de los juicios sobre las mismas, sino que su función principal es la de coordinación del trabajo que en esta especialidad delictiva se realiza por los diferentes Fiscales distribuidos por la geografía española, a fin de salvaguardar el principio de unidad de actuación que impera en el Ministerio Público como uno de sus principios rectores.

Así pues y antes de detallar las funciones para lo que fue creada esta inexactamente denominada *Fiscalía Coordinadora* se hace necesario dar unas

pinceladas sobre como se desarrolla y distribuye en las Fiscalías Provinciales el trabajo relativo a estos delitos así como su relación con el Fiscal de Sala.

Hay que decir que en la misma norma por la que se crea esta estructura en torno al Fiscal de Sala, se dispone que existirá en cada Provincia un Fiscal Delegado de Medio Ambiente y Urbanismo e igualmente existirá una Sección de Medio Ambiente en las Fiscalías Superiores. La división territorial de las Fiscalías se hace a nivel provincial, es decir, en cada provincia española existe una Fiscalía Provincial a cuyo frente hay un Fiscal Jefe Provincial y que está dotada de un número determinado de Fiscales a su cargo en función del tamaño y las necesidades de cada sitio, que desarrollan su trabajo en relación con los delitos que en general se produzcan en su ámbito geográfico. Las distintas Fiscalías Provinciales de una misma Comunidad Autónoma, tienen dependencia jerárquica de una Fiscalía Superior que se identifica con la Fiscalía de la Comunidad Autónoma a cuyo frente se encuentra el Fiscal Superior y que la integran igualmente varios Fiscales. Pues bien, tanto a nivel provincial como a nivel de la comunidad autónoma, existe un Fiscal que se hace cargo de los asuntos relacionados con el medio ambiente.

Los Fiscales Delegados provinciales son los encargados de investigar los delitos de esta naturaleza, tanto en investigaciones iniciadas por propia iniciativa como en las ya judicializadas, haciendo el seguimiento del desarrollo de toda la instrucción, instando el avance de la misma y representando a la Acusación Pública en los juicios que se celebren como culminación de aquellas. Son Fiscales que se han ido especializando en esta materia por medio de dos vías básicamente, por un lado por los cursos de formación que se han organizado al efecto y por otro por el esfuerzo personal de haber ido profundizando en los diferentes tipos penales derivado de la propia experiencia profesional. Resta por decir que los Fiscales Delegados provinciales, en función de las necesidades de cada Fiscalía pueden estar dedicados a esta materia con exclusividad o tienen que compaginarla con el resto de las funciones que realiza un Fiscal ordinario (instrucción del resto de delitos, servicio de guardias, asistencia a juicios…). Igualmente, según el volumen de trabajo que conlleve esta especialidad en un territorio concreto, el mismo puede ser desempeñado sólo por el Delgado, o dotar a este de uno o más Fiscales que le ayuden o colaboren con aquel en esta especialidad. Es fácil de entender que no son las mismas circunstancias ni volumen de trabajo el que conlleva ser Fiscal Delegado en una Fiscalía grande como la de Barcelona en comparación con otras mucho más pequeñas como por ejemplo al de Cuenca, de ahí que la distribución concreta del trabajo y del número de personas que se asignen al mismo se realice por el Fiscal Jefe de cada Fiscalía Provincial. De esta forma se ha creado lo que se conoce como la Red de Fiscales de Medio Ambiente, básicamente compuesta por Fiscales bastante vocacionales en la materia.

De entre todas la funciones que la norma creadora atribuye al Fiscal de Sala, destaca por su importancia para el trabajo cotidiano y por su repercusión social, la de **supervisar y coordinar** el trabajo realizado por las distintas secciones de medio ambiente. La coordinación es fundamental para dotar de seguridad el tra-

bajo de los especialistas e intentar garantizar que la respuesta ante una misma conducta, más allá de las peculiaridades que pueda presentar una zona geográfica concreta, va ser igual con independencia de donde tenga lugar y de quién la investigue. El Fiscal de Sala tiene como objetivo el coordinar a las Fiscalías de Medio Ambiente a fin de unificar criterios, pudiendo para ello impartir a los Fiscales Delegados y especialistas las instrucciones que tenga por conveniente en relación con la materia así como celebrar reuniones con aquellos. De hecho, desde el inicio de esta especialidad el Fiscal de Sala ha venido convocando a los Fiscales Delegados a una reunión anual en la que se ponen de manifiesto los distintos problemas y cuestiones que van surgiendo en temas concretos, realizándose exposiciones por los Delegados y acordándose una serie de conclusiones que son difundidas en la especialidad a modo de pauta de actuación que hay que seguir en las investigación y tratamiento jurídico de estos delitos. La relación entre el Fiscal de Sala y su equipo con los Fiscales Delegados y Especialistas es fluida y cercana, sirviendo de apoyo en las cuestiones jurídicas que se plantean por los compañeros en el curso de sus investigaciones y aportando la estructura técnica y policial a aquellos que lo necesiten en sus investigaciones.

A pesar de haber destacado esta función de coordinación por su importancia y por ser la que ocupa gran parte del esfuerzo diario, la norma atribuye al Fiscal de Sala Coordinador de Medio Ambiente y Urbanismo otras funciones de gran trascendencia, como son:

- la de **practicar diligencias de investigación** a las que se refiere nuestro estatuto, si bien ampliando su radio de actuación a nivel nacional, pudiendo intervenir directamente, o a través de instrucciones impartidas a los delegados en procesos penales de especial trascendencia apreciada por el Fiscal General del Estado.
- también está prevista la posibilidad de **ejercitar la acción pública** en cualquier procedimiento, ya sea directamente o a través de instrucciones a los Delegados, cuando la actuación de la acusación pública venga prevista en normas de carácter medioambiental.
- Corresponde al Fiscal de Sala presentar un informe al Fiscal General de Estado sobre los procedimientos seguidos y actuaciones practicadas por el Ministerio Fiscal en materia de medio ambiente, que será luego incorporado por el Fiscal General de Estado en su memoria anual.

Concluir diciendo que a pesar de la juventud de la red de Fiscales Especialistas en Medio Ambiente, con el Fiscal de Sala al frente, los éxitos a nivel de sentencias condenatorias es creciente, lo que pone de manifiesto la implicación personal y profesional de sus miembros.

# Bloque I:

# Marco Jurídico y Procedimental

# Documentación adicional en la Evaluación de Impacto Ambiental. Problemática y encuadre legal y procedimiental

## *Additional Documentation in the Environmental Impact Assessment. Problems and Legal and Procedural Frame Assessment in Spain*

**M. J. CARRASCO GARCÍA**
**A. ENRÍQUEZ DE SALAMANCA SÁNCHEZ-CÁMARA**
DRABA Ingeniería y Consultoría Medioambiental, S.L.
San Lorenzo de El Escorial (Madrid)

## Introducción

El procedimiento de evaluación de impacto ambiental lleva asociada la redacción de una serie de documentos técnicos, para dar inicio a la tramitación (documento inicial), consultar sobre la necesidad de evaluación (documento ambiental) o determinar las afecciones ambientales previsibles (estudio de impacto ambiental).

Estos documentos son elaborados por el promotor, y remitidos al órgano ambiental, de forma directa o por mediación del órgano sustantivo, según el marco competencial concreto. Tras su presentación, el órgano ambiental puede considerar que son adecuados o, por el contrario, que resultan inadecuados o insuficientes, solicitando que se modifiquen o se completen, remitiendo alguna información adicional.

Puede solicitarse documentación adicional en cualquiera de los documentos relacionados con la evaluación de impacto ambiental, aunque en la práctica suele estar asociada al documento ambiental y al estudio de impacto ambiental.

La documentación complementaria o adicional puede tener un alcance y contenido muy diverso, que dependerá de la calidad de los documentos presentados, pero también de la problemática del proyecto y su grado de aceptación social. En general, cuanto más conflictivo resulte el proyecto, y más rechazo social tenga, más probable es que se solicite información adicional antes de emitir la declaración de impacto ambiental, sobre todo para aclarar y evaluar en detalle los aspectos más polémicos.

Aunque la tramitación de la documentación adicional en los procedimientos de evaluación ambiental es una práctica habitual, la normativa básica del Estado no aborda esta posibilidad, lo que crea un importante vacío legal. Dependiendo del alcance de la documentación complementaria, y del momento en que sea presentada, variarán sus repercusiones en el procedimiento, pero pueden llegar a desvirtuarlo si no se garantiza una adecuada participación pública, cosa que ocurre, por ejemplo, con la documentación presentada con posterioridad a la información pública.

Algunas comunidades autónomas han abordado de forma concreta esta problemática en sus desarrollos normativos, con alcance y eficacia variable, desde simples disposiciones de plazos, hasta una regulación completa y detallada de la tramitación para la documentación adicional.

En esta comunicación se analizan las principales causas que pueden generar la necesidad de documentación adicional, las etapas de la evaluación en que puede precisarse, la problemática derivada de su elaboración y presentación, las carencias normativas existentes y las soluciones adoptadas en normas autonómicas. El objetivo es realizar una propuesta de adecuación de la normativa básica para cubrir las lagunas actualmente existentes.

## Material y métodos

Este trabajo se basa en el análisis de la normativa vigente en materia de evaluación de impacto ambiental, tanto a nivel europeo como de la Administración General del Estado y de las diecisiete comunidades autónomas. De forma complementaria, y para analizar la problemática, se han consultado algunas fuentes bibliográficas y documentales que aparecen relacionadas al final de la comunicación.

Asimismo, la experiencia profesional del equipo en análisis de documentos que forman parte del procedimiento de evaluación de impacto ambiental de infraestructuras lineales competencia del Estado ha permitido el examen de numerosos documentos complementarios redactados en el marco de dicho procedimiento. Este análisis formal y de contenidos ha constituido la base esencial para poder interpretar en qué momento del procedimiento se exige la documentación y cuáles suelen ser las razones de tal exigencia, cuestiones que tratan de plasmarse en la presente comunicación.

## Resultados

### Documentos del procedimiento. Causas de la necesidad de documentación adicional

Los documentos que pueden ser necesarios en el procedimiento de evaluación de impacto ambiental son el Documento Inicial de Proyecto, el Documento Ambiental del Proyecto y el Estudio de Impacto Ambiental.

El Documento Inicial da comienzo al procedimiento en los proyectos del anexo I del Real Decreto Legislativo 1/2008, de 11 de enero, por el que se aprueba el texto refundido de la Ley de Evaluación Ambiental de Proyectos, donde la evaluación de impacto es obligatoria. Siempre habrá un estudio de impacto ambiental de forma posterior. Si es necesaria alguna información adicional, lo normal es solicitarla en el documento de alcance y nivel de detalle del estudio de

impacto ambiental que se emite a partir del documento inicial. Por ello, no suele pedirse documentación adicional (1).

El Documento Ambiental del Proyecto sirve para consultar sobre la necesidad de someter a procedimiento un proyecto de los comprendidos en el anexo II del Real Decreto Legislativo 1/2008. La solicitud de documentación adicional suele producirse cuando existen dudas para el órgano ambiental acerca de la importancia de uno o más impactos. También pueden solicitarse modificaciones al proyecto para evitar o mitigar algún impacto. Su objeto es clarificar la importancia de potenciales impactos antes del pronunciamiento acerca de la exención o no de procedimiento. Si el órgano ambiental decide que el proyecto se someta a evaluación, con posterioridad existirá un estudio de impacto ambiental pero en caso contrario, el Documento Ambiental será el único elaborado en su tramitación ambiental, de ahí la importancia de la definición y contenidos de este documento para el Órgano Ambiental y la frecuencia con la que puede ser exigida la documentación adicional en este caso.

El Estudio de Impacto Ambiental es el documento más importante dentro de un procedimiento: será el documento de referencia para que el órgano ambiental pueda emitir la resolución por la que se pronuncie sobre la viabilidad ambiental del proyecto, la declaración de impacto ambiental. Lo más frecuente es la exigencia de información complementaria en esta fase ya que:

El estudio de impacto ambiental es el último documento del procedimiento antes de la emisión de la declaración de impacto ambiental. Si existen dudas o falta información, es el momento de solicitarla.

Suelen ser documentos extensos y complejos, que analizan los efectos ambientales de un proyecto en su entorno. Algún efecto puede haberse considerado de forma insuficiente a juicio del órgano ambiental.

El proyecto y el estudio de impacto ambiental se someten a información púbica y consultas, proceso de participación extenso donde las Administraciones afectadas, personas interesadas y público en general pueden señalar carencias, discrepancias, solicitar medidas adicionales, etc., en sus alegaciones.

La documentación complementaria que suele requerirse en esta fase de estudio de impacto ambiental varía dependiendo de la calidad de dicho estudio (2), la problemática del proyecto y su grado de aceptación social.

En definitiva, tras el análisis del documento concreto, el órgano ambiental puede requerir información adicional sobre aspectos que considere insuficientemente tratados. Esta documentación adicional o complementaria suele requerirse por alguna de las siguientes causas:

- Que el contenido del documento sea inadecuado o insuficiente a juicio del órgano ambiental para que éste pueda realizar una correcta evaluación. Un ejemplo común es la petición de información adicional por la insuficiente definición de algunas de las actuaciones que comprende el proyecto, como el caso de los préstamos y los vertederos en obras civiles (3).
- Que no se haya dado cumplimiento al alcance y nivel de detalle marcado por el órgano ambiental al inicio del procedimiento.

- Que en alguna fase de participación pública o consultas se haya puesto de manifiesto algún aspecto no considerado en el documento.

En la práctica, la solicitud de documentación adicional suele asociarse al Documento Ambiental y al Estudio de Impacto Ambiental.

**Marco legal de la documentación adicional**

La normativa básica del Estado (Real Decreto Legislativo 1/2008, modificado por la Ley 6/2010, de de 24 de marzo) no aborda la posibilidad de petición de documentación adicional. La solicitud de esta documentación, no obstante, es frecuente en los procedimientos de evaluación de impacto ambiental de competencia estatal, y suele tener asociada una paralización de los plazos para la resolución de consultas sobre necesidad de evaluación o para la emisión de la declaración de impacto ambiental. Dependiendo del alcance de la documentación adicional, y del momento en que sea presentada, variarán sus repercusiones en el procedimiento, pero pueden llegar a desvirtuarlo si no se garantiza una adecuada participación, lo que ocurre con aquella documentación que se presente tras la información pública.

Algunas comunidades autónomas, concretamente nueve de ellas (Comunidad de Madrid, Cataluña, Valencia, Canarias, Baleares, Navarra, Andalucía, Castilla-La Mancha y Murcia) sí han incluido en sus disposiciones legales la posibilidad de solicitar documentación complementaria o correcciones, en todos los casos referidas al estudio de impacto ambiental. El alcance en las distintas disposiciones es diferente dependiendo del caso.

Algunas abordan el tema de pasada, como es el caso de la Junta de Andalucía en la Ley 7/2007, indicando únicamente que el órgano ambiental deberá dar su opinión sobre el alcance de la información que deba contener la documentación del procedimiento sin perjuicio de que se pueda requerir más información con posterioridad. Otras establecen disposiciones acerca de plazos como es el caso de la Ley 2/2002, de 19 de junio, de Evaluación Ambiental de la Comunidad de Madrid o la Ley 4/2007, de 8 de marzo, de Evaluación del Impacto Ambiental.

Las normativas más desarrolladas en este sentido, con una regulación completa y detallada de la tramitación para la documentación adicional, son las de Navarra (Ley Foral 4/2005, de 22 de marzo, de intervención para la protección ambiental y Decreto Foral 93/2006, de 28 de diciembre, por el que se aprueba el reglamento de desarrollo de la Ley 4/2005) y Valencia (Decreto 162/1990, de 15 de octubre, del Consell de la Generalitat Valenciana, por la que se aprueba el Reglamento para la ejecución de la Ley 2/1989, de 3 de marzo, de Impacto Ambiental) que recogen la posibilidad de someter a una nueva información pública las modificaciones que se realicen de forma posterior a dicho trámite.

### Discusión y conclusiones

La transparencia y la participación pública son dos pilares sobre los que se asienta un adecuado procedimiento de evaluación de impacto ambiental. La publicidad de la documentación complementaria es un aspecto poco abordado en la normativa, lo cual puede suponer un problema procedimental cuando esta documentación se genera tras el proceso de información pública, momento en el que precisamente suele ser requerida, porque los nuevos documentos no serán públicos. Si la solicitud de documentación está motivada por el requerimiento de una Administración, probablemente dicha documentación le sea remitida para que pueda opinar sobre ella, pero otras Administraciones afectadas, las personas interesadas y el público en general no tendrán acceso a ella.

Si la documentación adicional se redacta para abordar aspectos concretos de escasa repercusión en la viabilidad ambiental de un determinado proyecto, la falta de publicidad, aunque no es deseable, puede no resultar tan problemática. Pero si la nueva documentación incorpora cambios esenciales, como modificaciones en la ubicación del proyecto, nuevas alternativas, impactos no considerados anteriormente, definición de algún aspecto integrante del proyecto que no estaba anteriormente definido, etc., la ausencia de una verdadera participación pública adultera la concepción general del procedimiento de evaluación de impacto ambiental.

Para paliar estos problemas, y en la línea ya establecida por Navarra y la Comunidad Valenciana, la solución más adecuada es una nueva información pública, lo cual debería ser regulado por la normativa. Esta nueva información pública retrasará plazos, alargando ostensiblemente el procedimiento de evaluación de impacto ambiental y haciéndolo más complejo, pero estas cuestiones no deben eximir de su realización.

## Referencias bibliográficas

(1) Carrasco, M. J. y Enríquez de Salamanca, A. 2010. *Evaluación de impacto ambiental de infraestructuras. Redacción y tramitación de documentos*. AENOR. Madrid.

(2) Xunta de Galicia. 2003. *Conclusiones de las I Jornadas sobre la evaluación de impacto ambiental en la Administración*. Xunta de Galicia. Santiago de Compostela. www.siam.medioambiente.xunta.es/publicacions

(3) Enríquez de Salamanca, A. y Carrasco, M. J. 2009. *Manual de gestión y restauración de zonas de préstamos y vertederos en obras civiles*. CEDEX. Ministerio de Fomento y Ministerio de Medio Ambiente, y Medio Rural y Marino. Madrid.

# Procedimientos abreviados. Los límites de la Evaluación de Impacto Ambiental

## *Abbreviated Procedures. The Limits of Environmental Impact Assessment*

**A. ENRÍQUEZ DE SALAMANCA SÁNCHEZ-CÁMARA**
**M. J. CARRASCO GARCÍA**
DRABA Ingeniería y Consultoría Medioambiental, S.L.
San Lorenzo de El Escorial (Madrid)

## 1. Introducción

El procedimiento de evaluación de impacto ambiental está conformado por una serie de etapas y trámites, cuyo desarrollo exige períodos de tiempo bastante dilatados. Dentro de su ámbito competencial, las comunidades autónomas han ido incorporando nuevos proyectos a la relación de supuestos sometidos a evaluación de impacto ambiental, a menudo referidos a actuaciones de menor entidad que las ya recogidas en la normativa básica del Estado.

Los efectos ambientales de los proyectos sometidos a evaluación de impacto ambiental pueden variar mucho dependiendo de la entidad de la actuación. En consecuencia, la autorización ambiental de un proyecto debería guardar proporción a su complejidad o extensión.

Hasta la promulgación del Real Decreto Legislativo 1/2008, de 11 de enero, por el que se aprueba el texto refundido de la Ley de evaluación de impacto ambiental de proyectos, en la normativa básica del Estado no había referencias a procedimientos abreviados. En la disposición adicional tercera de este Real Decreto Legislativo se introduce este concepto, pero no llega a regularse, indicando que se establecerá reglamentariamente por el Gobierno, algo que aún no ha ocurrido. Ante este vacío legal, y para acometer la evaluación de los proyectos de menor entidad, numerosas comunidades autónomas han establecido procedimientos abreviados o simplificados de evaluación de impacto ambiental, en los que se ha buscado acortar los plazos y eliminar trámites administrativos. Al no existir un marco normativo común, la forma de regular estos procedimientos abreviados es muy dispar entre las diferentes comunidades autónomas, en algunos casos alejándose de la verdadera evaluación de impacto ambiental.

El objetivo de este trabajo es analizar los distintos procedimientos simplificados establecidos en la normativa autonómica, valorar su adecuación a los pilares básicos de la evaluación de impacto ambiental, y proponer un modelo deseable de procedimiento administrativo abreviado.

## 2. Material y métodos

Este estudio se basa en el análisis de la normativa vigente de evaluación de impacto ambiental, Comunitaria, de la Administración General del Estado, que tienen carácter de normativa básica, y de las diecisiete comunidades autónomas. De forma complementaria, y para encuadrar el problema, se han consultado algunas fuentes bibliográficas y documentales, principalmente conclusiones sobre grupos de trabajo, congresos u otros organismos.

## 3. Resultados

### Bases de partida

El procedimiento de evaluación de impacto ambiental tiene una serie de etapas y trámites, que exigen un período de tiempo, a menudo dilatado, para su desarrollo y resolución. Por tanto, el primer punto de partida es que resulta un procedimiento largo, lo que genera un rechazo por parte de los promotores.

Los efectos ambientales de los proyectos varían según su entidad. No es lo mismo una gran infraestructura que un pequeño camino rural. No está condicionado por la extensión del proyecto, sino por los impactos generados; hay actuaciones muy localizadas que puede generar fuertes impactos. La autorización ambiental debería guardar proporción a la complejidad del proyecto.

Cuando el proyecto evaluado puede tener impactos significativos, se justifica un procedimiento garantista, aunque pueda ser prolongado en el tiempo; pero si son actuaciones menores, parece lógico buscar un equilibrio entre los necesarios requisitos de la evaluación ambiental y la economía de plazos. En conclusión es lógico establecer un procedimiento de evaluación de impacto ambiental ordinario y otro abreviado o simplificado. Entre las conclusiones del grupo de trabajo sobre sostenibilidad de infraestructuras del año 2004 (1) se destacó ya la necesidad de incorporar procedimientos abreviados o simplificados para determinados proyectos.

Hecho este planteamiento general, se debe destacar que no es sencillo establecer los límites entre ambos procedimientos, la débil línea que separa los proyectos con impactos significativos de los que no los tienen. Es un difícil campo regulatorio que cada Administración ambiental está solventando, o deberá solventar, como mejor considere, y no necesariamente de forma homogénea; proyectos poco significativos en unas regiones pueden ser importantes en otras, en función del tamaño del territorio o de la singularidad regional o local de los recursos afectados.

### Etapas de la evaluación de impacto ambiental

El procedimiento ordinario de evaluación de impacto ambiental está compuesto por varias etapas, agrupadas a su vez en fases de acuerdo con la Ley

6/2010, de 24 de marzo, de modificación del texto refundido de la Ley de evaluación de impacto ambiental de proyectos, aprobado por el Real Decreto Legislativo 1/2008, de 11 de enero:

- **Fase 1:** Determinación del alcance del estudio de impacto ambiental.
  - Solicitud del promotor acompañada del documento inicial del proyecto.
  - Determinación del alcance del estudio de impacto ambiental por el órgano ambiental, previa consulta a administraciones públicas afectadas y personas interesadas.
- **Fase 2:** Estudio de impacto ambiental, información pública y consultas.
  - Elaboración del estudio de impacto ambiental.
  - Información pública y consultas a Administraciones afectadas y personas interesadas.
  - Remisión del expediente completo al órgano ambiental.
- **Fase 3:** Declaración de impacto ambiental.

Un procedimiento abreviado debe reducir el período de tiempo de tramitación y simplificar los pasos necesarios. Existen dos condiciones, que determinan los máximos y mínimos entre los que debe fijarse el procedimiento:

- Si no se acorta el plazo o se reducen los trámites, no es un procedimiento abreviado. Por tanto, de alguna manera se deben reducir las etapas de los procedimientos ordinarios.
- Si el procedimiento se simplifica demasiado puede dejar de ser una verdadera evaluación de impacto ambiental, para convertirse en una mera autorización. Existe unos requisitos básicos en la evaluación de impacto ambiental a los que no se puede renunciar.

## Requisitos de la evaluación de impacto ambiental

La evaluación de impacto ambiental se apoya en cuatro pilares esenciales, que determinan su peculiaridad e idiosincrasia (2):

- Es un procedimiento administrativo reglado, regulado por una normativa específica, que en el caso español se organiza en cascada, incluyendo la normativa comunitaria, la básica del Estado y la autonómica.
- Es un procedimiento dirigido por las Administraciones públicas, a las que pertenecen al menos los órganos sustantivo y ambiental (en ocasiones también el promotor), y que finaliza con un pronunciamiento de una Administración, el órgano ambiental, que emite la declaración de impacto ambiental.
- Es precisa la elaboración de documentos técnicos en diferentes etapas, en su inicio (documento inicial de proyecto o, cuando es una consulta caso por caso, documento ambiental) o en su etapa principal (estudio de impacto ambiental).

- Exige la participación pública en algún momento del procedimiento. En un procedimiento ordinario existe una fase de participación limitada a Administraciones afectadas y personas interesadas en una primera fase, y otra fase de participación pública abierta posteriormente.

Un procedimiento abreviado debe simplificar el procedimiento ordinario, respetando estos pilares: normativa, dirección y pronunciamiento de las Administraciones, documentación y participación pública.

En las jornadas sobre evaluación de impacto ambiental celebradas en 2003 (5) se concluyó que las "evaluaciones menores" (evaluación de efectos ambientales, evaluación simplificada, estimación de impacto, informe ambiental, etc.), pese a su denominación, caen claramente bajo el ámbito de aplicación de la Directiva 85/337/CEE, por lo que deben cumplir sus requerimientos.

En el informe del Defensor del Pueblo de 2008 (3), se considera que los supuestos de deficiente valoración de impactos medioambientales se evitarían en gran medida si los proyectos se sometiesen a procedimientos ordinarios, que contengan fase de consultas, y no a procedimientos abreviados que se conformen con un período de información pública, algo que obvian, en ocasiones, los órganos autonómicos ambientales. La afirmación, sin una mayor argumentación, peca de arbitraria. En cualquier caso, si este organismo considera deficiente la valoración de impactos con una simple información pública, cuanto más si se suprime.

## Marco legal

El Real Decreto Legislativo 1/2008, de 11 de enero, por el que se aprueba el texto refundido de la Ley de evaluación ambiental de proyectos, la normativa básica del Estado, cita en su disposición adicional tercera el procedimiento abreviado, pero no lo regula, señalando que lo establecerá reglamentariamente el Gobierno. Hasta el momento, esta regulación no se ha realizado. Muchas comunidades autónomas han establecido procedimientos abreviados en su normativa, con diferente alcance, contenido y exigencias. En la Tabla 1 se resume la normativa autonómica.

En conclusión, el Estado no dispone de procedimiento abreviado regulado (aunque si nominalmente), mientras existe una gran disparidad de procedimientos en las comunidades autónomas. De las diecisiete comunidades autónomas diez tienen establecidos de forma expresa en su normativa procedimientos abreviados o afines a ellos.

## Situación actual. Procedimientos abreviados en las comunidades autónomas

Analizando las diez normas autonómicas recogidas en el anterior apartado, se pueden establecer cinco tipos de procedimientos abreviados o simplificados, lo

*Tabla 1. Procedimientos abreviados en la normativa autonómica*

| CC.AA. | Normativa | Artículos | Denominación del procedimiento |
|---|---|---|---|
| Comunidad de Madrid | Ley 2/2002, de 19 de junio, de Evaluación Ambiental | 30 a 33 | Evaluación de impacto ambiental abreviada |
| Generalidad Valenciana | Decreto 162/1990 de 15 de octubre, por la que se aprueba el Reglamento para la ejecución de la Ley 2/1989, de 3 de marzo, de Impacto Ambiental | 29 a 31 | Estimación de impacto ambiental |
| Gobierno de las Islas Baleares | Ley 11/2006, de 14 de septiembre, de evaluaciones de impacto ambiental y evaluaciones ambientales estratégicas | 15 y 48 | Informe ambiental |
| Gobierno del Principado de Asturias | Decreto 38/1994, de 19 de mayo, de aprobación del Plan de Ordenación de los Recursos Naturales del Principado | | Evaluación preliminar de impacto ambiental |
| Gobierno Vasco | Ley 3/1998, de 27 de febrero, General de Protección del Medio Ambiente | 43 | Evaluación simplificada de impacto ambiental |
| Junta de Andalucía | Ley 7/2007, de 9 de julio, de Gestión Integrada de la Calidad Ambiental | 32 | Evaluación de impacto ambiental abreviada |
| Junta de Extremadura | Ley 5/2010, de 23 de junio, de prevención y calidad ambiental | 40 a 42 | Evaluación de impacto ambiental abreviada |
| Junta de Castilla y León | Decreto 209/1995, de 5 de octubre, por el que se aprueba el Reglamento de Evaluación de Impacto Ambiental | 32 a 39 | Evaluación simplificada de impacto ambiental |
| Junta de Comunidades de Castilla-La Mancha | Decreto 178/2002, de 17 de diciembre, por el se aprueba el Reglamento General de desarrollo de la Ley 5/1999, de 8 de abril, de Evaluación de Impacto Ambiental | 18 a 20 | Evaluación del impacto ambiental simplificada |
| Junta de Galicia | Ley 1/1995, de 2 de enero, de Protección Ambiental | 10 a 12 | Evaluación de efectos ambientales |

que pone de manifiesto el grado de dispersión de la normativa autonómica a este respecto:

1. Procedimientos en los que se elimina el documento inicial de proyecto y la fase de consultas previas y determinación del alcance del estudio de impacto ambiental. El procedimiento se inicia con la presentación del estudio de impacto ambiental, que se somete a información pública y consultas, finalizando con una resolución del órgano ambiental. Es un verdadero procedimiento de evaluación de impacto ambiental simplificado o abreviado, ya que la eliminación de la Fase 1 del procedimiento ordinario establecido en la Ley 6/2010, acorta los plazos y simplifica los trámites, pero sin perder ninguno de los requisitos básicos de la evaluación de impacto ambiental.

2. Procedimientos en los que el documento inicial de proyecto es voluntario para el promotor. Es un caso particular, entre una evaluación ordinaria y simplificada. Si el promotor opta por presentar un documento inicial, la tramitación es similar a un procedimiento ordinario, y por tanto no es abreviado. Por el contrario, si se opta por no tramitar este documento, e iniciar el procedimiento directamente con el estudio de impacto ambiental, sería el mismo caso que en el supuesto 1, y por tanto una verdadera evaluación abreviada.
3. Procedimientos en los que se elimina el documento inicial de proyecto (y toda la Fase 1 de la Ley 6/2010) y la información pública. Estos procedimientos no deberían considerarse parte de la evaluación de impacto ambiental, ya que desaparece la participación pública, uno de sus pilares básicos; el procedimiento pasa a ser una autorización ambiental. No quiere decir que no tenga sentido este procedimiento, pero debería estar separado de la evaluación de impacto ambiental, sin relación con la Directiva 85/337/CEE ni con el Real Decreto Legislativo 1/2008.
4. Procedimiento en los que se elimina el documento inicial de proyecto (y la Fase 1 de la Ley 6/2010), realizándose información pública únicamente si lo exige la legislación sectorial (sustantiva) que afecta al proyecto. De nuevo es un supuesto de transición, pero con grandes diferencias según su desarrollo. Si existe información pública es un verdadero procedimiento abreviado, pero si no existe sería como el caso anterior una mera autorización. Esta solución legislativa, aunque flexible, es poco recomendable, ya que bajo un mismo procedimiento se incluyen actuaciones desarrolladas al amparo de la normativa comunitaria y estatal (Directiva 85/337/CEE, Real Decreto Legislativo 1/2008) y otras que no entran en su ámbito.
5. Existe un último procedimiento que, aunque puede darse en todos los anteriores casos, en éste se regula específicamente. El órgano ambiental solicita a las Administraciones afectadas los informes preceptivos o que considere. Se eliminan las consultas previas (Fase 1 de la Ley 6/2010) y la información pública, pero hay consulta oficial. En la práctica siempre existe esta consulta, pero en este caso es preceptiva y establecida en el procedimiento. Existe una participación externa muy limitada, sólo al alcance de las Administraciones públicas afectadas, dejando fuera a las personas interesadas y al público en general. Por ello, no debe considerarse una verdadera participación pública, siendo, en cuanto a sus efectos, equivalente al supuesto 3.

## Discusión y conclusiones

De las diez comunidades autónomas con procedimientos abreviados o simplificados regulados, únicamente 4 a lo sumo (tipos 1 y 2) son verdaderas evaluaciones de impacto ambiental. En los seis casos restantes (tipos 3 a 5), existe una importante carencia, al eliminarse la participación pública, lo que aleja a

estos procedimientos de la verdadera evaluación de impacto ambiental, entendida como aquellos procedimientos establecidos al amparo de la Directiva 85/337/CEE, y del Real Decreto Legislativo 1/2008, para convertirlos en meras autorizaciones ambientales.

Para que un procedimiento sea una verdadera evaluación de impacto ambiental no debería eliminarse la información pública. Analizado el procedimiento ordinario de evaluación de impacto ambiental y sus fases (Ley 6/2010), la forma más lógica de abreviarlo en proyectos de escasa entidad es eliminar la Fase 1, de remisión del documento inicial de proyecto y consultas previas, manteniendo las restantes.

La actual situación, sin un procedimiento abreviado regulado en la normativa básica del Estado, y con grandes diferencias entre las comunidades autónomas, resulta poco deseable, ya que se crean diferencias entre regiones en cuanto a sus exigencias ambientales, e inseguridad y confusión para los promotores. En la Conferencia Nacional de Evaluación Ambiental celebrada en 2006 (4), se resaltó la falta de homogeneidad en la normativa de evaluación ambiental de las comunidades autónomas, que aún encontrándose dentro del marco de la legislación básica estatal, presenta numerosas diferencias, sobre todo en el contenido de los diferentes anejos y en los procedimientos especiales, cuya justificación y utilidad no resultan evidentes. Esta heterogeneidad causa dificultades a los promotores y consultores que operan en varias comunidades autónomas.

Para evitar esta situación indeseable, se podría actuar en dos líneas:

- Establecer un procedimiento abreviado similar para todas las comunidades autónomas (aunque varíen en cada una los supuestos sometidos a él).
- Diferenciar de forma clara en la normativa los procedimientos estrictamente de evaluación de impacto ambiental, ordinarios o simplificados, de otras autorizaciones ambientales que no se rigen por la misma normativa comunitaria ni estatal.

## Referencias bibliográficas

(1) Arce, R. (coord.) 2004. Grupo de Trabajo 12. *Sostenibilidad de Infraestructuras. Documento final.* VII Congreso Nacional de Medio Ambiente. www.conama.org/documentos/gt12.pdf.

(2) Carrasco, M. J. y Enríquez de Salamanca, A. 2010. *Evaluación de impacto ambiental de infraestructuras. Redacción y tramitación de documentos.* AENOR. Madrid.

(3) Defensor del Pueblo. 2009. *Informe anual 2008 y debates en las Cortes Generales.* Defensor del Pueblo. Madrid.

(4) Ministerio de Medio Ambiente. 2006. *Conferencia Nacional de Evaluación Ambiental. Madrid, 20 de junio de 2006. Conclusiones*. www.mma.es/secciones/agenda/pdf/conclusionescnea.pdf

(5) Xunta de Galicia. 2003. *Conclusiones de las I Jornadas sobre la evaluación de impacto ambiental en la Administración*. Xunta de Galicia. Santiago de Compostela. www.siam.medioambiente. xunta.es/publicacions/doc.asp?id=270

# Ley 26/2007, de responsabilidad medioambiental: propuesta de guía metodológica para la determinación del estado básico del medio en la Comunidad de Madrid

## *Environmental Responsibility Law 26/2007: Proposal for a Methodological Guide to define the Reference Environmental Conditions to be applied in the Madrid Region*

**R. ESCRIBANO BOMBÍN**
**A. LÓPEZ RODRÍGUEZ**
**M. C. MATEO SÁNCHEZ**
**M. P. ARAMBURU MAQUA**
Grupo de Investigación "Ecología y Paisaje". Dpto. Proyectos y Planificación Rural.
E.T.S. de Ingenieros de Montes, Universidad Politécnica de Madrid

**E. IGLESIAS DEL POZO**
**F. VALERO HUETE**
Oficina Técnica de Medio Ambiente, S.L.

**M. I. DEL CAMPO SERRANO**
D.G. de Evaluación Ambiental. Consejería de Medio Ambiente,
Vivienda y Ordenación del Territorio de la Comunidad de Madrid

## 1. Introducción

Como respuesta a la Directiva 2004/35/CE (1), el 23 de octubre de 2007 se incorporó al ordenamiento jurídico español la Ley 26/2007 (2), de Responsabilidad Medioambiental (LRMA). Dicha ley, junto con su Reglamento de desarrollo parcial (3), establece el marco legal que regula la responsabilidad de los operadores[1] de prevenir, evitar y reparar los daños medioambientales que puedan ocasionar las actividades que desarrollen, de conformidad con el artículo 45 de la Constitución y con los principios de prevención y de que "quien contamina paga".

La Ley 26/2007 supone una novedad en cuanto a la implicación del agente en la prevención y reparación de los daños ambientales para actividades que ya se encuentran operativas. (Actividades recogidas en el Anexo III).

Con la elaboración de una Guía metodológica, la Dirección General de Calidad y Evaluación Ambiental de la Comunidad de Madrid responde a su obliga-

[1] Se entiende por operador, a cualquier persona física o jurídica, pública o privada, que desempeñe una actividad económica o profesional o que, en virtud de cualquier título, controle dicha actividad o tenga un poder económico determinante sobre su funcionamiento técnico (*LEY 26/2007, de 23 de octubre, de Responsabilidad Medioambiental).*

ción de dar respuesta a la necesidad de homogeneizar y poner a disposición del operador criterios y métodos comunes para el estudio del estado básico en los análisis de riesgos medioambientales del territorio de la Comunidad de Madrid.

El presente trabajo recoge un resumen del apoyo técnico realizado para el Área de Control Integrado de la Contaminación de la Dirección General de Calidad y Evaluación Ambiental de la Comunidad de Madrid, que consisten en la elaboración de una Guía metodológica para el estudio del estado básico del medio de los análisis de riesgos medioambientales del territorio de la Comunidad de Madrid.

Para realizar el análisis de riesgos medioambientales de la actividad requerido, el operador ha de contar con un conocimiento de la situación ambiental de partida, justo anterior al posible daño, que pueda tomar como referencia para la estimación de los daños que pudiera ocasionar su actividad y para determinar la reparación que permitiría devolver los recursos naturales y servicios de recursos dañados a esa situación ambiental de referencia (estado básico definido como: aquél en que, de no haberse producido el daño medioambiental, se habrían hallado los recursos naturales y los servicios de recursos naturales en el momento en que sufrieron el daño, considerado a partir de la mejor información disponible). No hace referencia a un estado ideal de conservación del medio receptor, sino a aquél en el que se encuentre éste en el momento inmediatamente anterior al daño. A saber: los daños a las especies silvestres y a los hábitat, los daños a las aguas, los daños a la ribera del mar y a las rías, y los daños al suelo, según quedan precisados estos conceptos en el citado artículo. De esta forma, la LRMA sólo incluye en el concepto de recurso natural, en lo que respecta al ámbito territorial de la Comunidad de Madrid, las especies silvestres y los hábitat, el agua y el suelo, y en el concepto de servicios de recursos naturales las funciones que desempeña alguno de esos recursos naturales en beneficio de otro recurso natural o del público.

En particular para el caso del estudio del estado básico, se hace necesario contar con pautas comunes para el análisis de la información ambiental que permitan garantizar que la determinación del estado básico se realice de forma homogénea por los distintos operadores, teniendo en cuenta las distintas situaciones ambientales y los demás factores que intervienen en los escenarios de riesgo para cada actividad y cada localización.

En este marco de referencia, los trabajos desarrollados se han centrado en analizar los requerimientos para el estudio del estado básico de los análisis de riesgos medioambientales y las fuentes de información disponibles, con el fin de ofrecer al operador una referencia metodológica y plantear un procedimiento para abordar el estudio del estado básico a incorporar al análisis de riesgos medioambientales de su actividad.

## Marco legislativo general de la Responsabilidad Medioambiental

La Ley 26/2007, de 23 de octubre, de Responsabilidad Medioambiental (LRMA), constituye, junto con su Reglamento de desarrollo parcial, aprobado

por Real Decreto 2090/2008, de 22 de diciembre, el marco legal de la Responsabilidad Medioambiental. La citada Ley traspone al ordenamiento jurídico español la Directiva 2004/35/CE del Parlamento Europeo y del Consejo, de 21 de abril de 2004, sobre responsabilidad medioambiental en relación con la prevención y reparación de daños medioambientales, y regula la responsabilidad de los operadores de prevenir, evitar y reparar los daños medioambientales, de conformidad con el artículo 45 de la Constitución y con los principios de prevención y de que "quien contamina paga" (Art. 1).

El reglamento determina en su Capítulo II las especificaciones a seguir para la determinación del daño medioambiental y para la determinación de las medidas reparadoras. Para designar esta situación ambiental de referencia la LRMA introduce el concepto de estado básico.

## EL ESTADO BÁSICO EN EL MARCO DE LA LEGISLACIÓN DE RESPONSABILIDAD MEDIOAMBIENTAL

El estado básico queda definido en el Art. 2.19 de la Ley en el contexto de que haya sucedido el daño medioambiental, al hacer referencia al estado de los recursos naturales y los servicios de recursos naturales en el momento de producirse el daño, justo cuando éste aún no ha tenido lugar.

El Art. 19 del Reglamento añade una precisión importante con respecto a la definición de la Ley para aclarar que el estado básico debe determinarse en relación con el agente causante del daño. Así, en su apartado 2, se establece que para determinar el estado básico, una vez ocurrido el daño, se analizarán los cambios que se hayan producido en el receptor como consecuencia de la acción del agente causante del daño, y que podrá expresarse en términos de cambios experimentados por el receptor, con ayuda de indicadores ecológicos, como los días de uso del hábitat y la densidad de población, entre otros.

El estado básico dependerá de la concurrencia de las circunstancias que determinen los distintos tipos de actividades y los agentes causantes de daño posibles, las características ambientales de cada emplazamiento en los posibles momentos de ocurrencia del daño, y la presencia y estado de los posibles recursos naturales y servicios que puedan ser afectados en ese momento, lo que condiciona la singularidad del estado básico correspondiente a cada actividad y agente causante del daño en un determinado emplazamiento y momento de ocurrencia del daño. Así, por ejemplo, en el caso de un vertido de una sustancia contaminante en el suelo, será suficiente determinar en qué medida se han visto afectados los recursos y servicios a consecuencia únicamente de la variación en la concentración de dicha sustancia.

Los parámetros que definirán el estado básico en cada caso serán los parámetros característicos de los recursos y servicios dañados que varían con el agente causante de daño y para cada daño medioambiental ocasionado teniendo presente que sólo se considera daño medioambiental lo que la Ley define como tal.

El propósito de la Guía es proporcionar un enfoque general sobre el estudio del estado básico en el contexto de la LRMA y el establecimiento de la garantía financiera requerida a las actividades de su Anexo III, y proponer, partiendo de la información ambiental disponible, un procedimiento para determinar el estado básico que ha de ser considerado en los análisis de riesgos medioambientales. Siempre teniendo en cuenta las diversas situaciones que pueden plantearse derivadas de las características de la actividad analizada, de su emplazamiento, de los posibles agentes causantes de daño, de los posibles receptores del daño, y de otras fuentes de variabilidad relacionadas.

## Material y métodos

La Consejería de Medio Ambiente, Vivienda y Ordenación del Territorio de la Comunidad de Madrid, como autoridad competente en la aplicación de la LRMA en su ámbito territorial, reconoce la necesidad de generar unas pautas procedimentales comunes en el análisis de riesgo, que permitan garantizar una determinación del estado básico de forma homogénea y con el mismo marco metodológico por los distintos operadores.

Por otro lado, se hace necesario homogeneizar no sólo la metodología, sino también la información sobre el territorio de la Comunidad de Madrid puesta a disposición del operador. Así, el análisis del estado básico ha de responder a lo reflejado en la propia definición, que explicita que sea considerado a partir de la mejor información disponible.

El estudio realizado pretende cubrir estas necesidades impuestas a la Consejería.

Dada la complejidad de la Ley y el reglamento, en la Guía se ha tratado de escapar del riesgo de elaborar un documento confuso, caótico o tedioso. Por esta razón, tras desarrollar todos los aspectos de forma completa, cada uno de los capítulos está jalonado con cuadros, tablas, recuadros y figuras que presentan los conceptos a través de una interfaz amable, que aclara, sintetiza e ilustra la gran cantidad de requerimientos que impone la propuesta metodológica de la Guía.

La Guía recoge un análisis de las referencias y fuentes de información disponibles en la Comunidad de Madrid, útiles para la determinación del estado básico. Existe un compendio de apéndices en los que se relaciona la información ambiental disponible del ámbito territorial madrileño y se estudia su contenido, así como su facilidad de acceso directo vía web. La información hace referencia tanto a las fuentes de la propia administración autonómica, como a otras fuentes institucionales.

Este estudio surge con la intención de recoger de forma ordenada, fácilmente identificable y operativa, los centros de información útil que el técnico puede encontrar, además de sentar las bases de contenido del futuro visor cartográfico que confecciona la Comunidad de Madrid.

## Resultados

La Guía se organiza en tres partes (Figura 1):

- La Parte I delimita el marco general para el estudio del estado básico. Para ello, se centra en los fundamentos legales que definen el estado básico y en las fuentes de información ambiental disponibles para su determinación.
- La Parte II trata del procedimiento de estudio del estado básico propuesto. (haciendo referencia a la información contenida en las Partes I y III).
- La Parte III recoge las referencias y fuentes de información (referencias legales y recursos disponibles para la determinación del estado básico) Este ámbito de estudio se recoge en los Apéndices y el Anejo.

PROCEDIMIENTO

Se ha previsto un procedimiento por pasos sucesivos de estudio que se desarrollen de forma coordinada con las restantes operaciones del Análisis de Riesgos Medioambientales, que se muestra de forma esquemática en la Figura 1. Los pasos que definen la secuencia del procedimiento propuesto se ajustan a los pasos y contenidos establecidos para el Análisis de Riesgos Medioambientales en los artículos 33.2 y 34 del Reglamento y a la norma UNE 150008 (4).

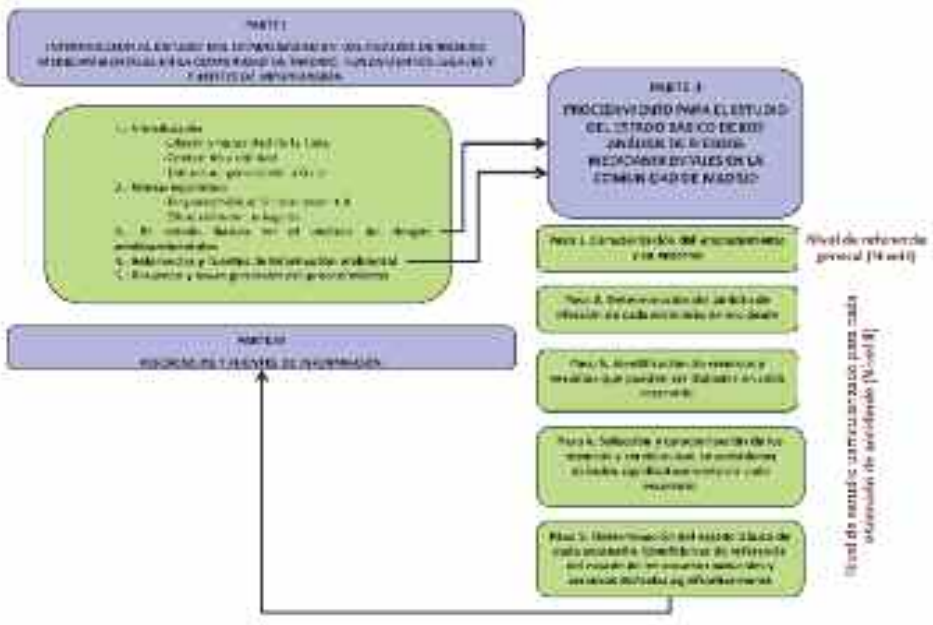


*Figura 1. Esquema seguido en la propuesta de guía metodológica para la determinación del estado básico del medio ambiente en la Comunidad de Madrid.*

Los pasos propuestos se integran en **dos niveles de aproximación: Nivel I**, **de referencia general, referido al emplazamiento y su entorno** (Paso 1), y **Nivel II**, **particularizado, referido a cada escenario de accident**e (Pasos 2, 3, 4, y 5).

NIVEL I: Se concibe como una etapa preliminar del Análisis de Riesgos Medioambientales (ARMA) que se centra en la recopilación de información con objeto de obtener un conocimiento general del medio adecuado que condicionará y alimentará etapas posteriores de análisis:

1. Atender a la caracterización del entorno de la instalación prevista en el en el art. 34 Reglamento y aportar la información ambiental necesaria para la definición de escenarios accidentales en el ARMA (Etapa 1 del ARMA. Alcance del análisis, factores ambientales que intervienen).
2. Servir de base para el estudio del estado básico de los escenarios postulados en la Etapa 1 del ARMA.
3. Aportar información de referencia del medio que, junto con la obtenida sobre el estado básico y los daños ocasionados, permita establecer el valor del daño medioambiental de cada uno de los escenarios de accidente (Etapa 2 del ARMA)**.**

Esta información ha de estar disponible, y debe de ser relevante. Este nivel termina con la definición de escenarios.

NIVEL II: comprende una serie de pasos dirigidos a determinar el **ámbito potencial en que podría producirse la afección** para cada escenario; y la identificación de los recursos naturales y servicios que pueden ser dañados en el escenario en cuestión.

## Discusión y conclusiones

En la confección de la Guía se ha sido consciente de la clara imposibilidad de ofrecer un documento exhaustivo, que revise todos los escenarios que se puedan plantear, que recoja soluciones universales o formule recetas de aplicación general. Por este motivo, el espíritu y objetivo de la misma es la de proporcionar un enfoque general y proponer un procedimiento que oriente en la determinación del estado básico y la garantía financiera requerida a las actividades del Anexo III.

La propuesta es una herramienta de carácter indicativo, dirigida a los operadores obligados a realizar los análisis de riesgos medioambientales.

La Guía sirve de referencia para la confección de instrumentos más específicos o sectoriales, que aborden con más profundidad todos los pasos a completar para definir de forma detallada el estado básico y la garantía financiera. Aunque distintos actores desarrollen exhaustivamente estos aspectos, pueden encontrar en el procedimiento ofrecido en la Guía una pauta que encauce su recorrido.

Este instrumento puede ser de utilidad a los verificadores de los análisis de riesgos medioambientales y a los técnicos del órgano competente (Medio Ambiente, Vivienda y Ordenación del Territorio), como instrumento de referencia para la revisión de los análisis de riesgos medioambientales y garantías financieras que se sometan a su aprobación.

## Referencias bibliográficas

(1) DIRECTIVA 2004/35/CE DEL PARLAMENTO EUROPEO Y DEL CONSEJO de 21 de abril de 2004 sobre responsabilidad medioambiental en relación con la prevención y reparación de daños medioambientales. Diario Oficial de la Unión Europea de 30.4.2004, L 143/56.
(2) LEY 26/2007, de 23 de octubre, de Responsabilidad Medioambiental. BOE de 24 octubre de 2007, núm. 255, p. 43229.
(3) REAL DECRETO 2090 /2008, de 22 de diciembre, por el que se aprueba el Reglamento de desarrollo parcial de la Ley 26/2007, de 23 de octubre, de Responsabilidad Medioambiental.BOE de 23 diciembre de 2008, núm. 308, p. 51.626.
(4) AENOR, 2008. Norma UNE 150008.

# La evaluación ambiental estratégica vulnerada por el concepto de interés general

## *The Strategic Assessment Environment Affected for the General Interest Concept*

**J. ABAD GARCÍA**
Ecología y Ordenación del Territorio, S.L.P.
(Zaragoza)

## Introducción

El principio de cautela es fundamental en las políticas y el derecho de la Unión Europea sobre el medio ambiente, dando lugar a tres regímenes de intervención administrativa para garantizarlo:

1º. *Estratégico*: Evaluación Ambiental de Planes y Programas (EAE).
2º. *Específico*: Evaluación de Impacto Ambiental de Proyectos (EIA).
3º. *Detallado*: Auditorías Ambientales Integradas.

De estos tres niveles de intervención, el principal es el que se corresponde con la fase de planificación y programación, ya que debe establecer los criterios de ordenación de las actuaciones atendiendo a una toma de decisiones y selección de alternativas que se basan en considerar conjuntamente los factores ambientales, sociales y económicos.

El segundo nivel de proyectos genera evaluaciones de impacto específicas y referidas a una actuación con acciones definidas y concretas, y asociado a etapas posteriores más ligadas a los factores ambientales.

Esta ordenación administrativa del 1º y 2º escalón jerárquico se está viendo vulnerada en la práctica por dos hechos que tienen su origen, el primero en la inercia en la aplicación de la EIA en fase de proyectos y la posterior aplicación de la EAE, lo que se traduce en malas prácticas en la redacción de los informes de sostenibilidad ambiental, con metodologías en muchas ocasiones propias de estudios de impacto ambiental.

Otra causa se corresponde con la declaración de ciertas actuaciones a las que se aplica el concepto jurídico indeterminado de *"interés general"*, lo que conlleva en algunos casos la vulneración del orden jerárquico previsto para las evaluaciones ambientales olvidando la fase de planificación y programación y, con criterios mal entendidos asociados a las políticas territoriales y al proceso de toma de decisiones, se tramita directamente como EIA de proyecto. Este defecto procedimental se constituye en el objeto de la presente comunicación mediante el análisis del caso de la EIA del Proyecto de Interés General de Aragón de la ampliación de la estación de esquí de Cerler.

## Material y métodos

La EAE comenzó en las referencias científico-técnicas abarcando a Políticas, Planes y Programas (1); sin embargo la legislación, desde su inicio con la Directiva 2001/42/CE, se aplicó a la evaluación de los efectos de planes y programas, prescindiendo de las políticas y del previo y fundamental proceso de toma de decisiones ligado a ellas.

Las Administraciones Públicas han sido reacias a aprobar planes estratégicos ligados a ordenación territorial asociada a la asignación de usos como consecuencia, entre otras, de la ausencia de evaluación ambiental de las políticas estratégicas, la compartimentación de las decisiones con fragmentación temática en políticas sectoriales y la gran diversidad de contextos institucionales de difícil integración (Europa, Estado, Autonomía, Comarca, Municipio).

Todo ello ha conllevado una serie de documentos de planificación que no han tenido una aprobación administrativa formal pero, en cambio, sí se han utilizado parcialmente desde los sectores de decisión técnica en el caso de la Comunidad Autónoma de Aragón (2).

Estas premisas materiales propician en las Administraciones Autonómicas posicionamientos erróneos en la aplicación de la EAE, considerada por similitud con la EIA de proyectos y con un planteamiento ex post (3) una vez que ya han sido tomadas las decisiones políticas para desarrollar la actuación.

La presente comunicación toma como ejemplo la EIA del Proyecto de Interés General de Aragón de la ampliación de la estación de esquí de Cerler (4, 5, 6 y 7) y la alegación presentada al procedimiento en el trámite de participación pública (8).

El *"proyecto"* sometido a EIA se emplaza en un territorio de montaña del Pirineo Aragonés Oriental y supone un conjunto de actuaciones con la denominación *"centros de esquí y montaña"*, con afecciones sustantivas que implican competencias en ordenación del territorio, urbanismo y turismo (9), entre otras, con efectos indirectos: carreteras y movilidad, infraestructuras del ciclo del agua y energéticas.

La extensión superficial sujeta a modificación supone ampliar la actual estación de esquí de Cerler, que presenta 730 ha (alternativa 0), hasta abarcar las 4.177 ha, con un incremento de un 472% en un período temporal de ejecución de 16 años, en 5 fases, y con un presupuesto total que sobrepasa los 398 millones de euros. Todo ello sin plantear otras alternativas viables, ni social ni económica ni ambientalmente.

En realidad, lo que se consigue tramitar en un sólo procedimiento detallado de *"proyecto"* incluye cinco nuevos dominios esquiables ubicados a cotas comprendidas entre los 1.682 m.s.n.m. en la plataforma 75 hasta la máxima con 2.838 m.s.n.m. en la plataforma 94, y engloba un amplio conjunto de proyectos entre los que destacan 14 edificios de servicios con una superficie total construida de 44.315 $m^2$ en ubicaciones dispersas en el territorio, y de los que 10 de estos proyectos de edificación se localizan a una altitud superior a los 2.000 metros s.n.m.

Estas edificaciones con usos de cafetería, restauración, etc., requieren dotaciones y servicios y, al situarlas en su mayor parte en suelo no urbanizable y alejadas de suelos urbanos, es preciso proyectar las infraestructuras necesarias, como: 13 estaciones depuradoras de aguas residuales (una sola edificación se localiza asociada al núcleo de población de Fonchanina), captaciones de agua y potabilizadoras, redes eléctricas (24 centros de transformación) y redes de telecomunicaciones, accesos viarios sin proyectar, 3 aparcamientos, etc.

A estas actuaciones hay que sumar las propias de la ampliación de la estación de esquí, con 56 nuevas pistas de esquí y 31 remontes, 26 caminos de servicio, sistema de innivación artificial con 7 balsas dispersas en el territorio y sus correspondientes captaciones de agua, estaciones de bombeo y redes eléctricas para alimentar 706 innivadores con la correspondiente red de conducciones de agua y aire comprimido; además de un sistema complejo antialudes con 52 zonas de posible riesgo y una propuesta de acciones sin proyectar.

El *"proyecto"* no contempla las acciones inducidas de los usos residenciales que dependen de las expectativas que se generarán con la puesta en servicio de la nueva estación de esquí, y se estima que deberán abordarse fragmentados en la elaboración de los Planes Generales urbanísticos de cada uno de los cinco municipios con competencias.

En este escenario, que prescinde del enfoque escalonado que garantice la valoración de los impactos en el nivel adecuado de política, plan, programa y proyecto, se superpone el concepto jurídico indeterminado de *"interés general"*, muy utilizado en el ámbito de las políticas territoriales, para justificar decisiones públicas y, como en el caso del Gobierno de Aragón, establecer los Planes o Proyectos de Interés General de Aragón (10 y 11) en los que, una vez declarado previamente a la evaluación ambiental (11), implicará la declaración de utilidad pública o el interés social de las expropiaciones, la declaración de necesidad de ocupación o incluso, cuando se establezca motivadamente, la declaración de urgencia de las expropiaciones precisas (10).

## Resultados

En el trámite de información pública se presentaron un total de 521 alegaciones que tuvieron contestación conjunta tan sólo a través de la Declaración de Impacto Ambiental (12).

El resultado final es que recae sobre el órgano ambiental el proceso de toma de decisiones estratégicas mediante la autorización, a los solos efectos ambientales, de un solo dominio, la primera fase: *"Castanesa"* (1.062 ha), como compatible. Los otros cuatro nuevos dominios y sus correspondientes fases temporales, aprobado por la Administración Autonómica como Proyecto de Interés General de Aragón, se supeditan a nuevos procedimientos de EIA como consecuencia, entre otros, de la imposibilidad de evaluar los efectos generados en un plazo temporal que supere los dos años.

Por último, resalta la única contestación obtenida a la alegación (8) presentada, en la que, entre otras cuestiones, planteaba este defecto procedimental y que se obtuvo con la Declaración de Impacto Ambiental (12) en el sentido de que el Instituto Aragonés de Gestión Ambiental *"ha recibido del órgano con competencias en materia de urbanismo un Proyecto de Interés General de Aragón"*, y así se ha tramitado amparándose en la Ley 3/2009 de Urbanismo de Aragón con referencia única a los proyectos de edificación.

## Discusión y conclusiones

Los territorios de montaña son áreas especialmente ricas en biodiversidad y paisajes con valor de conservación, además de contener formas sostenibles de gestión tradicional de los ecosistemas con un alto valor cultural, social y económico que se verán muy afectadas por el cambio climático (13) y es en ellas donde se debe tener una especial atención al aplicar los procedimientos de evaluación ambiental.

Centros de esquí y montaña como el analizado en el sector oriental del Pirineo Aragonés suponen una modificación muy notable de los usos del territorio, con cambios sustanciales en el aprovechamiento de los recursos naturales y sin que se hayan planteado, en este caso, otras alternativas viables con un menor impacto ambiental, social y económico que el propuesto, y rubricado con la aprobación de interés general desde la Administración Autonómica.

El resultado es que se adoptó la decisión de la ampliación de la estación de esquí por la administración competente antes de someter las actuaciones a evaluación ambiental, sin que mediara la adecuada fase de planificación o programación de estas relevantes modificaciones de los usos del suelo, hurtando al procedimiento de la necesaria EAE y recurriendo directamente a la EIA de proyecto.

En el informe de la Comisión de las Comunidades Europeas sobre la aplicación y eficacia de la Directiva EIA (14) se incorpora la necesidad de una mayor coordinación entre estos dos niveles jerárquicos y se advierte de los diferentes enfoques en los Estados miembros, estableciendo que no deberían producirse solapamientos, pero en ocasiones, y como consecuencia de la poca experiencia que se tiene en la aplicación de la EAE y en particular en los proyectos relacionados con usos del suelo, algunos Estados recomiendan el consolidar ambas Directivas (EAE + EIA). La Comisión concluye que no hay motivo para esta fusión y que debe mejorarse la coordinación abordando las diferencias entre ambas Directivas y aclarando las definiciones de proyectos susceptibles de solapamientos (14), como sucede con el ejemplo analizado en la presente comunicación.

En este debate de coordinación y aplicado a la ampliación de la estación de esquí de Cerler, la posición más coherente hubiera sido atender a los factores agrupados en el concepto de sostenibilidad a la hora de la toma de decisiones,

contemplando varias alternativas viables y seleccionando la mejor desde las variables ambientales, sociales y económicas, y todo ello pasa por haber sometido las actuaciones a una fase de planificación y programación temporal, abordando y comprometiendo el interés general en la ejecución de los proyectos a desarrollar en dos o tres años y descartando los dominios esquiables con impactos más notables y las fases a largo plazo, todo ello en una EAE de un Plan de Interés General de Aragón contemplado en la legislación de referencia (9 y 10).

Esta toma de decisiones con evaluación ambiental ex ante (2) y la correspondiente Memoria Ambiental hubiera permitido abordar la EIA de un grupo de proyectos en los que centrar específicamente las actuaciones para obtener un condicionado ambiental operativo y eficaz, al basarse en actuaciones que ya han sido elegidas desde aspectos estratégicos con la adecuada asignación de usos y atendiendo a modelos territoriales planificados y evaluados ambientalmente.

Lo realizado en la ampliación de la estación de esquí de Cerler vulnera la evaluación ambiental y rompe con el necesario nivel jerárquico en la toma de decisiones que se establece entre el más importante y estratégico de EAE y el más específico y supeditado de la EIA de proyectos, y supone la incertidumbre de no haber contemplado impactos notables en áreas tan frágiles como los territorios de montaña y la constatación de las carentes o poco detalladas medidas ambientales propuestas.

Todo ello nos debe hacer reflexionar y abordar la necesaria coordinación que debe existir entre las EAE y las EIA como procedimientos diferenciados, sin olvidar las políticas territoriales, que tiene como consecuencia modificaciones sustanciales de los usos del suelo, en un proceso de toma de decisiones continuo y escalonado en el que debe estar presente, en todos los niveles jerárquicos, la evaluación ambiental como mejor garantía del principio de cautela.

## Referencias bibliográficas

(1) Gómez Orea, D. *Evaluación Ambiental Estratégica*. Mundi Prensa. Madrid. (2007).

(2) Abad García, J., Alonso García, J. A. y Aznar Grasa, J. *Directrices Parciales de Ordenación Territorial de la Jacetania en el Pirineo Aragonés.* Diputación General de Aragón. (1995). Inédito.

(3) Haq, G., Jiliberto, R., Nilsson, M., Bina, O., Carratti, P., MacGillivray, A., Tamborra, M., Tarquini, R., Dalkmann, H., Bongardt, D., Álvarez-Arenas, M. y García, M. *Evaluación Ambiental Estratégica Analítica, hacia una toma de decisiones sostenible*. Fundación Conde del Valle de Salazar. Mundi Prensa. Madrid. (2006).

(4) Martínez Altarriba, F., de la Puente Margalizo, P. y Bellosta Malo, F. J. (IDOM). *Proyecto de Interés General de la Ampliación de la Estación de Esquí de Cerler*. Tomos I al XI, Planos y Adenda, nº 1. ARAMON. (2009). Inédito.

(5) Bambó Naya, R. y Lorén Collado, A. (IDOM). *10 Proyectos básicos de cafetería, 10 proyectos básicos de garajes de telesillas y 8 proyectos básicos de salas de bombas en balsas de innivación.* ARAMON. (2009). Inéditos.

(6) Sicilia y Asociados Arquitectura, S.L.P.; Intecsa-Inarsa y Foster + Partners. 3 *Proyectos básicos de edificios de servicios.* ARAMON. (2009). Inédito.
(7) Castellana Ribas, J., Riaza Luján, M. A., Ortiz Bedia, L., Sarasa Alcubierre, N., Repolles Royuela, J. y Mañero Marín, O. (FOLIA CONSULTORES). *Estudio de Impacto Ambiental de la ampliación de la estación de esquí de Cerler.* ARAMON. (2009).
(8) Abad García, J., en nombre y representación de la Asociación Española de Evaluación de Impacto Ambiental. Alegación en el trámite de participación pública del Proyecto de Interés General de Aragón *"Ampliación de la estación de esquí de Cerler".* (2010).
(9) Ley 8/2011, de 10 de marzo, de medidas para compatibilizar los proyectos de nieve con el desarrollo sostenible de los territorios de montaña. (Boletín Oficial de Aragón nº 57 de 21/03/2011). Gobierno de Aragón. pp. 5.747-5.750.
(10) Ley 3/2009, de 17 de junio, de Urbanismo de Aragón (Boletín Oficial de Aragón nº 124 de 30/06/2009). Gobierno de Aragón. pp. 16.666-16.792.
(11) Ley 4/2009, de 22 de junio, de Ordenación del Territorio de Aragón (Boletín Oficial de Aragón nº 124 de 30/06/2009). Gobierno de Aragón. pp. 16.793-16.814.
(12) Resolución de 23 de diciembre de 2010, del Instituto Aragonés de Gestión Ambiental, por la que se formula la Declaración de Impacto Ambiental del Proyecto de Interés General de ampliación de la estación de esquí de Cerler. (Boletín Oficial de Aragón nº 254 de 30/12/2010). pp. 29.788-29.810.
(13) Dirección General de Medio Natural y Política Forestal del Ministerio de Medio Ambiente y Medio Rural y Marino. *Plan Estratégico del Patrimonio Natural y la Biodiversidad.* (2010). Versión preliminar. pp. 95-101.
(14) Comisión de las Comunidades Europeas. *Informe sobre la aplicación y eficacia de la Directiva EIA.* (2009). pp. 8-10.

# Impacto ambiental de las vías forestales en Castilla y León

## *Environmental Impacts of the Forest Ways in Castilla y León*

**P. M. DÍAZ FERNÁNDEZ**
**M. A. BARROSO GARCÍA**
**D. BARBA MARTÍN**
Facultad de Ciencias y Artes. UCAV (Ávila)

## Introducción

Las vías forestales son unas infraestructuras necesarias para una correcta gestión del espacio forestal, desde las labores de repoblación forestal, a las actividades derivadas de los aprovechamientos y también para la propia defensa del monte como algo tan importante como es la lucha contra el fuego (1, 2 y 3 ). Por este motivo los impactos positivos de las vías están fuera de toda duda y van más allá de las ventajas económicas para la explotación del monte. Sin embargo la proliferación de vías ha sido cuestionada por impactos negativos, especialmente sobre los suelos, vegetación y fauna en fase de construcción y sobre el paisaje en la fase de funcionamiento (3 y 4). Además las vías forestales pueden ser el medio para el desencadenamiento de impactos indirectos por el mal uso que puede hacerse de ellas, como furtivismo, tráfico rodado incontrolado, etc. (3 y 5). Por otra parte debe tenerse en cuenta que las vías forestales son a menudo infraestructuras, que aún ocupando terrenos forestales, tienen un fin distinto a la propia gestión forestal, frecuentemente permitir el paso para actividades propias de otros sectores como son los accesos a parques eólicos, explotaciones ganaderas, etc.

Para prevenir y corregir los Impactos ambientales negativos, a partir de 1994 con la ley 8/1994 de Castilla y León incluyó en su anexo II (Evaluación Ambiental ordinaria) los proyectos de construcción de vías forestales, o aquellos que contemplasen la construcción de una vía forestal, en concreto se recoge que se someterán a EIA las "*Pistas forestales de cualquier naturaleza, con pendiente en algún tramo superior al 15 por 100, o de longitud superior a 5 km*" (6). A partir de entonces se han desarrollado diferentes procesos que han culminado en las correspondientes Declaraciones de Impacto Ambiental (DIAs) que se encuentran a disposición del público en el Boletín oficial de la Junta de Castilla y León (BOCyL).

Nuestro trabajo plantea como objetivo general analizar el impacto de las vías forestales en Castilla y León. Este análisis se enmarca en un proyecto más amplio sobre el impacto ambiental de las actividades forestales en la región, del que hemos presentado resultados parciales en diferentes foros de discusión, cerramientos forestales y vallados cinegéticos (7), introducción de fauna (8), y repoblaciones forestales (9). El objetivo específico perseguido es conocer cuantos

proyectos de vías forestales se han sometido a EIA en Castilla y León cuya DIA se halla publicado en el año 2010. Sobre este conjunto analizaremos cuantos proyectos se deben a actividades forestales o a otras, cuantos son proyectos promovidos por administraciones públicas o por organismos privados. Se pretende también conocer cual es la distribución territorial de los proyectos por provincias. La información presente en las DIAs nos permite así mismo valorar cuales son las principales acciones causantes de impactos en cada fase del proyecto, cuales son los impactos más relevantes y que tipo de medidas correctoras se promueven con especial énfasis desde la administración. Por último es posible valorar el grado de participación pública en los procesos mediante el análisis de las alegaciones presentadas que quedan recogidas en las DIAs.

## Material y métodos

Se han seleccionado las DIAs publicadas en el BOCyL durante el año 2010 relativas a proyectos que incluyen la construcción de una pista forestal. A partir del listado de proyectos se han analizado y discutido los siguientes aspectos:

1. Provincia
2. Tipo de actividad en la que se encuadra el proyecto
3. Promotor (Público o privado)
4. Acciones impactantes y clasificación
5. Medidas correctoras
6. Participación pública en los procesos de EIA y clasificación (Particulares, ONGs, otras administraciones públicas)
7. Resultado del proceso (DIA negativa o positiva)

## Resultados y discusión

Se han recogido 28 DIAs correspondientes a proyectos que incluyen entre sus infraestructuras la construcción de una vía forestal. La Tabla 1 muestra la distribución de proyectos por provincias. Entre Segovia y Burgos suman prácticamente el 50% del total de proyectos, lo que en principio puede relacionarse con la extensión de superficie forestal en ambas provincias. Las tres provincias situadas a la cola son Palencia, Zamora y Valladolid donde las superficies forestales se restringen a determinadas comarcas mientras que hay un claro predominio de tierras agrícolas. De todas formas, el bajo número de proyectos considerados, restringidos a sólo un año, hacen que este tipo de deducciones se deban considerar sólo como meras hipótesis que para su contraste se debería considerar un número de años más elevado.

Un resultado interesante es el obtenido al analizar la actividad donde se enmarca el proyecto (Tabla 2). Sólo uno de los 28 proyectos se desarrolla dentro de la actividad forestal, el 97% de los proyectos son ajenos a la gestión o el aprovechamiento del monte. El sector líder es el de las explotaciones mineras de

*Tabla 1. Número de proyectos por provincia y porcentaje sobre el total*

| Provincia | N.º de proyectos | % |
|---|---|---|
| Segovia | 8 | 28,6 |
| Burgos | 5 | 17,9 |
| Salamanca | 3 | 10,7 |
| Soria | 3 | 10,7 |
| León | 3 | 10,7 |
| Ávila | 3 | 10,7 |
| Palencia | 2 | 7,1 |
| Zamora | 1 | 3,6 |
| Valladolid | 0 | 0,0 |

*Tabla 2. Actividades donde se desarrollan los proyectos analizados*

| Actividad | N.º de proyectos | % |
|---|---|---|
| Graveras y canteras | 8 | 28,6 |
| Planta producción energética | 6 | 21,4 |
| Carreteras | 5 | 17,9 |
| Explotación ganadera | 4 | 14,3 |
| Acceso vivienda y plan urbanístico | 2 | 7,1 |
| Explotación agrícola | 1 | 3,6 |
| Vallado finca | 1 | 3,6 |
| Forestación | 1 | 3,6 |

canteras y graveras, que si lo sumamos a otros proyectos del ámbito de la construcción y el urbanismo alcanzan un total del 35,7%. El desarrollo de las actividades de la construcción y el urbanismo es por tanto una actividad con un peso importante para la creación de nuevas pistas forestales. La producción energética supone el 21,4 de los proyectos, se trata de pistas que dan acceso a huertos solares, plantas de biogás o biomasa, etc. El mismo porcentaje lo alcanzan los proyectos agrarios sumados: explotaciones ganaderas, transformaciones da regadío y cierre de fincas ganaderas. La última actividad es la mejora de carreteras, con casi un 18% importante en el conjunto de proyectos. Un resultado similar se ha obtenido al analizar otras actividades forestales como las repoblaciones en Ávila y Segovia, que en su mayoría son obras enmarcadas como medidas correctoras o compensatorias en proyectos no forestales como parques eólicos o explotaciones mineras (9).

Los promotores de los proyectos analizados son la mayoría promotores privados (78,6%). Dentro de estos, la mayor parte son sociedades limitadas, pero el abanico es más amplio llegando a realizar proyectos sociedades anónimas, particulares y en un caso cooperativas (Figura 1). Cabe destacar un importante

número de proyectos cuyos promotores son organismos públicos (21,4%) en concreto las Diputaciones provinciales y la Junta de Castilla y León.

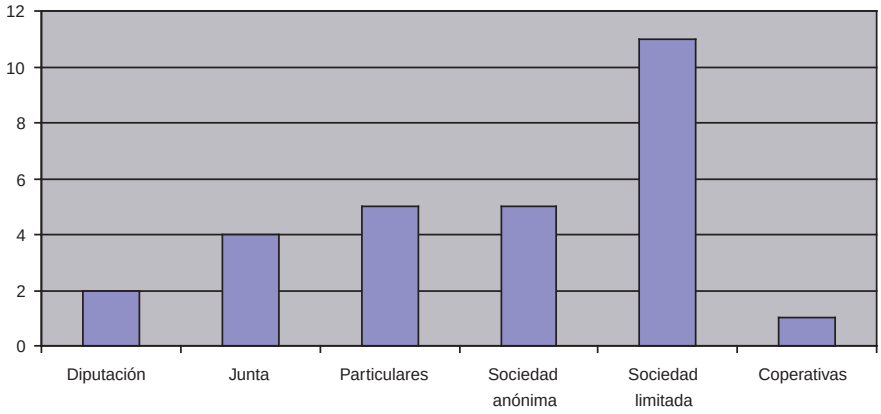



*Figura 1. Número de proyectos por tipo de promotor*

En las DIAs estudiadas se han identificado diferentes acciones impactantes tanto en la fase de obras como en la de funcionamiento o explotación y se han seleccionado aquellas que guardan relación con la construcción de la pista forestal (Tabla 3). Otras acciones mencionadas en las DIAs como los olores del ganado, los residuos de purines, etc., son derivados de otros elementos del proyecto ajenos a la infraestructura considerada aquí. Es llamativo que algunas acciones presentes por su naturaleza en todos los proyectos no se mencionen, como por ejemplo la generación de residuos inertes mencionada sólo en 22 casos, lo que evidencia la falta de criterios comunes a la hora de enjuiciar los impactos. En este sentido se muestran más coherentes los datos sobre acciones impactantes en fase de explotación, en donde las acciones están representadas en todos los proyectos. La afección al paisaje es la acción más mencionada, sumando la cuarta parte de acciones impactantes en esta fase del proyecto. La afección a Espacios Naturales Protegidos (ENP) ocurre en un 15% de los casos.

Este tipo de acciones es muy homogéneo y compartido por todos los proyectos, la gravedad de los impactos que generen se debe más a la calidad del medio que se pueda modificar que a la magnitud de la acción, pequeña en comparación con otras obras similares de vías de comunicación como las grandes infraestructuras del transporte terrestre como autopistas o vías férreas.

En el total de DIAs estudiadas se han recogido 253 medidas correctoras en fase de obras (59%) y 177 en fase de explotación (41%). De este conjunto de medidas hemos seleccionado aquellas que pueden interpretarse como respuesta a los impactos producidos por las vías forestales dentro de cada proyecto y se muestran

*Tabla 3. Acciones impactantes en las fases de obra y explotación que guardan relación con las pistas forestales y frecuencia de citas en las DIAs*

| Acción identificada en fase de obras | N.º de veces que se citan | % |
|---|---|---|
| Movimientos de tierra | 28 | 17,2 |
| Emisión de partículas y gases | 27 | 16,6 |
| Circulación de vehículos | 26 | 16,0 |
| Generación de residuos inertes | 22 | 13,5 |
| Generación de otros residuos | 22 | 13,5 |
| Eliminación de vegetación natural | 20 | 12,3 |
| Extracción de áridos | 17 | 10,4 |
| Construcción de cerramientos | 1 | 0,6 |

| Acción identificada en fase de explotación | N.º de veces que se citan | % |
|---|---|---|
| Afección paisajística | 43 | 25,3 |
| Circulación de vehículos | 28 | 16,5 |
| Generación de residuos | 28 | 16,5 |
| Emisión de partículas y gases | 28 | 16,5 |
| Generación de ruido | 28 | 16,5 |
| Afección a zonas sensibles (ENP) | 15 | 8,8 |

en la Tabla 5. Hay una enorme desproporción si consideramos la fase del proyecto. Son mucho más numerosas, precisas y concretas las medidas propuestas para la fase de obras, mientras que para la fase de funcionamiento sólo tres medidas consideramos que se corresponden con los impactos de las vías. En el conjunto de las dos fases pueden agruparse las medidas en función de los factores ambientales que tratan de proteger, las medidas encaminadas a corregir o prevenir daños sobre el paisaje son 11 de un total de 19 lo que supone casi el 60%. Este resultado guarda relación con los datos sobre tipos de acciones identificadas (Tabla 4) donde las afecciones paisajísticas eran con diferencia las más citadas.

En cuanto al análisis de la participación pública en la fase de alegaciones de los procesos, es posible encontrar en las DIAs datos útiles para su estudio. En la mayor parte de los procesos, 20 de 28 no se presentaron alegaciones (más del 70%), lo que demuestra una vez más la escasa participación pública en los procesos de Evaluación de Impacto Ambiental y desmiente las opiniones críticas hacia el proceso que argumentan sobre el freno al desarrollo de las actividades que supone la evaluación por, entre otros motivos, las quejas en las alegaciones.

De los ocho proyectos en donde se presentaron alegaciones, la mitad son proyectos de canteras y gaveras (50%) seguidos de 3 proyectos de carreteras (25%). El 25% restante se reparte entre un proyecto de explotación ganadera y otro de construcción de una planta de producción energética. Estos datos ponen de manifiesto que las vías forestales y la actividad forestal no son actividades que ge-

*Tabla 4. Medidas correctoras propuestas para impactos producidos en distintas fases de los proyectos analizados. Con asterisco se señalan aquellas medidas encaminadas a corregir impactos sobre el paisaje*

| Medidas correctoras para impactos de Fase de Obras | Medidas correctoras para impactos de Fase de Explotación |
|---|---|
| - Excluir zonas de mayor valor<br>- No afectar a vías pecuarias<br>- Proteger yacimientos arqueológicos<br>- Respetar arbolado o especies singulares*<br>- Diseño encaminado a la integración paisajística*<br>- Evitar la afección a recursos hídricos<br>- Utilizar materiales de la zona*<br>- Repoblar, restaurar vegetación*<br>- Restringir la circulación de maquinaria<br>- Efectuar riegos periódicos para evitar polvo*<br>- Revisión y mantenimiento de maquinaria<br>- Ubicar correctamente escombreras*<br>- Selección óptima de zonas de extracción de áridos*<br>- Gestionar adecuadamente los residuos*<br>- Conservar los cerramientos<br>- Mantener niveles sonoros por debajo de los umbrales establecidos | - Instalar pasos de fauna<br>- Creación de pantalla vegetal*<br>- Recuperación de áreas degradadas* |

neren fuerte contestación social, como se ha puesto de manifiesto en otros estudios (7, 8 y 9). La minería, a pesar de suponer sólo el 28% de los proyectos, es la actividad más criticada con el 50% de las alegaciones, los daños irreversibles y el escaso beneficio social pesan en esta consideración sobre una actividad que por otra parte no deja de ser necesaria para el desarrollo basado en la construcción que ha sido el modelo imperante en las últimas décadas. De los organismo que presentaron alegaciones, en primer lugar son las administraciones públicas las más representadas, con el 39% de las alegaciones, seguidas por los particulares con el 33% y en último lugar las ONGs de carácter ecologista y conservacionista. Estos datos cuestionan la opinión de que son las ONGs quienes monopolizan la participación pública y utilizan esta fase del proceso para atacar al desarrollo de las actividades que cuestionan, incluso siendo en parte así, las alegaciones de las ONGs no son el principal foco de protestas en los procesos de EIA. Sobre este tema opinamos que el foco de atención debe de desplazarse a conflictos y discrepancias entre diferentes administraciones y departamentos públicos.

En cuanto al pronunciamiento final de las Declaraciones de Impacto Ambiental, tres fueron negativas y una fue declarada positiva de manera parcial, en total el 14,3%, frente a la mayoría restante que fueron positivas. De las tres declaraciones negativas, una correspondía a un proyecto de planta fotovoltaica y las

otras dos eran proyectos de minería, al igual que la declarada positiva parcialmente. Salvo en uno de los procesos con declaración negativa, en el resto se presentaron alegaciones, lo que permite destacar la importancia de la participación pública para que el proceso profundice en su enjuiciamiento crítico sobre las repercusiones negativas de la actividad sobre el medio.

## Conclusiones

- La mayor parte de las vías forestales evaluadas son infraestructuras de acceso en proyectos de índole no forestal, donde predominan canteras y graveras y proyectos relacionados con la producción energética.
- El 78% de los proyectos son promovidos por la iniciativa privada, lo que guarda relación con el tipo de actividad donde se desarrollan.
- Las afecciones al paisaje son las acciones más veces reflejadas en las DIAs y a la vez las medidas correctoras encaminadas a la proyección del paisaje son las más veces repetidas.
- La participación pública en el proceso de alegaciones es escasa, y siempre se ha dado en proyectos de carácter no forestal.
- Las canteras y graveras (50% de las alegaciones) y las ampliaciones de carreteras (25% de alegaciones) son las actividades más cuestionadas por la opinión pública
- Las Declaraciones de carácter negativo son el 14% del total y dentro de ellas la mayoría son proyectos de explotaciones mineras, canteras y graveras, actividades que son consecuencia del modelo de desarrollo basado en la construcción y especulación urbanística, que además de una crisis económica ha dejado en herencia un alto coste ambiental.

## Referencias bibliográficas

(1) Tolosana, E., González, V. M. y Vignote, S. 2004. *El aprovechamiento maderero*. Fundación Conde del Valle de Salazar, Mundi-Prensa, Madrid.

(2) Elorrieta Jove, J., Domínguez Yañes, B. y Navarro Ariza, M. N. 2001. Infraestructura viaria adecuada a la repoblación forestal. *Actas III Congreso Forestal Español*, Granada, septiembre 2001 (www.congresoforestal.es)

(3) Herráez Garrido, F. y Díaz Gutiérrez, V. 2011. *Vías Forestales*. Servicio de Publicaciones Universidad Católica de Ávila. Ávila.

(4) Abellán, M. A. y García Morote. 2006. *Evaluación de Impacto ambiental de proyectos y actividades agroforestales*. Colección Monografías. Ediciones de la Universidad de Castilla-La Mancha. Albacete.

(5) López Pastor, V. M. y López Pastor, E. M. 1997. Impacto de las actividades deportivas en el paisaje de montaña. El caso de los 4x4: causas y consecuencias de un pseudoambientalismo publicitario. En: López Pastor, AT. *Paisaje y desarrollo integral*

*en áreas de montaña.* VII Jornadas sobre el paisaje. Serie monografías. Dirección General de Calidad y Evaluación Ambiental. Ministerio de Medioambiente. Madrid.

(6) Ley 8/1994, de 24 de junio (Castilla y León), de Evaluación de Impacto Ambiental y Auditorías Ambientales (BOE núm. 174, de 22 de julio de 1994).

(7) Barba Martín, L. D., Barroso García, M. A. y Díaz-Fernández, P. M. 2010. Impacto Ambiental de los cerramientos forestales y vallados cinegéticos en Castilla y León. *Actas del 10 Congreso Nacional de Medio Ambiente,* Madrid 22 al 26 de noviembre de 2010 (www.conama10)

(8) Cruz Alonso, V., Díaz-Fernández, P. M. y Jiménez Blázquez, R. 2010. Impacto Ambiental de los proyectos de introducción de fauna silvestre en Castilla y León. *Actas del 10 Congreso Nacional de Medio Ambiente,* Madrid 22 al 26 de noviembre de 2010 (www.conama10)

(9) Galindo Gutiérrez, J. y Díaz-Fernández, P. M. 2010. Impacto Ambiental de las Repoblaciones forestales en Ávila y Segovia. *Actas del 10 Congreso Nacional de Medio Ambiente,* Madrid 22 al 26 de noviembre de 2010 (www.conama10).

# Impacto ambiental de las repoblaciones forestales en Castilla y León

## *Environmental Impacts of the Reforestation in Castilla y León*

**P. M. DÍAZ FERNÁNDEZ**
**J. GALINDO GUTIÉRREZ**
Facultad de Ciencias y Artes. UCAV (Ávila)

## Introducción

Las repoblaciones forestales han sido una de las actividades forestales sujeta a mayor polémica y controversia social. Entre otras cosas, las repoblaciones suponen un cambio de uso del suelo de forma que los terrenos afectados imposibilitan el desarrollo de numerosas actividades agrarias, industriales y sociales. Por otra parte las repoblaciones forestales persiguen objetivos de mejora ambiental como protección del suelo frente a la erosión, y mejoras en los servicios ambientales de los montes como el de proporcionar materias primas de forma sostenible. De esta forma las repoblaciones han presentado numerosos impactos positivos y negativos para la sociedad, y para el entorno donde se han desarrollado. Por ello, estas obras se incluyeron en los procedimientos de EIA desde la entrada de la EIA en España en 1986, en los casos en que podían preverse repercusiones ecológicas negativas (1).

En el presente estudio se pretende analizar la relación de las Declaraciones de Impacto Ambiental con los proyectos de repoblación forestal. Esto puede hacer posible encontrar los impactos ambientales más significativos, la posible conflictividad social o los efectos previstos en las mencionadas Declaraciones.

## Material y métodos

El método utilizado consiste en recopilar todas las Declaraciones de Impacto Ambiental publicadas en la citada página web, que contengan al menos una repoblación forestal en Castilla y León. Para llevar a cabo esta recopilación se ha usado la versión digital del Boletín Oficial de Castilla y León (BOCYL), a través de la página oficial de la Junta de Castilla y León (2).

Se utilizaron diversos campos de búsqueda para mejorar los resultados de la misma. Los campos más útiles fueron “Declaración impacto ambiental repoblaciones forestales”, “impacto ambiental repoblación forestal”, si bien no todos los proyectos analizados tienen una denominación fija.

Sobre las Declaraciones de Impacto Ambiental recopiladas se realizan las siguientes observaciones:

1. Número de Declaraciones de Impacto Ambiental
2. Tipología de proyecto
3. Situación provincial del proyecto
4. Recuento de proyectos por municipio
5. Resultado de la Declaración de Impacto Ambiental
6. Clasificación de los proyectos según el promotor
7. Legislación por la cual se obliga a someter el proyecto a Evaluación de Impacto Ambiental
8. Alegaciones presentadas
9. Factores del medio afectados por el proyecto
10. Acciones impactantes
11. Especies utilizadas en la implantación.
12. Tratamientos sobre la vegetación existente
13. Métodos de preparación del suelo
14. Infraestructuras asociadas a los proyectos
15. Fechas de publicación de los proyectos
16. Especies utilizadas en los proyectos
17. Medidas correctoras

## Resultados

1. Número de Declaraciones de Impacto Ambiental

Se analizan 28 Declaraciones de Impacto Ambiental publicadas desde 1992 hasta 2010.

2. Tipología de proyecto

La Tabla 1 muestra una clasificación de las 28 Declaraciones de Impacto Ambiental según el tipo de proyecto de que se trate.

*Tabla 1. Tipo de proyecto donde se incluye una repoblación forestal*

| Tipo de proyecto | N.º proyectos |
|---|---|
| Repoblación Forestal | 20 |
| Forestación | 2 |
| Mejora régimen hidrológico | 1 |
| Mejora entorno ecológico | 1 |
| Plantación de nogales | 1 |
| Repoblación Forestal y Obras complementarias | 1 |
| Repoblación y mejora forestal | 1 |
| Restauración hidrológico Forestal | 1 |
| **Total** | **28** |

Como puede observarse todos los proyectos contienen una repoblación forestal, con todas las tareas propias de estos proyectos. Existen varias posibilidades para encontrar este tipo de proyectos. En el presente estudio predominan las repoblaciones forestales en sentido estricto, sumando 20 de las 28 Declaraciones analizadas.

3. Localización de los proyectos en las provincias de la región (Tabla 2)

Como puede observarse en la tabla presentada la mayoría de los proyectos se centran en Ávila, a pesar de que no es la provincia con mayor superficie forestal. La figura 1 muestra la disposición geográfica de los mismos.

*Tabla 2. Proyectos con repoblaciones forestales por provincia*

| Provincia | Número de proyectos |
|---|---|
| Ávila | 14 |
| Burgos | 1 |
| León | 2 |
| Palencia | 5 |
| Segovia | – |
| Soria | 1 |
| Salamanca | 4 |
| Valladolid | 1 |
| Zamora | – |
| **Total** | **28** |

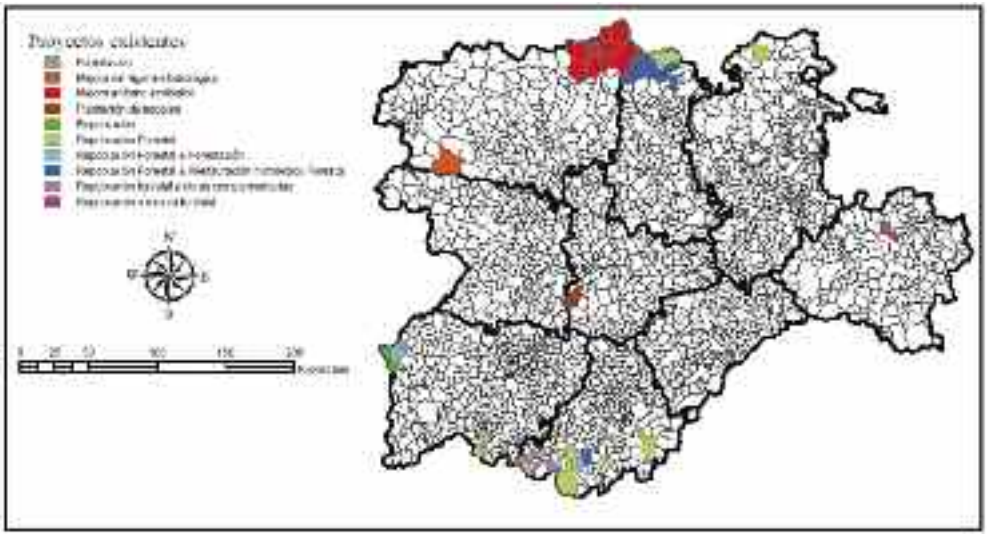


*Figura 1. Situación de los proyectos analizados en Castilla y León*

5. Resultado de la Declaración de Impacto Ambiental (DIAs)

En el presente estudio no se han encontrado Declaraciones de Impacto Ambiental negativas. No obstante en varias ocasiones la propuesta presentada por el promotor de la repoblación fue modificada parcialmente. Estas modificaciones suelen deberse a que el promotor no propuso las especies adecuadas, o simplemente a que parte del proyecto estaba inmerso en áreas de especial interés ecológico y era necesario realizar algunos cambios.

6. Clasificación de los proyectos según el promotor

Como puede observarse en las Tablas 3 y 4 existe una cierta igualdad entre el número de proyectos públicos y privados. Si bien en el caso de los públicos es la administración regional quien realiza la mayoría de ellos. En cuanto a los proyectos privados, la mayoría de ellos pertenecen a iniciativas particulares o a "otras".

*Tabla 3. Clasificación de los proyectos de promoción pública*

| Proyectos de promoción pública según el promotor | N.º de proyectos |
|---|---|
| Junta de Castilla y León | 11 |
| Administración local | 2 |
| **Total** | **13** |

*Tabla 4. Clasificación de los proyectos de promoción privada*

| Proyectos de promoción privada según el promotor | N.º de proyectos |
|---|---|
| Particulares | 5 |
| Sociedad Anónima | 2 |
| Sociedad Cooperativa | 0 |
| Otras | 8 |
| **Total** | **15** |

7. Legislación por la cual se obliga a someter el proyecto a Evaluación de Impacto Ambiental

El 26% de los proyectos se someten a EIA por las exigencias de los PORN de espacios Naturales protegidos y planes de recuperación de especies en peligro. El resto se someten por legislación sustantiva de EIA al presentar los proyectos características recogidas en los anexos de la citada legislación. Algunos proyectos se someten a EIA a través de dos normas simultáneamente –normalmente un PORN y una norma sustantiva. También es común que un proyecto se someta a Evaluación debido a que, aunque la repoblación en sí no debería someterse a EIA, el proyecto contiene actividades que están sometidas al proceso, como cerramientos o pistas.

8. Alegaciones presentadas

En total se presentaron 4 alegaciones, que fueron presentadas por particulares por asociaciones y grupos ecologistas. Estas alegaciones se presentan sobre dos proyectos, uno realizado en Salamanca y otro en León. En el resto de Declaraciones o no se menciona la existencia o simplemente no se presentaron. Esto indica que existe una conflictividad social muy escasa con este tipo de proyectos. Si bien es verdad que el proyecto alegado en León y publicado con fecha de 18/07/1996, se realiza sobre 11 municipios diferentes de forma que es posible que las repoblaciones ya no desarrollen la misma conflictividad del pasado.

9. Acciones impactantes

La Tabla 5 recoge de forma general la mayoría de las actividades necesarias para la ejecución de los proyectos. La elección de especie suele producirse a través de una propuesta por parte del promotor que puede ser aceptada o no por parte de la Administración.

Se observa que en la mayoría de los proyectos, existe una serie de actividades comunes que no suele formar parte de las repoblaciones en sentido estricto como las actividades sobre las pistas forestales.

*Tabla 5. Acciones impactantes*

| Actividades impactantes | | N.º de proyectos |
|---|---|---|
| Actividades selvícolas | Eliminación de vegetación preexistente | 22 |
| | Preparación del suelo | 22 |
| | Implantación | 28 |
| | Poda | 1 |
| | Riego | 1 |
| | Colocación de repelente | 1 |
| | Fertilización | 1 |
| | Cerramientos | 18 |
| Infraestructuras | Apertura de Caminos | 13 |
| | Mejora de Caminos | 18 |
| | Cortafuegos | 5 |
| | Puntos de agua | 2 |

10. Tratamientos sobre la vegetación existente

Como puede observarse en la Tabla 6, los métodos de eliminación de la vegetación preexistente previos a la preparación del suelo son diversos atendiendo a la tipología de suelo y orografía existente en cada proyecto. Se observa que no aparecen métodos como el decapado total con aterrazado. Para la elaboración de la citada tabla se ha utilizado exactamente el mismo término que aparece en cada Declaración.

*Tabla 6. Métodos de eliminación de la vegetación*

| Método de tratamiento | N.º ocasiones en que se utiliza |
|---|---|
| Desbroce con desbrozadora de martillos | 1 |
| Desbroce con retroaraña | 2 |
| Desbroce con tractor de cadenas | 4 |
| Desbroce manual | 4 |
| Desbroce por roza al aire | 8 |
| Roza en fajas | 1 |

11. Especies utilizadas en la implantación

Se han utilizado 33 especies, las especies más utilizadas son *Pinus sylvestris* (19 proyectos), *Sorbus aucuparia* (15 proyectos) y *Quercus pyrenaica* (13 proyectos). Los proyectos analizados corresponden a repoblaciones de carácter protector y de restauración de la vegetación lo que se refleja debido al importante número de especies utilizadas en cada proyecto, con una media de más de 5 especies. De la misma forma se han contabilizado un total de 33 especies distintas sobre el total de proyectos estudiados.

11. Métodos de preparación del suelo

En la Tabla 7 se muestran los distintos métodos de preparación del suelo según se citan en cada Declaración. Se observa que la mayoría de los métodos utilizados son de carácter puntual, predominando los métodos mecanizados. Esto puede indicar la necesidad de realizar métodos del menor impacto ambiental posible y al mismo tiempo la necesidad de acometer los proyectos con suficiente eficiencia.

*Tabla 7. Métodos de preparación del suelo*

| Tratamientos culturales | N.º ocasiones en que se utiliza |
|---|---|
| Ahoyado con retroaraña | 9 |
| Ahoyado con retroexcavadora | 6 |
| Ahoyado manual | 5 |
| Ahoyado mecanizado | 5 |
| Banquetas con retroaraña | 1 |
| Gradeo con grada | 1 |
| Gradeo pleno | 1 |
| Gradeo y subsolado | 1 |
| Subsolado lineal | 8 |
| Subsolado pleno | 1 |

12. Infraestructuras asociadas a los proyectos

En numerosos proyectos aparecen infraestructuras tales como pistas forestales para ser mejoradas o construidas. El número de nuevas pistas es de 13 y 8 ampliaciones y mejoras en pistas ya existentes, con una longitud media entre 3 y 4 km. La superficie media de los terrenos a repoblar es de 340 ha. Se detectaron 19 cerramientos sobre 28 proyectos con una longitud media de algo más de 8 km cada uno.

13. Medidas correctoras

Según las Declaraciones estudiadas los impactos se producen por igual tanto en la fase de ejecución como de explotación. En esta dirección, las medidas correctoras se toman en igual cantidad tanto en la fase de explotación como de ejecución. La mayoría de las medidas van encaminadas a reducir los impactos sobresalientes en los proyectos, como pueda ser el ruido, el polvo, impactos sobre la fauna existente, etc.

## Discusión y conclusiones

Los datos aportados muestran una tendencia homogénea en la actividad repobladora y en el procedimiento de Evaluación de Impacto Ambiental. Por un lado los proyectos analizados presentan una gran homogeneidad puesto que presentan una orientación protectora clara. En este sentido los proyectos se establecen sobre áreas protegidas, y con una elevada variabilidad de especies. Se observa que para 28 proyectos se han utilizado 33 especies distintas, al tiempo en que muchos de ellos se han desarrollado sobre espacios protegidos como atestigua la referencia a los PORN que han obligado a someterse a EIA.

Por otro lado, resulta evidente que muchos de esos proyectos responden a iniciativas de restauración de espacios naturales, y en ocasiones debido a incendios forestales ocurridos en el pasado.

En la medida en que todos los proyectos de repoblación estudiados han sido declarados aptos, puede decirse que los impactos ambientales acaecidos pueden ser absorbidos por el entorno sin problemas. De hecho se han encontrado varias referencias a la necesidad de restaurar el medio a través de estas repoblaciones tras algún incendio forestal. A pesar de que en determinadas ocasiones puede resultar evidente, parece que las repoblaciones son una medida eficaz para restaurar el medio.

A lo largo del presente estudio no se han encontrado referencias por parte de colectivos vinculados al sector agrario que pudieran verse afectados por las obras o por la fase de explotación de los proyectos. Ni siquiera sabiendo que en muchos de esos proyectos aparecen cerramientos y obras sobre pistas forestales que pueden afectar a los intereses sociales y económicos de este colectivo. Resulta elocuente que sólo 2 de los 28 proyectos analizados presentaron alegaciones, a pesar de que la superficie repoblada o la longitud de los cerramientos han sido importantes.

## Referencias bibliográficas

(1) Díaz-Fernández, P. M. y Martín San Pedro, L. T. 2010. Manual de Evaluación de Impacto Ambiental I. Edita Universidad Católica de Ávila. Ávila.
(2) http://bocyl.jcyl.es/bocyl/)

# La fase de selección en Castilla-La Mancha

## *Phase Selection in Castilla-La Mancha*

**F. GÓMEZ VALBUENA**
Servicio de Evaluación Ambiental. Delegación Provincial de Agricultura y Medio Ambiente (Ciudad Real)

## Introducción

Es cierto que en general los principios de la evaluación ambiental se han integrado en nuestra legislación nacional y autonómica, incluso superando los requisitos mínimos exigidos por las Directivas Comunitarias; gracias a esto, el proceso decisorio se ha hecho más transparente y sostenible. No obstante, quedan aspectos por mejorar: uno de ellos es el de la responsabilidad de los promotores y el del seguimiento y vigilancia, enfoque principal de este CONEIA. Aún siendo este tema el principal, sin duda conectados con éste, todavía hay otros aspectos manifiestamente mejorables, como son: la fase de selección, la participación pública y la calidad de la EIA.

Se plantea aquí el siguiente asunto: *"En Castilla-La Mancha nos hemos excedido en la fase de selección".* El objetivo de la presente comunicación es probar la certeza de esta frase.

La verdadera participación pública en fases previas a la toma de decisiones, el nutrido y serio estudio de alternativas en los documentos ambientales, la responsabilidad posterior en la implementación de los resultados y la vigilancia y retroalimentación del sistema, son asuntos que hacen de la evaluación ambiental una técnica tan eficaz en la protección del medio ambiente que ésta debe reservarse para planes y proyectos con verdaderos impactos significativos. Debemos ser conscientes de que las administraciones, las ONGs y el mismo público interesado tienen su recurso tiempo limitado. No resulta positivo que hayamos superado en nuestra legislación los requisitos mínimos exigidos por las Directivas comunitarias; esto tiene efectos negativos en sus consecuencias prácticas, que son las que en definitiva nos interesan. Resultados negativos son: que todavía la participación pública es reducida y a veces superficial, a pesar de que la publicidad y acceso a la información han mejorado mucho con las nuevas tecnologías, que los documentos ambientales y los estudios de alternativas son manifiestamente mejorables y que existe un probado déficit en el cumplimiento de las resoluciones y en la vigilancia ¿Son resultados provocados por la falta de medios, de formación o de conciencia ambiental? o ¿por exceso de expedientes? – De todo un poco; pero también por lo último.

## Material y métodos

Desde distintos puntos de vista se ha llegado a esta misma conclusión:

**PRIMERO.-**

Comparando la legislación comunitaria, la legislación estatal y la autonómica, puede observarse que la Ley 4/2007 autonómica va más allá que la legislación básica en varios supuestos y que ésta ha transpuesto generosamente las Directivas comunitarias. Comparando estadísticas entre Comunidades Autónomas, resulta que en Castilla-La Mancha y en Extremadura es donde más expedientes se tramitan en materia de evaluación ambiental.

Se relacionan a continuación ciertos tipos de proyectos, preceptivamente evaluables según nuestra Ley autonómica, a los que no resulta aplicable la estatal ni la Directiva:

- *Las actuaciones que impliquen la eliminación de cubierta vegetal natural que afecten a longitudes superiores a 1.000 metros en total o en acumulación de tramos*.

Someter este tipo de actuaciones a la participación y publicidad que implica la evaluación de impacto ambiental resulta desproporcionada, teniendo en cuenta que ya existe un doble control por parte de la administración en aplicación de la legislación en materia de montes y de conservación de la naturaleza.

- *Los vallados y/o cerramientos de cualquier tipo sobre el medio natural sobre longitudes superiores a 2.000 metros y sobre extensiones superiores a 5 ha a excepción de los cerramientos ganaderos de carácter estacional y aquellos con alturas inferiores a 60 cm* se encuentran en el anexo II, siendo los umbrales del anexo I *4.000 metros y 100 ha*.

Resulta radicalmente ineficiente aplicar la técnica de evaluación ambiental caso a caso a este tipo de proyectos para los que ya existe una norma general que regula los vallados cinegéticos y los planes técnicos de caza, una norma sobre Conservación de la Naturaleza que igualmente contempla su régimen de evaluación en áreas sensibles y además existe la posibilidad de dictar otra norma general (evaluándola como si de un plan se tratara) que regule las características del resto (incluidas cargas ganaderas en los ganaderos e incluidos los de menos de 5 ha o menos de 2 km que ahora quedan a la voluntad del promotor en las zonas sin ninguna categoría de protección).

- *La construcción de establecimientos comerciales individuales o colectivos*.

Son proyectos sin impacto significativo.

- *Las instalaciones de almacenamiento de productos petrolíferos con capacidad superior a 100 metros cúbicos.*

Existe normativa sectorial suficiente reguladora de esta tipología de proyectos.

- *El otorgamiento de permisos de investigación, autorizaciones y cualquier tipo de concesión minera, incluyendo sus prórrogas, así como la declaración de aguas minerales y termales. Las plantas de tratamiento o clasificación de áridos y de residuos de construcción y demolición. Las plantas de hormigón y las plantas de aglomerado asfáltico.*

Igualmente existe legislación sectorial y pueden establecerse mecanismos de control más eficientes que la técnica de evaluación de impacto ambiental.

- *Las industrias de productos alimenticios (sin umbrales e incluida la elaboración de vino) cuando se de sólo una de las circunstancias que la norma estatal exige que se den de forma simultanea: a) que estén fuera de polígonos industriales b) que se encuentren a menos de 500 metros de suelo urbano o urbanizable de uso no industrial o c) que en edificación ocupen una superficie de, al menos, una hectárea.*

En un alto porcentaje de industrias de productos alimenticios sin impactos significativos se da alguna de estas circunstancias.

- *Las instalaciones para la cría intensiva de ganado (también sin umbrales) cuando se encuentren en zona vulnerable a la contaminación por nitratos o en área protegida.*

Son muchas pequeñas explotaciones las incluidas en este epígrafe.

- *El umbral de los proyectos de consolidación y mejora de regadíos se rebaja de 100 a 50 ha y se incluyen todas las transformaciones que se desarrollen en áreas protegidas ambientalmente o en unidades hidrogeológicas declaradas sobreexplotadas.*

Este epígrafe abarca una cantidad considerable de proyectos sin impactos significativos que ya tienen un mecanismo de control establecido a través de la Ley de Aguas y la de Conservación de la Naturaleza.

También se debe definir "*Perforaciones para el abastecimiento de agua",* tipología de proyectos incluida tanto en la Ley estatal como en la autonómica sin ningún tipo de umbral, teniendo en cuenta que la extracción de aguas subterráneas ya se recoge en otro grupo con un umbral de un millón de metros cúbicos y que en los proyectos de regadío se aplica el criterio superficie.

En cuanto a planes y sus modificaciones, en particular urbanísticos, debe elaborarse cuanto antes el reglamento que establezca tipos de planes y programas no sometidos a evaluación, definiendo qué son las zonas de reducido ámbito territorial y modificaciones menores, a la vez es necesario coordinar la tramitación urbanística con la ambiental. Careciendo de este reglamento la redacción actual de la Ley obliga a evaluar cualquier modificación de planeamiento.

**SEGUNDO.-**

Analizando Sentencias del TJUE (Tribunal de Justicia de la Unión Europea) también se llega a la conclusión de que cuando la U.E. interviene es por incumplimiento de plazos de adaptación de las Directivas sobre E.I.A. al derecho interno por parte de los estados miembros o por deficiente ejecución del derecho comunitario en casos con verdadero impacto ambiental significativo.

Procede recordar que, según jurisprudencia reiterada, la adaptación del Derecho interno a una Directiva no exige necesariamente una adopción formal y textual de sus disposiciones en una norma legal expresa y específica, y que puede ser suficiente con un contexto jurídico general, siempre que éste asegure efectivamente la plena aplicación de la directiva de un modo bastante claro y preciso (véanse, en particular, las sentencias de 16 de noviembre de 2000, Comisión/Grecia, C-214/98, apartado 49; de 7 de diciembre de 2000, Comisión/Francia, C-38/99, apartado 53, y de 30 de noviembre de 2006, Comisión/Luxemburgo, C-32/05, apartado 34). En virtud del artículo 4, apartado 2, de la Directiva 85/337, modificada por la Directiva 97/11, los Estados miembros determinarán, por lo que respecta a los proyectos enumerados en el anexo II de dicha Directiva modificada, bien mediante un estudio caso por caso, bien mediante umbrales o criterios establecidos por el Estado miembro, si serán objeto de una evaluación de sus efectos sobre el medio ambiente de conformidad con lo establecido en los artículos 5 a 10 de dicha Directiva. Según esta misma disposición, los Estados miembros podrán también decidir la aplicación de ambos procedimientos.

En consecuencia, si bien de este modo se concede a los Estados miembros un margen de apreciación para especificar determinados tipos de proyectos que han de someterse a una evaluación o para fijar los criterios o umbrales que se deben utilizar, este margen de apreciación está limitado por la obligación de estos Estados, establecida en el artículo 2, apartado 1, de la Directiva 85/337, de someter a dicha evaluación los proyectos que puedan tener **repercusiones importantes** sobre el medio ambiente, en particular debido a su **naturaleza, su dimensión o su localización** (véanse las sentencias de 28 de febrero de 2008, Abraham y otros, C-2/07, apartado 37, y de 30 de abril de 2009, Mellor, C-75/08, apartado 50).

Referencia a conclusiones sobre asuntos concretos:

- **Asunto C-50/09.**- Existe incumplimiento por *excluir todas las obras de demolición* del ámbito de aplicación de la normativa por la que se adapta el Derecho interno a la Directiva 85/337, en su versión modificada por la Directiva 2003/35,
- **Asunto C-105/09 y C-110/09.-** Un *programa de acción* adoptado en virtud del artículo 5, apartado 1, de la Directiva 91/676/CEE del Consejo, de 12 de diciembre de 1991, relativa a la *protección de las aguas contra la contaminación producida por nitratos* procedentes de fuentes agrarias, es, en principio, un plan o un programa contemplado en el artículo 3, apartado 2, letra

a), de la Directiva 2001/42/CE del Parlamento Europeo y del Consejo, de 27 de junio de 2001, relativa a la evaluación de los efectos de determinados planes y programas en el medio ambiente.

- **Asunto C-205/08**.- La *construcción de líneas aéreas de energía eléctrica con un voltaje igual o superior a 220 kV y una longitud superior a 15 km,* debe someterse por las autoridades competentes de un Estado miembro al procedimiento de evaluación de impacto ambiental.
- **Asunto C-263/08**.- La *evacuación de las aguas de infiltración en un túnel que alberga líneas eléctricas y la infiltración de agua en la tierra o en la roca para compensar la eventual disminución de las aguas subterráneas*, así como a la construcción y al mantenimiento de las instalaciones para la evacuación y la infiltración, está incluido en el apartado 10, letra l), del anexo II de la Directiva 85/337/CEE del Consejo, de 27 de junio de 1985.
- **Asunto C-427/07**.-*No haber adoptado*, con arreglo a los artículos 2, apartado 1, y 4, apartados 2 a 4, de la Directiva 85/337, en su versión modificada por la Directiva 97/11, *todas las disposiciones necesarias para que los proyectos que pueden tener efectos significativos sobre el medio ambiente, pertenecientes a la categoría de construcción de carreteras.*
- **Asunto C-142/07**.- La Directiva debe interpretarse en el sentido de que prevé la evaluación de impacto ambiental de los *proyectos de reforma y mejora de vías urbanas,* ya sea cuando se trate de proyectos mencionados en el anexo I, punto 7, letras b) o c), de dicha Directiva, ya sea cuando se trate de proyectos previstos en el anexo II, puntos 10, letra e), o 13, primer guión, de la misma Directiva, que puedan tener efectos significativos en el medio ambiente, en virtud de su *naturaleza, de sus dimensiones o de su localización* y, en su caso, habida cuenta de su interacción con otros proyectos. Concretamente la calle 30 de Madrid se considera que debía estar en los umbrales de sometimiento por sus dimensiones, por ser un área de gran densidad demográfica y paisaje con significación histórica.
- **Asunto C-215/06**.- La concesión de las autorizaciones relativas a la construcción de *un parque eólico y a las actividades relacionadas en Derrybrien (200 has. de turbera de 5,5 m. de profundidad)*, condado de Galway, así como la ejecución de los trabajos, debe ir precedida de una evaluación de las repercusiones del proyecto sobre el medio ambiente de conformidad con los artículos 5 a 10 de la Directiva 85/337.
- **Asunto C-2/07.**- Las disposiciones del punto 12 del anexo II, leídas en relación con las del punto 7 del anexo I, de la Directiva 85/337, en su redacción original, se refieren asimismo a las obras de modificación realizadas en la infraestructura de un aeropuerto ya existente sin que se prolongue la pista de despegue y de aterrizaje, siempre que puedan considerarse, atendiendo especialmente a su naturaleza, su importancia y sus características, como una modificación del propio aeropuerto. Así sucede, en particular, con *las obras destinadas a aumentar de forma significativa la actividad del aeropuerto y el tráfico aéreo.*

- **Asunto C-255/05**.- El *proyecto de ejecución de una «tercera línea» de la incineradora de residuos* perteneciente a la sociedad ASM Brescia SpA debía haberse sometido al procedimiento de evaluación de impacto ambiental previsto en los artículos 5 a 10 de dicha Directiva.
- **Asunto C-486/04**.- Debía haberse sometido al procedimiento de evaluación de impacto medioambiental la *planta, sita en Massafra, destinada a la incineración de combustible derivado de residuos y de biomasa, con una capacidad superior a cien toneladas diarias y comprendida en el anexo I, epígrafe 10, de dicha Directiva,*
- **Asunto C-332/04.-** Se debía haber sometido al procedimiento de evaluación de impacto ambiental el *proyecto de construcción de un centro de ocio en Paterna*, y, consiguientemente, aplicando lo dispuesto en los artículos 2, apartado 1, 3, 4, apartado 2, 8 y 9 de la Directiva 85/337, en su versión modificada por la Directiva 97/11.
- **Asunto C-121/03**.-Se debía haber realizado una evaluación de impacto previa a la *construcción o modificación de las instalaciones porcinas de la zona del Baix Ter,* conforme a lo exigido por los artículos 2 y 4, apartado 2, de la Directiva 85/337, y al haber sobrepasado, en varias redes públicas de distribución de agua del área del Baix Ter, la concentración máxima admisible del parámetro «nitratos» establecida en el anexo I, cuadro C, número 20, de la Directiva 80/778.
- **Asunto C-83/03**.- No se verificó correctamente si el proyecto de *construcción de un puerto turístico en Fossacesia* (Chieti), incluido en la lista del anexo II de dicha Directiva, presentaba características que hacían necesaria la iniciación de un procedimiento de evaluación de sus repercusiones sobre el medio ambiente.
- **Asunto C-227/01**.- Se debía haber sometido a evaluación el impacto ambiental del "*proyecto de línea Valencia-Tarragona, tramo Las Palmas-Oropesa. Plataforma", que forma parte del proyecto denominado "Corredor del Mediterráneo".*
- **Asunto C-87/02**. El *proyecto de construcción de una vía periférica no urbana en Teramo* (proyecto conocido con el nombre de "Lotto zero - Variante, tra Teramo e Giulianova, alla strada statale SS 80"), que pertenece a los enumerados en el anexo II de la citada Directiva, requería una evaluación del impacto ambiental, de conformidad con los artículos 5 a 10 de dicha Directiva.
- **Asunto C-201/02.-** *Permitir que se reanuden los trabajos de una explotación minera,* constituye una «autorización» a efectos del artículo 1, apartado 2, de dicha Directiva, de forma que las autoridades competentes tienen, en su caso, la obligación de realizar una evaluación de las repercusiones sobre el medio ambiente de tal explotación.
- **Asunto C-348/01**.- La República Francesa ha incumplido las obligaciones que le incumben en virtud de la Directiva 97/11/CE del Consejo, de 3 de marzo de 1997, por la que se modifica la Directiva 85/337/CEE relativa a la evaluación de las repercusiones de determinados proyectos públicos y pri-

vados sobre el medio ambiente, al *no haber adoptado, en el plazo señalado, todas las disposiciones legales, reglamentarias y administrativas necesarias* para dar cumplimiento a lo establecido en el artículo 1, puntos 7 y 11, de dicha Directiva.

- **Asunto C-474/99.** El Reino de España ha incumplido las obligaciones que le incumben en virtud de la Directiva 85/337/CEE del Consejo, de 27 de junio de 1985, relativa a la evaluación de las repercusiones de determinados proyectos públicos y privados sobre el medio ambiente, al *no haber adoptado en el plazo señalado todas las medidas legales, reglamentarias y administrativas necesarias* para dar cumplimiento a las disposiciones de los artículos 2, apartado 1, y 4, apartado 2, en relación con el anexo II de dicha Directiva.

**TERCERO.-**

Por último, analizando nuestras propias resoluciones sobre planes y proyectos se observa que la evaluación en muchos casos se reduce a un mero control de legalidad, con la única participación de otras administraciones sectoriales y pocas veces del público. Así se puede comprobar en la muestra integrada por las últimas Declaraciones de Impacto Ambiental (7) o resoluciones de no sometimiento (26) publicadas en el Diario Oficial de Castilla La Mancha (DOCM de 04/03/2011 a 04/04/2011). Se observa como *en los proyectos con impacto más significativo se produce mayor participación*: de las 7 declaraciones de impacto ambiental 2 son negativas y en ambas hubo alegaciones, de las otras 5 favorables sólo las hubo en 2 casos. Las resoluciones de no sometimiento generalmente se emiten basadas en informes de otros órganos administrativos, sin mayor participación, con lo cual el resultado es el mismo que el que se produciría si los proyectos fueran informados por una comisión multisectorial como son las Comisiones de Saneamiento u órgano colegiado que las sustituya.

## Resultados

La Ley 4/2007 autonómica va más allá que la legislación básica en varios supuestos y ésta ha transpuesto generosamente las Directivas comunitarias.

Cuando la U.E. interviene es por incumplimiento de plazos de adaptación de las Directivas sobre E.I.A. al derecho interno por parte de los estados miembros o por deficiente ejecución del derecho comunitario en casos con verdadero impacto ambiental significativo.

En los proyectos con impacto más significativo se produce mayor participación.

## Discusión y conclusiones

En primer lugar se mencionan diversas normas vigentes, herramientas distintas de la evaluación ambiental, cuyo pleno cumplimiento contribuiría de ma-

nera sustancial a la protección del medio ambiente, objetivo que únicamente se consigue a base de **informar** a los agentes que intervienen en la gestión del territorio, en la gestión de planes y programas o en la gestión de proyectos; sean administraciones, promotores o técnicos. Las normas a las que me refiero son:

- Ley 9/1999 de Conservación de la Naturaleza en Castilla-La Mancha.
- Ley de Ordenación del Territorio y de la Actividad Urbanística en Castilla-La Mancha, Reglamento de Suelo Rústico, Reglamento de Planeamiento y Norma Técnica de Planeamiento para Homogeneizar el Contenido de la Documentación de los Planes Municipales.
- Decreto 2414/1961, de 30 de noviembre, por el que se aprueba el Reglamento de actividades molestas, insalubres, nocivas y peligrosas (RAMINP), que aún mantiene su vigencia conforme a la disposición derogatoria de la Ley 34/2007, de 15 de noviembre, de calidad del aire y protección de la atmósfera, punto 1 (hasta que haya norma que lo derogue y sustituya).

En segundo lugar, en lo que respecta a normas o herramientas necesarias:

- En cuanto a planes y sus modificaciones, en particular urbanísticos, se reitera que debe elaborarse, cuanto antes, el reglamento que establezca tipos de planes y programas no sometidos a evaluación ambiental, definiendo que son zonas de reducido ámbito territorial y modificaciones menores.
- Los Ayuntamientos deben actualizar su planeamiento municipal.
- Se debe finalizar la elaboración de los preceptivos planes de gestión de áreas protegidas.
- También es necesario el desarrollo del catálogo de hábitats y elementos geomorfológicos de protección especial.

Mientras tanto, y también para el futuro, debemos mejorar la información cartográfica ambiental haciéndola más accesible e intuitiva en internet.

En cuanto a proyectos: se debe derogar el RAMINP y modificar la Ley de Evaluación Ambiental, reduciendo el ámbito de sus actuales anexos e introduciendo un Anexo III que relacione proyectos, actividades e instalaciones donde únicamente sea necesario informe de una comisión técnica, pues siendo la evaluación ambiental una gran herramienta de protección del medio ambiente, existen otras técnicas de control administrativo que incluyen: normas de regulación general de un determinado tipo de proyectos, informes técnicos de un órgano colegiado e incluso publicidad a nivel local y comunicación a colindantes, que en casos con impactos menos significativos resultan igualmente eficaces, ganando en eficacia y eficiencia la evaluación ambiental en los casos verdaderamente importantes debido a su naturaleza, dimensión o localización, pues a ellos en exclusiva se podrán dedicar los medios disponibles. La citada comisión siempre tendría la potestad de decidir que se sometiera a evaluación ambiental alguno de los proyectos, instalaciones o actividades incluidos en este anexo III en los que apreciara riesgo de impacto significativo.

También la elaboración de una norma general (con evaluación ambiental de la misma) que regule todos los vallados en el medio natural aportaría un criterio uniforme y seguridad jurídica a la hora de implantar este tipo de instalaciones, independientemente de su tamaño.

Esta propuesta de cambio legislativo, en Castilla-La Mancha, en la fase de selección, teniendo en cuenta los medios disponibles mejoraría el sistema de evaluación ambiental haciéndolo más ágil, eficaz y eficiente, a la vez que se adaptaría nuestra normativa a la Directiva de Servicios y a la Ley estatal básica 17/2009, de 23 de noviembre, sobre el libre acceso a las actividades de servicios y su ejercicio, en materia de licencias municipales de obras y actividades; pues aprovechando la modificación de la Ley de Evaluación Ambiental se establecería un procedimiento sustitutivo del regulado por el RAMINP, cuando por razones de interés general, no discriminatorias y con difícil control a posteriori se deba obtener licencia previa (proyectos, instalaciones o actividades del anexo III que se propone); pudiéndose incluso, por razones de seguridad jurídica, añadir otro anexo con los casos sujetos únicamente a comunicación previa y/o declaración responsable.

## Páginas web de consulta

(1) Legislación vigente: En http://www.eia.es
(2) Jurisprudencia del TJUE: En http://www.curia.eu.int
(3) Resoluciones publicadas en el Diario Oficial de Castilla-La Mancha: En http://jccm.es

# Análisis de la normativa sobre evaluación de impacto ambiental de proyectos de infraestructuras lineales tras 25 años de su implantación en España, y su aplicación actual en Andalucía

## *Analysis of the Regulations of Environmental Impact Assessment Projects on Linear Infrastructure 25 Years after their Implementation in Spain, and their Corresponding Application in Andalucia Today*

**A. SANTOS SOTELO**
Consejería de Medio Ambiente (Huelva)

**E. MORENO CUESTA**
**E. GONZÁLEZ ALGARRA**
Universidad de Huelva

## 1. Introducción

Es a partir de la ***Directiva Europea del Consejo, de 27 de junio de 1985, relativa a la evaluación de las repercusiones de determinados proyectos públicos y privados sobre el medio ambiente*** *(DIRECTIVA 85/337/CEE)* cuando comienza a aplicarse la evaluación de impacto ambiental de una serie de proyectos, entre los que se encuentran los relativos a infraestructuras lineales.

En España la primera referencia legislativa fue el ***Real Decreto Legislativo 1302/1986, de 28 de junio, de Evaluación de Impacto Ambiental.*** A partir de entonces se comienza a prestar atención a la repercusión ambiental que un determinado proyecto puede representar sobre el medio ambiente.

Actualmente la legislación básica estatal en materia de EIA de proyectos, de conformidad con lo previsto en el artículo 149 de la Constitución está constituida por el ***Real Decreto Legislativo 1/2008, de 11 de enero, por el que se aprueba el texto refundido de la Ley de Evaluación de Impacto Ambiental de proyectos*** y su modificación producida por la ***Ley 6/2010, de 24 de marzo .***

Para el caso de Andalucía la EIA está incluida en la ***Ley 7/2007, de 9 de julio, de Gestión Integrada de la Calidad Ambiental.***

Se pretende en el presente trabajo analizar la normativa sobre EIA de infraestructuras lineales, entendiendo que éstas se refieren a los proyectos de carreteras y ferrocarriles, y su aplicación actual en Andalucía.

## 2. Metodología

En primer lugar se hace una revisión de legislación: la legislación sectorial sobre infraestructuras lineales (carreteras y ferrocarril) y como ésta se relaciona

con la referida a EIA, así como la normativa específica sobre EIA de infraestructuras lineales. En segundo lugar se analiza el procedimiento actual de EIA que se sigue en Andalucía para este tipo de actuaciones.

## 3. Resultados

### 3.1. En relación con la normativa de carácter sectorial y específica sobre infraestructuras lineales podemos destacar

**a) Respecto a las carreteras:**

La ***Ley de Carreteras de 1988 (Ley 25/1988 de 29 de julio)***, hoy vigente, la única referencia al **medio ambiente** es la necesidad de que los proyectos de autopistas de nuevo trazado incluyan un estudio de impacto ambiental, de acuerdo con lo que ya establecía la Ley de evaluación de impacto ambiental de 1986.

La abstracción de las carreteras de su territorio se aprecia en las versiones de la Instrucción de Carreteras de 1962 y 1982. En la actual Instrucción de Carreteras, aprobada por ***Orden de 27 de diciembre de 1999 del Ministerio de Fomento (Norma 3.1-IC. Trazado)***, se incluye alguna referencia, aunque muy somera, a la consideración del entorno en las características del proyecto. Esto pone de manifiesto que en los proyectos de obra de este tipo de infraestructuras, hasta hace relativamente poco tiempo no se han considerado en su diseño los aspectos ambientales y su repercusión sobre el entorno.

En *la* ***Ley 8/2001, de 12 de julio, de Carreteras de Andalucía*** (BOJA nº 85 de 26 de julio 2001), se hace referencia en diversas ocasiones a los aspectos medioambientales de las carreteras, así en su artículo 31 se refiere al Proyecto de restauración paisajística, en el art. 36 a la prevención ambiental en general, refiriéndose a la Ley 7/1994, de 18 de mayo, de Protección Ambiental (hoy derogada por la Ley 7/2007, de 9 de julio) y en el art. 37 a la integración ambiental, aludiendo expresamente a la declaración de impacto ambiental.

Como referencia al interés por los aspectos ambientales que últimamente se tienen en cuenta en estos proyectos, cabe destacar la publicación de la Consejería de Obras Públicas y Transportes de la Junta de Andalucía, titulada “Recomendaciones técnicas para el diseño y ejecución de sistemas viarios en medios sensibles”(1).

**b) Respecto al ferrocarril:**

La ***Ley 39/2003, de 17 de noviembre del Sector Ferroviario*** (BOE de 18/11/2003) sólo hace una referencia, en su artículo 5, a los aspectos ambientales que deben considerase en los proyectos de este tipo de obras, de la siguiente forma “ El estudio informativo incluirá el **estudio de impacto ambiental** de las **op-**

**ciones planteadas y constituirá el documento básico a efectos de la correspondiente evaluación ambiental** prevista en la legislación ambiental".

Por su parte la Comunidad Autónoma de Andalucía también ha promulgado una ley propia, la ***Ley 9/2006, de 26 de diciembre, de Servicios Ferroviarios de Andalucía*** (BOE de 12/1/2007), no encontrándose ninguna alusión sobre la afección medioambiental o estudios de impacto ambiental, tan sólo relativa a proyecto y construcción dedicando un breve artículo 10.

### 3.2. Análisis de la normativa específica sobre evaluación de impacto ambiental de infraestructuras lineales

La normativa estatal -Real Decreto Legislativo 1/2008, de 11 de enero, por el que se aprueba el texto refundido de la Ley de Evaluación de Impacto Ambiental de proyectos- expone de forma secuencial cómo debe desarrollarse la EIA, definiendo todas las actuaciones que comprende el proceso; su artículo 3 establece que los proyectos, públicos y privados, consistentes en la realización de obras, instalaciones o cualquier otra actividad comprendida en el anexo I deberán someterse a una evaluación de impacto ambiental; dicho anexo incluye el Grupo 6 referido a Proyectos de Infraestructuras, en el que consta expresamente:

a) Carreteras:
b) Construcción de líneas de ferrocarril para tráfico de largo recorrido.

Para Andalucía, el artículo 57 apartado g) de su Estatuto de Autonomía, aprobado mediante la Ley Orgánica 2/2007, de 19 de marzo, establece que corresponde a la Comunidad Autónoma la competencia exclusiva, sin perjuicio de los dispuesto en el art. 149.1.23 de la Constitución *(competencia exclusiva de la Legislación básica sobre protección del medio ambiente, sin perjuicio de las facultades de las Comunidades Autónomas de establecer normas adicionales de protección)* en materia de **Prevención ambiental.**

De lo anterior se deriva la promulgación de la ***Ley 7/2007, de 9 de julio, de Gestión Integrada de la Calidad Ambiental*** (en adelante GICA), que introduce un marco normativo totalmente nuevo respecto a la EIA de proyectos y de carácter particular en cuanto al procedimiento administrativo de prevención y control ambiental que se requiere para aquellas actuaciones que deban someterse a la EIA. La principal novedad de la Ley es la instauración de un procedimiento administrativo conducente a la obtención de una nueva autorización administrativa de carácter ambiental denominada "Autorización Ambiental Unificada", no prevista en la legislación estatal y en la cual se integrará la EIA; más adelante se comenta brevemente.

La Ley GICA establece en su art. 27 que se encuentran sometidas a autorización ambiental unificada: Las actuaciones, tanto públicas como privadas, así señaladas en el **Anexo I.**

Consultado el referido Anexo I, se encuentra el apartado 7, que incluye diversas categorías de actuaciones relativas a **PROYECTOS DE INFRAESTRUCTURAS** y principalmente en lo que a este artículo se refiere que son las infraestructuras lineales (carreteras y ferrocarriles) se consideran que están sometidas a autorización ambiental unificada las siguientes actuaciones:

**7.1. Carreteras**

Construcción de autopistas y autovías, vías rápidas y carreteras convencionales de nuevos trazados.

Actuaciones de acondicionamiento o que modifiquen el trazado y sección de autopistas, autovías, vías rápidas y carreteras convencionales preexistentes.

Ampliación de carreteras convencionales que impliquen su transformación en autopista, autovía o carretera de doble calzada.

Otras actuaciones que supongan la ejecución de puentes o viaductos cuya superficie de tablero sea superior a 1.200 metros cuadrados, túneles cuya longitud sea superior a 200 metros o desmontes y terraplenes cuya altura de talud sea superior a 15 metros.

**7.2. Construcción de líneas de ferrocarril, líneas de transportes ferroviarios suburbanos, instalaciones de transbordo intermodal y de terminales intermodales, en alguno de los siguientes casos:**

En el caso de las líneas:

Que tengan una longitud igual o superior a 10 km.

Que transcurran en parte o en su totalidad por alguno de los espacios de la Red Ecológica Natura 2000.

Cabe señalar que recientemente se ha publicado para Andalucía el *Decreto 356/2010, de 3 de agosto, por el que se regula la autorización ambiental unificada y se modifica el contenido del Anexo I de la Ley 7/2007, de 9 de julio, de Gestión Integrada de la Calidad Ambiental,* aunque a estos efectos no ha habido modificación en el Anexo I.

### 3.3. Procedimiento de Evaluación de impacto ambiental para actuaciones de competencia de la Administración General del Estado

El art. 4. del RDL 1/2008, sobre competencias, indica que el Ministerio de Medio Ambiente será órgano ambiental en relación con los proyectos que deban ser autorizados o aprobados por la Administración General del Estado y que para otros proyectos, será órgano ambiental el que determine cada comunidad autónoma en su respectivo ámbito territorial. Para nuestro caso suelen ser habituales los proyectos que son tramitados por el órgano ambiental del Estado, en carreteras y ferrocarriles cuyo trazado transcurre por el territorio de más de una Comunidad Autónoma y que actualmente corresponde su tramitación al Ministerio de Medio Ambiente, y Medio Rural y Marino; por tanto

el procedimiento de EIA se regirá por lo previsto en la legislación básica estatal.

Para los proyectos autorizados o aprobados por la Administración autonómica, en el caso de Andalucía actualmente es el órgano ambiental la Consejería de Medio Ambiente de la Junta de Andalucía, se aplica la Ley GICA.

Además es reseñable que la Ley GICA contempla en su artículo 16.2, que en los casos en que la EIA sea competencia de la Administración General del Estado, la Declaración de Impacto Ambiental resultante prevista en su legislación se incorporará en la autorización ambiental unificada que se otorgue. Por tanto, para estos casos, el órgano promotor de la actuación deberá proceder a la tramitación de los procedimientos previstos tanto a nivel estatal como autonómico.

### 3.4. Trámite de Evaluación de impacto ambiental en Andalucía

Como se ha señalado en el apartado 3 anterior la Ley GICA establece las condiciones para las que en las actuaciones de carreteras y ferrocarriles se requiere obtener en Andalucía la autorización ambiental unificada y que será en esta tipo de autorizaciones en las que se contendrá la correspondiente evaluación de impacto ambiental. Por tanto en Andalucía ya desaparece como tal la Declaración de impacto ambiental (DIA), convirtiéndose la evaluación de impacto ambiental en un procedimiento administrativo completo y reglado y siendo el órgano ambiental el que debe resolver la correspondiente autorización ambiental y posteriormente el órgano sustantivo (órgano que tiene la competencia por razón de la materia para la aprobación de una actuación) el que debe pronunciarse sobre su autorización respectiva.

Las diferencias fundamentales del trámite previsto para la EIA en Andalucía frente al estatal son:

- La EIA no lleva consigo una Declaración de impacto ambiental (DIA) sino que se integra en la correspondiente autorización emitida por el órgano ambiental y que lógicamente puede ser de carácter positivo o negativo. Por tanto se trata de un procedimiento administrativo completo y no de un informe como se trata de la DIA para el Estado, que se integraría en la correspondiente autorización del órgano sustantivo.
- El trámite de EIA se inicia ante el órgano ambiental y no ante el sustantivo. No obstante dentro del procedimiento que debe desarrollar el órgano ambiental, este enviará al órganos sustantivo el Estudio de impacto ambiental para que informe sobre el mismo, de manera que está informado del trámite hasta su resolución.
- Hasta tanto no resuelva el órgano ambiental no es posible que el órgano sustantivo se pronuncie, y además por lógica, el órgano ambiental debe autorizar para que el sustantivo resuelva su procedimiento, pues en caso de que la actuación no sea autorizable, es decir la AAU se resuelve no autorizando la actuación desde el punto de vista ambiental, el órgano sustantivo

no podría resolver su autorización con carácter favorable. Cabe señalar además que la AAU debe resolverse en su plazo, pues en caso de no notificarse resolución expresa dentro del mismo, los interesados podrán entender desestimada su solicitud (art. 31.6 Ley GICA).

## 4. Conclusiones

Se ha analizado la actual normativa vigente en materia de prevención ambiental que lleva consigo la Evaluación de impacto ambiental (EIA), de aplicación

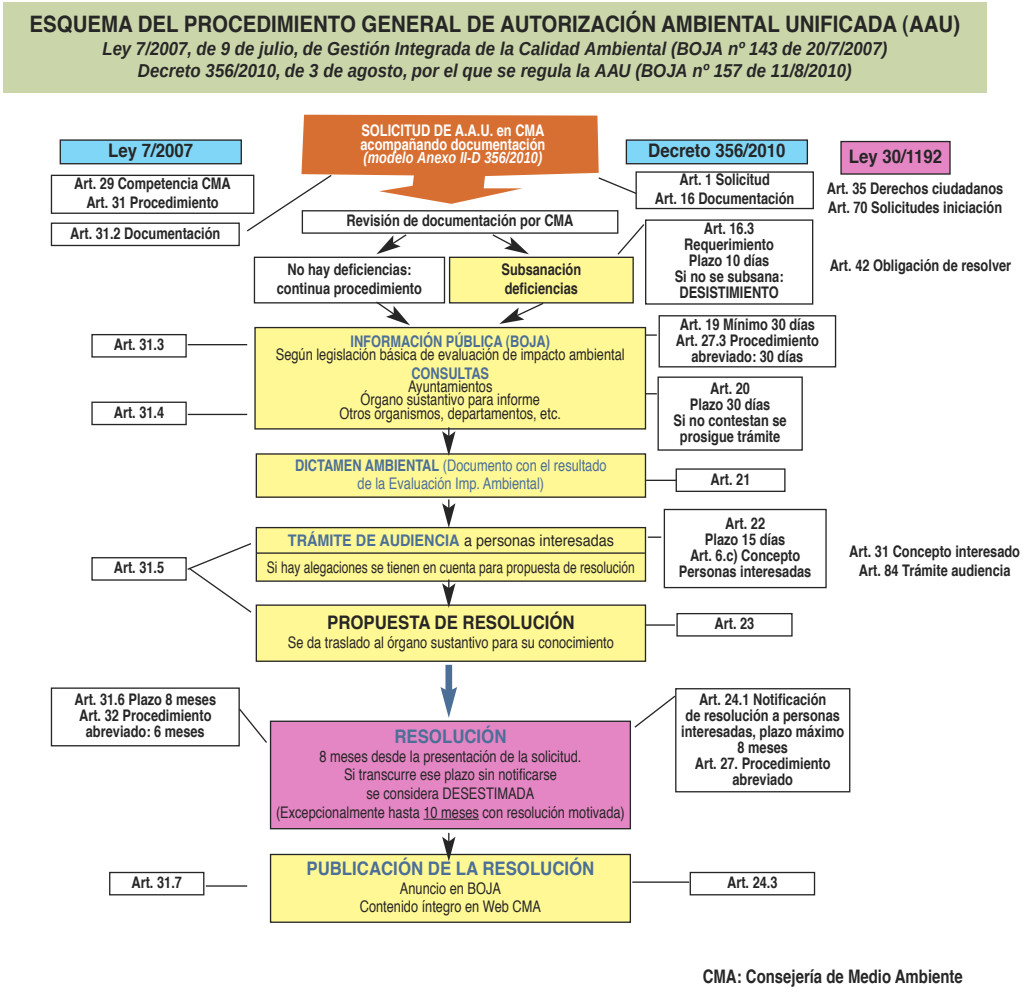



*Figura 1. Resumen del procedimiento general de Autorización Ambiental Unificada en la que se integra la Evaluación de Impacto Ambiental*

en todo el Estado Español y particularizando en la de la Comunidad Autónoma de Andalucía, dada la competencia que las comunidades autónomas poseen en esta materia, en relación con lo establecido en la Constitución Española y sus Estatutos de Autonomía, centrada en los proyectos de infraestructuras lineales y dentro de estos en los correspondientes a las carreteras en su amplia diversidad estructural y en las líneas de ferrocarril.

Se han puesto de manifiesto los procedimientos de Evaluación de Impacto Ambiental de este tipo de proyectos, con las peculiaridades que las citadas normas establecen, en base a la distribución de competencias entre las distintas administraciones estatales y autonómicas.

Se ha hecho referencia a la evolución histórica de la normativa sobre evaluación de impacto ambiental en el Estado Español y en particular en Andalucía, así como su aplicación práctica, concluyendo con la situación en que hoy nos encontramos, fruto de esa evolución tras veinticinco años.

Concretamente en Andalucía, por ser una comunidad autónoma de gran extensión en el territorio del Estado Español y pionera en aspectos legislativos relacionados con el medio ambiente y su prevención, al haberse publicado la Ley 7/2007 (GICA), se ha concebido un procedimiento particular de autorización ambiental, denominado autorización ambiental unificada, en el que se integra el resultado de la Evaluación de impacto ambiental desapareciendo el concepto de Declaración de impacto ambiental, que permanece para el Estado.

Por último a modo de sugerencia, decir que sería conveniente simplificar más el trámite de EIA previsto en la legislación básica del Estado, que todavía resulta largo; por otra parte respecto al procedimiento previsto en Andalucía no parece razonable la necesidad de someter a una autorización ambiental unificada una actuación que ya esté prevista en la legislación estatal que deba obtener Declaración de impacto ambiental, pues supone duplicar un trámite administrativo debido a las competencias que tienen atribuidas tanto el Estado como la Comunidad Autónoma

## Referencias bibliográficas

(1) Consejería de Obras Públicas y Transportes. Junta de Andalucía. Recomendaciones técnicas para el diseño y ejecución de sistemas viarios en medios sensibles. Sevilla. 2006.

# La evaluación de los impactos paisajísticos y los nuevos instrumentos de paisaje en la comunidad valenciana: a vueltas con el tema de la participación pública

## *The Assessment of Visual Impacts and the New Landscape Policy of the Valencian Community: Rethinking Public Participation*

**C. MARTÍN CANTARINO**
Instituto Multidisciplinar para el Estudio del Medio,
Universidad de Alicante

**R. HUETE NIEVES**
Departamento de Sociología I,
Universidad de Alicante

## Introducción

Desde los mismos orígenes de los procedimientos de evaluación ambiental se ha subrayado que la participación pública (PP) es condición inexcusable para la eficacia de los mismos (1, 2), tal como viene a reconocer formalmente el Convenio de Aarhus de 1998 y recientes desarrollos de las normativas de EIA, como la Directiva 2003/35/CE. Con todo, tanto los informes oficiales como la literatura específica ha advertido de que la PP no está desarrollándose de manera adecuada, lo que redunda inevitablemente en la falta de eficacia de los instrumentos de EIA (ver p.ej. 3,4).

Los nuevos instrumentos de Paisaje surgidos tras la aprobación del Convenio Europeo de 2000, en cuanto instrumentos de evaluación ambiental, no pueden menos que insistir también en la necesidad de la PP. Pero da la impresión de que la experiencia previa de la EIA ha llevado a que estos nuevos instrumentos se hayan planteado un mayor rigor al respecto. En concreto, el Reglamento valenciano de Paisaje de 2006, que en su mismo preámbulo declara una decidida voluntad *de no acabar en frustración*, impone para cualquier instrumento paisajístico la elaboración de los llamados *Planes de Participación Pública* (PPP) en una fase temprana del procedimiento y de acuerdo con requisitos bastante exigentes, al menos desde el punto de vista formal.

Transcurrido un lustro de funcionamiento del Reglamento valenciano de Paisaje, nos planteamos una revisión preliminar de la eficacia real que están teniendo sus PPP. Nuestra pregunta es: ¿esta exigencia formal de rigor técnico se está traduciendo en una PP más efectiva?

## Metodología

Se analizaron 38 PPP de instrumentos de paisaje presentados en la provincia de Alicante entre 2008 y 2011, más otros 4 instrumentos de PP. En una pri-

mera fase, se analizó el rigor técnico de los PPP, es decir, si aplicaban estándares metodológicos reconocidos para este tipo de actividades participativas (p.ej. 5,6,7), proporcionaban información de base sobre la población local y su relación con los aspectos paisajísticos, etc. Para aquellos casos que cumplían estos requisitos, se recabó información adicional (seguimiento de su tratamiento en los medios, entrevistas en profundidad a agentes o sectores interesados, etc.), según la aproximación de estudios de casos (8), metodología considerada especialmente útil para comprobar la eficacia de planes o programas teóricos en el mundo real (9).

## Resultados

El 66,7% de los PPP analizados no alcanzó los mínimos técnicos establecidos. Un 14,3% adicional presenta una cierta base técnica, si bien con importantes deficiencias. Aunque la muestra analizada no pretende ser estadísticamente significativa, y por tanto esos porcentajes no tienen por qué corresponder a la realidad de los PPP en la Comunidad Valenciana, cabe deducir, al menos, que son frecuentes los instrumentos de paisaje cuyos PPP son de muy escaso nivel técnico, pese a lo exigente de la normativa. Destaquemos que estos PPP *deficientes* responden con frecuencia a un modelo estereotipado cuyas características pueden resumirse en los siguientes rasgos:

- Documento muy breve (unas 10-20 páginas) con generalidades sobre la normativa de paisaje. Sólo una pequeña parte del mismo, a veces mínima, alude al caso concreto de que trata.
- Se basa en una llamada “encuesta de paisaje” colgada en la web (sólo a veces se realizan en sesión presencial o se envían a entidades ambientales/culturales) consistente en una serie de fotografías del área de estudio. Al encuestado se le pide una valoración de las mismas según escalas prefijadas. No existe justificación de la selección de las imágenes.
- La gran mayoría sólo informa de la encuesta a las entidades culturales-ambientales legalmente inscritas en el municipio, aunque hay casos en que la encuesta simplemente se cuelga en la web a disposición del “público interesado”.
- Los tamaños muestrales de resultados obtenidos no se justifican. En muchos casos el documento no ofrece datos sobre el número de participantes, aunque en general los autores parecen satisfechos con una veintena de respuestas, sin analizar su representatividad. Cuando no hay respuestas o son muy escasas (cosa frecuente en el caso de encuestas colgadas en internet) se interpreta como que el público no estima conflictivo el proyecto.

Como ilustración del análisis de caso realizado con los 8 PPP (19%) que sí presentan cierto nivel técnico, se exponen brevemente dos casos que nos parecen especialmente significativos.

## 1. Revisión del Plan General de Ordenación Urbana (PGOU) de San Juan de Alicante

San Juan de Alicante es un municipio del área metropolitana alicantina, que en los últimos decenios ha sufrido un proceso muy intenso de urbanización, hasta el punto de que prácticamente la totalidad del término se encuentra actualmente construido. La revisión del PGOU planteada, de hecho, se traduce en la declaración como urbanizables de los últimos terrenos aún no construidos, por lo que podemos considerar que presenta un notable interés social objetivo. El desarrollo del PPP, iniciado en 2008, puede consultarse en: http://www.pensadoparatodosytodas.com

Como aspectos positivos del proceso se pueden resaltar, esquemáticamente:

- Al proceso se le dio suficiente publicidad. La población estuvo bien informada de la iniciativa.
- Inclusión de todos los segmentos de edad y de grupos normalmente poco atendidos, como minusválidos, ancianos, etc.
- Se siguieron metodologías reconocidas, como los talleres de prospectiva o futuro según la aproximación de la European Awareness Scenario Workshops (7)
- Las sesiones de trabajo estuvieron a cargo de técnicos cualificados en PP.

Como aspectos negativos:

- La PP no se inició en una fase temprana y existía una sensación entre muchos participantes de que la decisión *ya estaba tomada*. Los sectores políticos opuestos al equipo de gobierno manifestaron que éste no buscaba una verdadera PP sino un mero refrendo al proyecto oficial, por lo que hubo un cierto boicot al PPP.
- El PPP se limitó a la discusión del proyecto, sin aprovecharlo para recabar la opinión de los ciudadanos sobre el municipio en su conjunto ("cierre conceptual del problema").
- Inexistencia de un plan de comunicación posterior sobre la inclusión o no de las opiniones expresadas.

## 2. Aplicación de la "*Estrategia Nacional de Restauración de Ríos*" (ENRR) en el tramo alto del río Vinalopó (provincias de Alicante y Valencia)

El proyecto "*Mejora de la conectividad longitudinal y restauración del tramo alto del río Vinalopó*", aunque no desarrollado en el marco de la normativa de Paisaje, presenta elementos que aconsejaban su inclusión en nuestro estudio. El proyecto, promovido por la Confederación Hidrográfica del Júcar (CHJ) dentro de la llamada Estrategia Nacional de Restauración de Ríos del Ministerio de Medio

Ambiente (10), plantea, entre otras obras, la demolición de las llamadas "presas obsoletas" para mejorar la conectividad ecológica del río. El problema es que estas presas forman parte del patrimonio de arqueología industrial de la tradicional industria papelera de la comarca, un patrimonio que los municipios de la zona, especialmente Banyeres, intentan revalorizar. Destaquemos también que este tramo del río presenta una elevada calidad paisajística y ecológica.

El 9 de junio de 2009 se organizó una jornada de PP a la que se invitó a ayuntamientos y entidades culturales y ambientales locales. El informe de conclusiones fue colgado posteriormente en la página web de la CHJ, aunque sin avisar de ello a los participantes. La solicitud de conservar las presas históricas, planteada por varios participantes, era desestimada escuetamente "por no ajustarse a los objetivos del proyecto". Basándose explícitamente en este proceso de PP, el viernes 23 de julio aparecía en el BOE una Resolución por la que el Ministerio eximía al proyecto del requisito de EIA "por sus indudables beneficios ambientales". Tras ello, se desencadenó un verdadero conflicto, con la creación de una plataforma de defensa de las presas de interés patrimonial que a fecha de hoy (10/05/2011) cuenta con 120 adhesiones de entidades y 1.927 firmas de particulares (http://assuts.banyeres.com).

Como aspectos positivos del proceso de PP realizado destacamos:

- Se consiguió una buena participación en la sesión de PP de los sectores contactados.
- La sesión se desarrolló a través de una metodología reconocible, que los propios participantes valoraron positivamente.
- La sesión estuvo a cargo de técnicos con experiencia en PP.

Como aspectos negativos:

- La PP se redujo a una sola sesión. De hecho, parte de la frustración de los participantes se debió a que consideraron que tal sesión era una primera toma de contacto que tendría continuidad, lo que no ocurrió.
- Aunque se afirmó explícitamente que el proyecto no estaba cerrado, la evolución posterior del procedimiento convenció a muchos participantes de que la decisión estaba ya tomada cuando se les convocó.
- Evidentemente, el PPP no identificó, como debería, la relevancia social de los elementos ambientales afectados, como lo demuestra el conflicto social generado y la adhesión a la plataforma de protesta de tal número de entidades-organizaciones y personas.
- Inexistencia de un plan de comunicación posterior que explicara la inclusión o no de las opiniones expresadas. El conflicto de hecho estalló ante la aparición en la web de la CHJ de las conclusiones del PPP, en que se rechazaban las propuestas más sensibles sin una justificación suficiente, y la posterior aparición del Decreto de exención de EIA, interpretado como el cierre a posteriores consultas.

## Conclusiones: ¿Qué está pasando con la Participación Pública?

Nuestro análisis, aun de carácter preliminar, permite en primer lugar constatar la proliferación de un modelo estereotipado, de escaso rigor como herramienta de PP, reducido a encuestas sobre fotografías colgadas en la red. Con todo, este tipo de deficiencias técnicas creemos que puede ser fácilmente subsanado por las administraciones mediante la exigencia de requisitos mínimos o códigos de buenas prácticas. En cierta forma, la situación recuerda la producida con la EIA, en el que el nivel técnico de los Estudios de Impacto, desde unos niveles iniciales muy deficientes en ciertos casos, en general ha mejorado bastante en los últimos años.

Creemos más significativo el hecho de que bajo la normativa valenciana de paisaje se hayan llevado a cabo algunos PPP, si bien minoritarios, de un nivel técnico raramente obtenido en los procedimientos de EIA. Con todo (y esto es aún más importante), el análisis en detalle de tales casos revela que incluso tales PPP han acabado siendo ineficaces por dos defectos interrelacionados:

La PP no se realiza en una fase temprana del procedimiento en la que todas las posibilidades estén abiertas, sino cuando el promotor ya ha definido el proyecto.

Raramente existe una verdadera retroactividad con el público tras la aportación por éstos de sus opiniones, es decir, falta un verdadero diálogo o seguimiento *a posteriori*.

Estos dos problemas deberían preocuparnos más que las deficiencias técnicas antes señaladas porque afectan al mismo núcleo de la PP. Los PPP no sólo deben garantizar que se informe sobre un proyecto al público y que éste pueda pronunciarse al respecto, sino ante todo hacer "visibles" a los decisores los aspectos que interesan a la ciudadanía (11), promoviendo un aprendizaje efectivo **de ambas partes**. El caso del PGOU de San Juan (y otros analizados) muestra cómo incluso un PPP bien concebido técnicamente puede resultar inefectivo por percibirse como simple "explicación" de una decisión ya tomada que sólo busca refrendo popular.

Lo mismo puede decirse del proyecto del Vinalopó, pero aquí concurren circunstancias que merecen especial atención, como el hecho de que se planteara como una actuación avalada por consideraciones técnicas ecológicas, y por ello "indudablemente beneficiosa". Podemos decir que la mera fundamentación científica, si no viene acompañada por una PP eficaz, puede resultar en una visión incompleta de la problemática, que oculta o "invisibiliza" aspectos esenciales (10) (como ilustra la "ceguera" de nuestro proyecto, marcadamente "ambientalista", a los elementos culturales), y en una "objetivización" abusiva que obstaculiza la necesaria discusión social (12,13). De nuevo, la PP se utiliza más como mecanismo de explicación a los "profanos" de supuestas verdades (técnicas o sociopolíticas) que de participación social efectiva. Y los ciudadanos, como hemos visto en los casos analizados, lo perciben claramente.

Es aquí, más que en las deficiencias técnicas, donde nos jugamos la eficacia de los instrumentos de paisaje (y en general, de EIA). Si cunde entre la ciudadanía la sensación de que su participación no tiene relevancia para la toma de decisiones; si los PPP, incluso aquellos que han contado con recursos técnicos y económicos,

aparecen como actividades de “relaciones públicas” y no de verdadera participación (14), entraremos en un “círculo vicioso de desmotivación” (5) que conducirá cada vez más a la irrelevancia social de estos instrumentos. Sólo tomando en serio el que los PPP se realicen “cuando todas las posibilidades están abiertas”, que el público sienta que sus opiniones son al menos atendidas y exista una verdadera retroacción y seguimiento de las mismas, podremos entrar en el “círculo virtuoso” de implicación social que incremente progresivamente su eficacia.

## Referencias bibliográficas


(1) Caldwell, L. K. The National Environmental Policy Act. An agenda for the future. Indiana University Press. Bloomington, 1998.
(2) Canter, L. W. Environmental Impact Assessment. 2ª edición. McGraw-Hill, N.York 1996.
(3) International Study of the effectiveness of Environmental Assessment. Canadian Environmental Assessment Agency-IAIA, Canada 1996.
(4) Dresner S, Gilbert N. 1999. Decision-making processes for projects requiring environmental impact assessment: case studies in 6 European countries. *J. Environ. Assess. Policy Manage,* 1(1): 105-30.
(5) Heras, F. Entretantos. Guía práctica para dinamizar procesos participativos sobre problemas ambientales y sostenibilidad. Ed. GEA, Valladolid, 2002.
(6) Sabaté, X. Participació ciutadana I paisatge. En: Pintó, J. (Ed.): *Eines i instruments per a les polítiques de paisatge.* Pp.: 143-181. Universitat de Girona. 2010.
(7) Velázquez, I.; Verdaguer, C. Instrumentos para la intervención social activa. Los talleres de futuro EASW en el urbanismo participativo. En: *Participación ciudadana para el urbanismo del s. XXI.* pp. 165-178. Ícaro CTAV/ Aj. d’Alaquàs, Valencia. 2005.
(8) Yin, R. K. *Case Study Research: Design and Methods.* Sage Publications, Thousand Oaks, CA. 1994.
(9) US General Accounting Office. Case study evaluations. Program Evaluation and Methodology Division, GAO, Washington. 1990.
(10) MARM, 2010. Restauración de ríos. Bases de la Estrategia Nacional de Restauración de ríos. Ministerio de Medio Ambiente Rural y Marino, Madrid.
(11) Turner, N. J., Gregory, R., Brooks, C., Failing, L., Satterfield, T. 2008. From invisibility to transparency: identifying the implications. *Ecology and Society,* 13(2): 7 [online] URL: http://www.ecologyandsociety.org/vol13/iss2/art7/
(12) Sarewitz, D. 2004. How science makes environmental controversies worse. *Environ. Sci. Policy,* 7: 385-403.
(13) Martín Cantarino, C. Environmental conflicts and conflict management: some lessons from the WADI experience at El Hondo Nature Park (SE Spain). En: Scapini, F.; Ciampi, G. (Eds.): *Coastal water bodies: nature and culture conflicts in the Mediterranean*. Pp.: 61-77. Springer, Dordrecht, 2010.
(14) Beder, S. Public participation or public relations? En: Martin, B. (Ed.): *Technology and Public participation*. Pp.: 169-192. University of Wollongong, Australia, 1999.

# La EIA en México: desarrollo conceptual y análisis procedimental desde la perspectiva de la Unión Europea

## *EIA in Mexico: Conceptual Development and Procedural Analysis from a Europe Union Perspective*

**J. C. OLIVO ESCUDERO**
**A. SASTRE MERLÍN**
**M. T. GARCÍA LÓPEZ**
Universidad de Alcalá

## Introducción

Se presenta un análisis de la evolución normativa sobre la EIA y de la investigación que se hace sobre la misma en México, desde la perspectiva de los modelos epistemológicos sobre el papel de la ciencia en la EIA, el objetivo sustantivo de la misma y su efectividad.

Se encontró en la investigación científica mexicana sobre la EIA una evolución lineal temporal desde el "modelo de ciencia analítica" hacia el "modelo de participación"; y por otra parte se encontró que muy poca literatura trata de propósitos substantivos. La evolución de la investigación sugiere que el siguiente paso en la EIA en México será el tomar una aproximación más integrada y en el contexto de una democracia deliberativa.

Se hace un análisis del marco jurídico de la EIA y se presenta un análisis conceptual de la EIA en las normas mexicanas. Se aporta una definición de EIA a partir del análisis conceptual del contexto jurídico mexicano y europeo.

Se hace una descripción del procedimiento de EIA mexicano establecido en el reglamento vigente en función de las etapas o subprocesos con los que según la doctrina internacional debería contar y sugiriendo algunas mejoras a implementar.

Se analiza someramente la etapa de seguimiento y vigilancia del proceso de EIA mexicano y los procedimientos de participación pública.

Se estudia la EIA de competencia de las entidades federativas en algunos Estados de la República Mexicana y de la situación en algunos municipios.

Finalmente se señalan algunas áreas de oportunidad en el sistema mexicano de EIA tanto en el ámbito federal como estatal y se apunta la necesidad impostergable de incluir la Evaluación Ambiental Estratégica en el marco jurídico mexicano.

## Objetivos

Analizar el sistema mexicano de EIA desde la perspectiva de la Unión Europea en un sentido epistemológico y conceptual de su investigación y práctica; y de su marco jurídico.

## Los antecedentes legislativos y de investigación

Para estudiar los antecedentes legislativos de la EIA en el ámbito mexicano nos tenemos que remontar hasta 1940 cuando se emite la primera regulación sobre contaminación industrial y sobre la conservación de la naturaleza, este enfoque de "lo ambiental" como un problema de salud derivado de la contaminación (industrial) se repite en la Ley de 1971, para posteriormente tomar un primer enfoque integral con la Ley de 1982 en la cual se menciona por primera vez la EIA (1). Sin embargo, es a partir de 1988 cuando surge la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente (LGEEPA) con una visión moderna de ley marco en la cual se incluía ya la EIA de manera más coherente (2). A pesar de que este marco jurídico se había complementado con la emisión del reglamento de 1988, vino a mejorarse sustancialmente con el Reglamento del año 2000. Los cambios entre la Ley de 1988 y 1996 y entre el reglamento de 1988 y el del 2000 se aprecian en las Tablas 1 y 2 respectivamente:

*Tabla 1. Cambios entre la Ley de 1988 y la de 1996 (elaboración propia)*

| |
|---|
| 1. El aumento de artículos y del listado, el cual solo aumenta la cantidad de proyectos si no en cuanto al enfoque de considerar una actividad de competencia federal en referencia a aquellas materias mencionadas en la Constitución como tales. |
| 2. Eliminación de la certificación de consultores para realizar EIA. |
| 3. La inclusión de la posibilidad facultativa de evaluar programas de ordenación territorial. |
| 4. La inclusión de un procedimiento abreviado. |
| 5. Explicita los motivos de negativa, plazos y mejora sustancial de los mecanismos de información y participación pública. |

*Tabla 2. Cambios resaltables entre el reglamento de 1988 y del año 2000 (elaboración propia)*

| |
|---|
| 1. La no obligatoriedad de seguir el instructivo oficial. |
| 2. Mejor determinación de actividades sujetas a EIA y excepciones. |
| 3. Mejor determinación de alcance al reducir las modalidades de los estudios de impacto ambiental de tres (específica, intermedia y general) a dos (particular y regional). |
| 4. Mejor determinación del contenido de las modalidades de las manifestaciones de impacto ambiental (MIA). |
| 5. Determinación del procedimiento abreviado (informe preventivo). |
| 6. Determinación de criterios para la resolución. |
| 7. Vinculación con el Ordenamiento Territorial (Ecológico). |
| 8. Posibilidad de requerir garantías o seguros. |
| 9. Mejora de mecanismos de participación social y acceso a la información. |

En México la EIA se constituye como un procedimiento para obtener una autorización diferente pero ligada a las autorizaciones de ocupación del territorio, de construcción y operación o funcionamiento que emiten los Ayuntamientos. Actualmente la EIA tiene fundamento en un sistema jurídico que va desde la Constitución hasta reglamentos y normas administrativas, así como en la legislación de las entidades federativas derivadas de una Ley General; en la cual se determina la concurrencia de competencias no de una manera muy clara, lo cual provoca que algunos proyectos puedan requerir el procedimiento de EIA ante la autoridad federal y estatal al mismo tiempo.

## La Investigación sobre la EIA en México

La investigación sobre EIA en el ámbito internacional se ha centrado en aspectos prácticos y procedimentales y no en la teoría ni en su objetivo último. A este respecto en la literatura internacional se han identificado modelos epistemológicos de como la EIA es percibida al influenciar el proceso de decisión (3): 1.- EIA como ciencia aplicada; y 2.- EIA como "ciencia cívica" o "transciencia".

En contraposición con los hallazgos de Cashmore (4), mediante una revisión de las investigaciones sobre la EIA en México, se encontró una evolución desde el "modelo de ciencia analítica" (5) hacia el "modelo de participación" (6); asimismo se encontró que pocos trabajos tratan de propósitos substantivos. La sustentabilidad como objetivo implícito ha estado presente desde 1982 y explícitamente desde el año 2000. Se ha desarrollado investigación empírica de prácticas y procedimientos, sin embargo se ha omitido el aspecto teórico y conceptual. En consecuencia se sugiere que en México se debe investigar a la EIA como promotora de los objetivos del desarrollo sostenible.

## Marco teórico conceptual de la EIA en México

En la historia de trabajos de investigación sobre EIA en México, existe una gran divergencia de lo que los autores mexicanos entienden por EIA, desde su comprensión como un reporte escrito, hasta un proceso vinculado con el quehacer científico y la toma de decisiones. En la definición de EIA en la LGEEPA encontramos tres elementos sustanciales que se refieren a:

1. Que es un procedimiento administrativo que establece condiciones para la realización de algún proyecto;
2. Los tipos de proyectos que estarán sujetas a este procedimiento; y
3. El fin u objetivo último de la EIA.

Se puede inferir una definición de EIA similar a la generalmente aceptada a partir de las ideas incluidas en la definición de la LGEEPA, sin embargo, dicha

definición podría quedar estipulada de una mejor manera directamente en la misma ley; para lo cual se propone la siguiente redacción:

*La evaluación de impacto ambiental es el procedimiento a través del cual la autoridad establece y da seguimiento a las condiciones a que se sujetará la realización de obras y actividades que causen impactos significativos a los elementos ambientales o a sus interacciones con el fin de verificar en qué medida el proyecto concuerda con el desarrollo sustentable y de evitar, reducir o en última instancia compensar los impactos. El procedimiento identificará, predecirá y evaluará de manera anticipada los impactos directos e indirectos sobre: el ser humano, la fauna y la flora; el suelo, el agua, el aire, el clima y el paisaje; los bienes materiales y el patrimonio cultural; la interacción entre los factores mencionados anteriormente.*

**Procedimiento de EIA Mexicano**

Al igual que en el ámbito español, el procedimiento mexicano contempla las mismas fases, con la diferencia de que hay algunas que son establecidas en el reglamento y por tanto se desarrollan de manera diferente o escueta:

**Cribado**

Definido por medio de listas positivas para las cuales es requerido la EIA. El reglamento especifica los rubros y establece casos de excepción.

**Determinación de alcance**

Ocurre sin la participación de la autoridad por estar definido en la Ley y el Reglamento; no existen consultas preliminares a otras autoridades o público para tal efecto. Dos modalidades de manifestaciones de impacto ambiental (MIA). Se han emitido 29 guías para la elaboración de MIA's para diferentes tipos de proyectos. Aunque no son de observancia obligatoria, y su calidad es muy mala, siguen siendo pieza importante en el procedimiento de EIA mexicano puesto que no existen manuales o tratados específicos para México sobre la EIA.

**Seguimiento y vigilancia**

De manera general se encuentra estipulada en la LGEEPA y su reglamento la obligación de los promotores de prevenir, minimizar o reparar los daños al ambiente y de que las MIA's contengan las medidas para tal efecto, sin embargo no se establece claramente el requerir que estas se integren y sistematicen en un programa de seguimiento y vigilancia ambiental. Por otra parte, se contempla el

requerir garantías cuando estén implicadas en el proyecto sustancias tóxicas o actividades altamente riesgosas, cuerpos de agua, especies en estatus de protección y espacios naturales protegidos

El autor de este trabajo apunta la necesidad de incluir la obligatoriedad de presentar programas de seguimiento y establecer los mecanismos jurídicos de seguimiento a semejanza de lo que se establece en España. Estos procedimientos de seguimiento y vigilancia en México también adolecen de rigor y transparencia. También se apunta que no existe referencia conceptual correcta en la LGEEPA a la compensación.

## La participación pública en la EIA

Este mecanismo contemplado por la legislación ha sido exigido paulatinamente por la sociedad civil, solo casos de proyectos socialmente conflictivos han sido sujetos a éste.

Existen deficiencias de este procedimiento en el sentido de que no es adecuada la forma de hacer del conocimiento público la pretensión de desarrollar un proyecto; en opinión del autor, si bien el sistema de acceso a la información y consulta ha tenido logros importantes, está lejos de ser el óptimo.

## La EIA en las Entidades Federativas

Cada Estado de la República ha desarrollado desde hace veinte años su propia legislación ambiental en las cuales está incluida la EIA:

a) En casi todos se determina un listado solo de 7 tipos de actividades; algunos estados no establecen un listado.
b) En todos se establece el acceso a la información; excepto en cuatro. Algunos exigen la publicación de un resumen de la MIA en periódicos.
c) Algunos no contemplan una diferenciación en niveles de profundidad y alcance de los estudios.
h) La mayoría establecen certificación de consultores, que demuestren su capacidad técnica para elaborar MIA's, excepto en Veracruz.

Cerca de una tercera parte (9) no han emitido el reglamento correspondiente, lo cual pone de manifiesto la carencia de un marco jurídico claro que promueva la eficiencia de la EIA en el ámbito de las Entidades Federativas.

La LGEEPA no faculta a los municipios para implantar sistemas de EIA para proyectos no reservados a la federación o a los estados, sino de participar en la EIA estatal cuando las mismas se realicen en su ámbito territorial. A pesar de esto algunos municipios del estado de Veracruz han implantado la EIA en su "ámbito de competencia", como Orizaba, Boca del Río, Coatepec y Veracruz.

## Conclusiones

La EIA en México tiene una historia de apenas 22 años en la legislación. La investigación sobre EIA en México se ha desarrollado como metodología en tesis académicas y se ha centrado en procedimientos y práctica. Hace falta investigación conceptual.

A pesar de que la LGEEPA menciona el objetivo de "propiciar el desarrollo sustentable", el concepto de EIA manejado en la misma estipula que su fin es "evitar o reducir al mínimo" los impactos ambiente negativos de los proyectos. En ese sentido la EIA debe evolucionar para tomar en cuenta el objetivo de promover el desarrollo sustentable.

Es necesaria una nueva definición de EIA en la legislación que contemple:

1) los elementos que deben de ser considerados en la evaluación (tal cual lo hace la definición de la legislación española); y
2) la integración del seguimiento y control de las medidas de mitigación y prevención dentro del mismo proceso.

Es necesario actualizar el marco conceptual de la EIA en las normas mexicanas para incluir también la evaluación ambiental de planes y programas.

Debe aportarse una mejor estipulación de responsabilidades y procesos en los que se relacione a las autoridades federales, estatales y municipales dentro del procedimiento de EIA y dejar de concebirla como una autorización independiente. Es interesante el caso de España en el cual la EIA se imbrica en el procedimiento de autorización del proyecto por la autoridad sustantiva.

Se sugiere la adecuación legislativa para incorporar las consultas preliminares para la determinación de alcance en el procedimiento mexicano. Aunque estas sí están consideradas, se efectúan en una etapa tardía en el procedimiento (antes de emitir la resolución).

La legislación y reglamento deben incluir la obligatoriedad de presentar los programas de seguimiento y vigilancia en las manifestaciones y establecer los mecanismos jurídicos de seguimiento a semejanza de los que se establece en el ámbito español.

El instrumento en el ámbito de las entidades federativas se encuentra desarrollado de manera heterogénea, al igual que en la situación española. Para todos los Estados se debe mejorar los procedimientos de información y participación pública. También es necesario que se busquen mejores mecanismos para asegurar la calidad de los estudios que no sean las certificaciones de consultorías.

México tiene un sustancial retraso legislativo en cuestión de EAE, en comparación con la comunidad internacional e incluso latinoamericana, sin embargo se ha usado la EIA para evaluar algunos planes de ordenación territorial y programas sectoriales en lo que pudiese ser considerado una proto-evaluación ambiental estratégica.

## Referencias bibliográficas

(1) Pisanty-Levy, J. 1993, Mexico's environmental assessment experience. *Environmental Impact Assessment Review*, 13: 267-272.
(2) García López, T. El principio "quien contamina paga" como orientador del derecho ambiental: especial atención al estado de la cuestión en el ordenamiento jurídico mexicano. Tesis Doctoral. Universidad de Alcalá, España, 334.
(3) Bartlett, R. et al., 1999, The theory of EIA: implicit models of policy making. *Policy and Politics*, 27, 4: 415-433.
(4) Cashmore, M. 2004. The role of science in environmental impact assessment: process and procedure versus purpose in the development of theory, *Environmental Impact Assessment Review*, 24 (4): 403-426.
(5) Bojórquez-Tapia, L. A. 1989. Methodology for the prediction of ecological impacts under the real conditions in Mexico. *Environmental Management,* 13: 545-551.
(6) Palerm, J. 2005. Needs and opportunities for SEA in Mexico: a view through the Arcediano dam case study. *Impact Assessment and Project Appraisal,* Vol. 23, num. 2: 125-134.

# Bloque II:

# Herramientas de apoyo a la EA: SIG, software...

# Desarrollo y aplicación de un sistema de soporte de decisiones (DSS) para la evaluación de alternativas de planificación en base al metabolismo urbano

## *Developing and Applying a Decision Support System (DSS) for Assessing Planning Alternatives Based on an Impact Assessment Model for Urban Metabolisme*

**A. GONZÁLEZ DEL CAMPO**
Trinity College Dublin, Irlanda

## Resumen

El análisis del metabolismo urbano o de los intercambios de materia y energía entre las áreas urbanas y el medio natural (como, por ejemplo, la emisión de contaminantes o los cambios en los flujos de energía y agua) está ganando interés en el campo de la evaluación ambiental. La orientación y materiales empleados en la construcción de edificios, transporte e infraestructura, así como la ubicación y extensión de las zonas verdes determinan en gran medida los intercambios entre ciudad y biosfera y, consecuentemente, la calidad ambiental de las mismas. La simulación de dichos intercambios permite una evaluación más detallada de las alternativas de planificación, ya que facilita la identificación de diseños urbanos que fomentan la sostenibilidad.

Esta comunicación describe el desarrollo y la aplicación de una metodología para la evaluación de alternativas de planificación basada en criterios del metabolismo urbano. La metodología se emplea a través de un sistema de soporte de decisiones (DSS), el cual hace uso de varios modelos matemáticos (para determinar la dispersión de contaminantes, flujos de energía, etc.) y presenta los resultados de forma espacial y gráfica a través de una plataforma de Sistemas de Información Geográfica. La metodología combina las consideraciones asociadas a la toma de decisiones con los principios de evaluación de impacto, promoviendo una evaluación participativa y sistemática de alternativas. La evaluación de impacto de las posibles intervenciones urbanas se basa en indicadores ambientales y socio-económicos. Para asegurar un proceso participativo, el DSS permite la priorización de dichos indicadores. La herramienta ha sido diseñada para mejorar el entendimiento de los aspectos clave y la difusión de información en los procesos de planificación y, consecuentemente, apoyar la toma de decisiones. En esta comunicación se evaluan críticamente los beneficios y las limitaciones de este enfoque en base a los resultados obtenidos durante su aplicación práctica en varias ciudades Europeas.

## Palabras clave

Evaluación de Impacto, Metabolismo Urbano, Sistemas de Soporte de Decisiones (DSS), Sistemas de Información Geográfica (SIG), Planificación Urbana, Europa.

## Introducción

La evaluación de impactos ambientales, sociales y económicos de las propuestas de planificación y desarrollo permite la pronta identificación y mitigación de posibles efectos negativos, así como la oportunidad de promover cambios positivos en el entorno urbano. Dichas evaluaciones contribuyen a informar los procesos de toma de decisiones y al desarrollo sostenible. La incorporación del análisis del metabolismo urbano (el cual examina los flujos e intercambios de materiales en sistemas urbanos) en los procesos de evaluación de impacto, puede proporcionar información adicional y valiosa sobre la calidad ambiental de las zonas urbanas. A través del análisis de los flujos de materiales asociados con diversos tipos y diseños de infraestructuras físicas se puede obtener información detallada (en términos, por ejemplo, de cantidad de desechos sólidos, tipología de contaminantes del agua y aire, o flujos de agua y energía) y, de este modo, facilitar la identificación de estructuras urbanas sostenibles. En base a esto, el proyecto FP7 BRIDGE (sustainaBle uRban plannIng Decision support accountinG for urban mEtabolism) ha desarrollado un sistema de soporte de decisiones (DSS) que sistemáticamente integra componentes del metabolismo urbano en los procesos de evaluación de impacto con el objetivo de cuantificar con precisión los efectos potenciales de las propuestas de planificación y así mejorar la calidad y cantidad de la información, apoyando los procesos de toma de decisiones. El DSS se encuentra en fase de testeo y se está aplicando actualmente en la evaluación de alternativas urbanas en cinco ciudades europeas (Atenas, Gliwice, Helsinki, Florencia y Londres). Los resultados preliminares del desarrollo y aplicación del DSS son examinados con el propósito de evaluar los beneficios y las limitaciones de este enfoque metodológico.

## Material y métodos: desarrollo del DSS

Los DSS permiten procesar grandes cantidades de información de manera sistemática con el fin de analizar, presentar y comparar alternativas de desarrollo urbano y, en última instancia, distinguir aquella que satisface los criterios de selección previamente establecidos [1]. La metodología del DSS desarrollada en BRIDGE se basa en los principios del proceso de la evaluación de impacto [2; 3], y ha sido diseñado para permitir la integración de conjuntos de datos espaciales y no espaciales, cualitativos y cuantitativos asociados con la planificación sostenible. De este modo, el DSS permite una evaluación sistemática de las alternativas bajo estudio, a través de la definición y el análisis de objetivos e indicadores ambientales y socio-económicos (como criterios de selección), definidos y ponderados durante los encuentros y talleres participativos llevados a cabo en el proyecto – en los cuales también se formularon las alternativas de desarrollo (Figura 1). Dichos indicadores son posteriormente medidos en campo o calculados a través de las simulaciones en modelos matemáticos avanzados. El

rendimiento de los indicadores y, por consiguiente, los resultados del DSS permiten evaluar el impacto de las alternativas en base a la sostenibilidad del metabolismo urbano y, de este modo, informar tanto la toma de decisiones como el proceso de formulación de medidas de mitigación para los impactos negativos que se hayan identificado.

*Figura 1. Estructura simplificada de la metodología aplicada en BRIDGE*

Para obtener una visión integral de la sostenibilidad de las alternativas evaluadas es indispensable la integración y evaluación de datos asociados a parámetros del metabolismo urbano (tales como la concentración de $PM_{10}$ en la atmósfera), junto con los cambios sociales y económicos propuestos o prioridades en cuanto a políticas de desarrollo. La integración de múltiples parámetros en el DSS se ha llevado a cabo mediante la técnica AHP (Analytical Hierarchical Process o proceso analítico de jerarquización). El AHP proporciona un marco racional para la estructuración de un problema de decisión al permitir descomponerlo en sub-problemas, cada uno de los cuales puede ser examinado de forma independiente [4].

En el proyecto BRIDGE, este método permite a los usuarios jerarquizar el problema mediante la definición de una meta genérica (ej. sostenibilidad urbana) que se ramifica en objetivos, indicadores y umbrales asociados (ej. objetivo: mejorar la calidad del aire, indicador: concentración de $PM_{10}$ $\mu g/m^3$ en la atmósfera, y umbral: la concentración de $PM_{10}$ no debe exceder 50 $\mu g/m^3$ por día). Posteriormente, el usuario determina la importancia relativa atribuida a cada uno de los parámetros en la jerarquización del problema (objetivos e indicadores). Los diversos parámetros de cada nivel jerárquico se comparan entre sí ponderándolos por pares (ej. se determina si es más importante mejorar la calidad del aire u optimizar el consumo de energía). La técnica AHP emplea cálculos matemáticos para convertir dicha ponderación comparativa y cualitativa en valores cuantitativos, comprobando automáticamente la consistencia de los resultados. Estos valores de importancia permiten priorizar los parámetros más críticos en el proceso de evaluación.

La evaluación de múltiples parámetros y, por consiguiente, el cálculo de cada parámetro o indicador deriva de la aplicación de una serie de herramientas de modelización que simulan los balances de energía y agua, y los flujos de contaminantes del aire para cada alternativa. La información ambiental y socio-económica adicional (no calculada dentro del proyecto por no disponer de datos o modelos relevantes) se incorpora a la evaluación mediante la inserción manual de valores específicos para los indicadores relevantes. Los indicadores representan la interfaz entre los objetivos de sostenibilidad establecidos por el usuario y los datos de campo o resultados de los modelos subyacentes; representan los pilares de la evaluación de alternativas. Los datos son analizados a través de Sistemas de Información Geográfica (SIG) facilitando la representación espacial y gráfica de los resultados.

## Resultados: aplicación del enfoque metodológico

La metodología está siendo aplicada actualmente en las cinco ciudades europeas mencionadas; los resultados completos de las evaluaciones aún no están disponibles. Debido a ello, esta comunicación únicamente examina los beneficios y limitaciones del enfoque metodológico observados durante la evaluación de alternativas en los estudios de caso de Londres y Helsinki – los cuales se encuentran en una etapa más avanzada en la aplicación de la metodología que las otras ciudades.

El enfoque metodológico aplicado es el mismo en ambos casos. Sin embargo, debido a que los objetivos de sostenibilidad así como las alternativas de planificación evaluadas son específicos para cada ciudad, los criterios de evaluación (indicadores) difieren de manera significativa. Los objetivos, indicadores y alternativas fueron definidos en dos talleres llevados a cabo con la participación de usuarios y partes interesadas en el proyecto en cada una de las ciudades [5]. Algunos de los objetivos e indicadores (ej. mejorar la calidad del aire midiendo la concentración de contaminantes) son aplicables a ambos contextos urbanos; mientras que otros (ej. optimizar el balance energético en los edificios en Helsinki o reducir el riesgo de inundaciones en Londres) son específicos a cada caso. Del mismo modo, la percepción de los participantes en relación a los valores relativos o de priorización de los objetivos e indicadores difiere entre las ciudades. En el caso de la calidad del aire, los participantes del taller de Helsinki dieron más importancia al indicador de emisiones de gases de efecto invernadero, mientras que en Londres destacó el índice de calidad del aire. En Helsinki se dio prioridad al número de nuevos residentes (en el área objeto de estudio) entre los indicadores asociados al uso del suelo, mientras que, por el contrario, en Londres se priorizó la extensión de áreas verdes. Estos ejemplos indican que la selección y priorización de los indicadores está sujeta al contexto de la evaluación (es decir, a las prioridades políticas que definen las alternativas de planificación propuestas).

La metodología se adaptó para que el DSS active los modelos pertinentes a los indicadores seleccionados y permita introducir manualmente la información

relativa a los indicadores que no pueden ser modelados. El DSS provee valores absolutos de los indicadores para cada alternativa de planificación considerada, junto con una serie de mapas que ilustran la distribución espacial de los valores de cada indicador (ej. la concentración de contaminantes en y alrededor del área de estudio). Además, el DSS calcula el índice de rendimiento total para cada alternativa. Éste se obtiene mediante la combinación de indicadores (valores absolutos calculados/medidos y sus correspondiente ponderación/priorización). La Figura 2 presenta una versión simplificada de los resultados del DSS en cada una de las dimensiones del ambiente físico examinadas (calidad del aire, balance del agua, consumo de energía y bienestar de la población). En el caso de los resultados preliminares para Helsinki, la alternativa 2 es más sostenible que la alternativa 1, particularmente en lo que respecta al consumo de energía. Los valores de los indicadores reflejan el incremento en la densidad de construcción (un mayor número de residentes con accesibilidad al transporte público) y la eficiencia energética de los edificios propuestos en la alternativa 2, así como la alta ponderación atribuida a este parámetro por las partes interesadas.

*Figura 2. Muestra de resultados del DSS (para las alternativas de planificación en Helsinki).*

## Beneficios y limitaciones de la metodología

La aplicación práctica de la metodología a través de la implementación del DSS en la evaluación de alternativas de desarrollo urbano en las ciudades objeto de estudio, revela una serie de beneficios y limitaciones. Entre las limitaciones destacan:

- ***Omisión de aspectos relevantes a la sostenibilidad urbana***. La evaluación de impacto ambiental requiere un análisis compresivo de la fauna, flora, población y salud, suelo, agua, aire, factores climáticos, bienes materiales, y el patrimonio cultural y paisajístico [2; 3]. Para obtener una visión completa de la sostenibilidad, se incorpora la dimensión socio-económica a través de

criterios de evaluación adicionales, tales como el bienestar de la población o el coste del proyecto propuesto. El metabolismo urbano aborda los residuos, la contaminación del agua y el aire, y los balances de agua y energía entre otros. La combinación e integración de todos estos parámetros en el DSS facilita un enfoque integral en la evaluación de la sostenibilidad urbana. En BRIDGE la sostenibilidad urbana se analiza dentro de un conjunto de límites determinados por el alcance del proyecto: los flujos de carbono y contaminantes atmosféricos, y los balances de agua y energía. El alcance del proyecto y la falta de modelos y datos específicos adicionales, restringe la evaluación detallada de algunos aspectos identificados como relevantes en los estudios de caso (como la movilidad y el bienestar identificados durante los talleres de Helsinki y Londres, o la biodiversidad y el paisaje, requeridos por la legislación Europea de evaluación de impacto).

- ***Definición y ponderación parcial de indicadores***. Los objetivos e indicadores, y su importancia relativa o ponderación, se basan en las opiniones del número limitado de expertos que participaron en los talleres llevados a cabo en las ciudades correspondientes. Por lo tanto, los resultados están influenciados por la percepción y experiencia de los participantes y son específicos a cada ciudad (ej. a pesar de que mejorar la calidad del aire es un objetivo tanto en Helsinki como en Londres, los indicadores de $NO_X$ y $PM_{10}$ se consideraron de suma importancia en la agenda política Londinense).
- ***Escalas e incertidumbres asociadas a los modelos.*** Los modelos numéricos aplicados en el DSS examinan en detalle la calidad del aire, la meteorología, la turbulencia, los intercambios de energía y la hidrología. Estos modelos han sido calibrados con mediciones de campo en cada ciudad. BRIDGE cuenta con una serie de modelos y métodos de simulación para cada uno de los aspectos arriba citados, permitiendo cubrir diversas escalas espaciales y temporales (ej. variaciones a nivel local o regional, y anuales o diarias). La variedad de escalas exige aproximaciones diferentes en la parametrización de los modelos [6], lo cual conlleva a diferentes resultados e incertidumbres, que potencialmente pueden poner en peligro la validez del DSS. La evaluación de la calidad de los resultados es un requisito científico y político en la aplicación de modelos [7]. Reconocer incertidumbres contribuye a la transparencia del proceso de análisis y a una mayor fiabilidad en los resultados del DSS. La estimación de incertidumbres y su comunicación están siendo actualmente abordadas en el proyecto.

A pesar de las limitaciones arriba indicadas, el desarrollo del DSS se ha llevado a cabo para solventar algunas de estas limitaciones y su aplicación ha demostrado una serie de beneficios en la evaluación de impacto de alternativas, entre los cuales destacan:

- ***Flexibilidad a la hora de integrar nuevos aspectos/parámetros y adaptabilidad a contextos***. Si el desarrollo del DSS se basara únicamente en las prioridades identificadas en los talleres, su aplicabilidad a

otros contextos urbanos y políticos sería limitada. Para facilitar su adaptabilidad y utilidad, el DSS ha sido desarrollado para permitir la incorporación de objetivos e indicadores adicionales y sus respectivas ponderaciones, siempre y cuando éstos sean relevantes y la información esté disponible. De este modo, el DSS permite la adaptación a prioridades de desarrollo y requisitos de evaluación. Es más, la flexibilidad en la integración de datos espaciales y definición de escalas de análisis facilita su uso a nivel regional y/o local.

- ***Integración de modelos espaciales de alta precisión y resultados que apoyan la toma de decisiones***. Los resultados del DSS se basan en modelos matemáticos y mediciones de campo, proporcionando datos científicos, objetivos y detallados como apoyo al análisis y a la toma de decisiones. Los resultados del DSS se presentan en una gran variedad de formatos para cada una de las alternativas (Figura 2), incluyendo: a) mapas SIG ilustrando la distribución espacial de indicadores; b) valores absolutos (máximos o medios) de indicadores; d) diagrama que combina los resultados de los indicadores para cada objetivo o criterio de análisis, y e) índice de sostenibilidad o rendimiento para cada alternativa. Este conjunto de resultados tiene por objeto facilitar su comunicación, ofreciendo formatos de presentación de datos adaptables al entendimiento de los usuarios. La provisión de dicha variedad de formatos tiene como premisa 'a más información mayor conocimiento' a la hora de tomar una decisión.
- ***Incorporación de prioridades y percepciones públicas***. A pesar de que en el caso de BRIDGE, los valores de ponderación se basan en gran medida en la experiencia profesional y la percepción personal de un pequeño grupo de profesionales, la metodología fomenta un proceso participativo. Idealmente, la incorporación de valores subjetivos en la evaluación debería representar un consenso entre las partes afectadas/interesadas. En cualquier caso, el DSS permite alterar/cambiar la ponderación de los criterios de análisis y, de este modo, evaluar el efecto que la priorización de objetivos e indicadores tiene sobre los resultados finales (es decir, sobre el rendimiento o sostenibilidad de cada alternativa analizada).

## Conclusión

El DSS desarrollado y aplicado en BRIDGE combina los principios de toma de decisiones con los de evaluación de impacto para promover un análisis participativo, sistemático y coherente de la sostenibilidad de las alternativas de desarrollo urbano. A pesar de las limitaciones observadas, la herramienta permite examinar los efectos sobre el metabolismo urbano y, además, proporciona una visión compuesta, científica y social, de la importancia relativa de los parámetros de análisis. De este modo, el DSS presenta un enfoque más completo para la evaluación de la sostenibilidad de alternativas y, en última instancia, para la planificación urbana.

*Esta comunicación es el resultado de un proyecto de investigación financiado por el Séptimo Programa Marco de la Comunidad Europea (FP7/2007-2013); suvención 211.345 (Proyecto BRIDGE). Para más información, consulte www.bridge-fp7.eu.*

## Referencias bibliográficas

(1) Carsjens, G. J. and Ligtenberg, A. 2007, A GIS-based support tool for sustainable spatial planning in metropolitan areas. *Landscape Urban Plan*, 80: 72-83.
(2) CEC, 1997, Directive 97/11/EC, of 3rd March, amending Directive 85/337/EEC on the Assessment of the Effects of Certain Public and Private Projects on the Environment. *Official Journal of the European Union*. L0011, 3.1997.
(3) CEC, 2001, Directive 2001/42/EC, of 27th June, on the Assessment of the Effects of Certain Plans and Programmes on the Environment, Luxemburg. *Official Journal of the European Union*. L 197/30, 21.7.2001.
(4) Saaty, T. L. 1980. The Analytic Hierarchy Process. New York: McGraw-Hill.
(5) González, A., Donnelly, A., Jones, M., Klostermann, J., Groot, A and Breil, M. In press, Community of practice approach to developing urban sustainability indicators. *Journal of Environmental Assessment Policy and Management*.
(6) San José, R. and Pérez, J. L. 2009. Model selection report. Document deliverable D.4.1. Sustainable Urban Planning Decision Support Accounting for urban Metabolism, EU Seventh Framework Programme. www.bridge-fp7.eu.
(7) Borrego, C., Monteiro, A., Ferreira, J., Miranda, A., Costa, A. M., Carvalho, A. C., Lopes, M. 2008. Modelling uncertainty estimation procedures for air quality assessment. *International Environmental Journal,* 34(5): 613-620.

# Herramienta basada en SIG para la evaluación ambiental de infraestructuras de transporte

## *Environmental Assessment GIA-tools for Transport Infraestructures*

**E. PÉREZ ORTEGA**
**I. OTERO PASTOR**
TRANSyT-Universidad Politécnica de Madrid, Madrid

**Resumen**

La comunicación presenta una herramienta, basada en el uso de Sistemas de Información Geográfica (SIG), que permite evaluar el impacto ambiental causado por infraestructuras lineales de transporte. Permite crear todas las combinaciones posibles de las distintas alternativas que se deseen considerar, ya sea para analizar diferentes alternativas de trazado de nuevas infraestructuras o para la comparación entre varios corredores y así poder determinar cuáles son los que menor impacto ambiental provocan. La herramienta realiza los cálculos de una forma cómoda, sin necesidad de repetirlos una y otra vez de forma manual, lo que permite comparar alternativas y evaluar combinaciones de ellas.

La herramienta evalúa las variables territoriales más afectadas por las infraestructuras lineales de transporte. Por un lado, analiza la fragmentación de hábitats, que ocasiona una pérdida de conectividad y de la biodiversidad presente en el territorio y por otro cualquier variable territorial que permita valorar la calidad del territorio, como puede ser el paisaje, la naturalidad de los usos del suelo o la riqueza en especies.

En este trabajo, se ha aplicado la herramienta en 4 corredores de carreteras que permitían completar el mallado de la red de alta capacidad. Para cada una de todas las combinaciones posibles se calcula el valor de la pérdida de conectividad entre hábitats (visión ecológica) y de la afección al paisaje (visión antrópica).

**Palabras clave**

Impacto, infraestructuras transporte, SIG, comparación alternativas.

## Introducción

El incremento en el uso de los sistemas de transporte ha ido acompañado de un incremento de la sensibilidad por los impactos que éste provoca (1). Las autoridades son conscientes de estos problemas y se necesitan herramientas que midan los impactos que provocan (2).

Los aspectos ambientales territoriales más afectados por la presencia de infraestructuras de transporte son: la fragmentación de hábitats, que ocasiona una pérdida de conectividad y de la biodiversidad y la afección al paisaje.

Las infraestructuras de transporte afectan a un gran número de procesos ecológicos, pero sobretodo se caracterizan por dividir ecosistemas provocando una pérdida de hábitat y un aumento de la fragmentación de ellos (3).

Las infraestructuras de transporte actúan como barreras o filtros para algunos movimientos de materia y energía (4) y, por tanto, alteran las entradas y salidas de los recursos físicos de un hábitat. La fragmentación puede ser entendida como una pérdida de conectividad. La conectividad es un elemento fundamental en la estructura del paisaje (5), ya que permite los flujos de energía y materia claves en el funcionamiento de los ecosistemas entre ellos, los movimientos migratorios y dispersivos, la polinización y los flujos de nutrientes.

Por otro lado, el paisaje resulta de la combinación de la mayoría de los atributos presentes en el medio natural, tales como la orografía, la vegetación, el agua, la fauna, etc. siendo la manifestación externa de los procesos que tienen lugar en el territorio, lo que significa una fuente de información que el hombre interpreta, analiza y experimenta (6).

Una vez establecidas las variables a tener en cuenta en la evaluación de los efectos de las infraestructuras a nivel de planificación, se plantea la necesidad de encontrar una herramienta capaz de manejar la gran cantidad de información necesaria. Los Sistemas de Información Geográfica son las herramientas informáticas capaces de realizar esta labor gracias a su capacidad para analizar datos espaciales y la información cuantitativa y cualitativa asociada. El proceso de superposición y la capacidad de manejo de bases de datos confieren la posibilidad de establecer relaciones entre las variables de entrada, siendo el valor asignado para cada localización una función de los valores en esa misma localización de las variables de partida (7).

El objetivo de una herramienta implementada en SIG es facilitar la integración de la capacidad de modelización, del manejo de grandes bases de datos, el procesado de una gran cantidad de información y de la capacidad de visualización gráfica con el conocimiento en la planificación territorial y ambiental y la toma de decisiones (8).

## Material y métodos

En primer lugar se describe la metodología seguida en la evaluación de la pérdida de conectividad y de la afección al paisaje y a continuación como la herramienta SIG calcula dichos impactos.

### Pérdida de conectividad

Con el objetivo de poder ofrecer un valor de conectividad a cada celdilla de hábitat del territorio, se ha utilizado un índice de conectividad (CI) (9) que es in-

versamente proporcional a las distancias de coste de desplazamiento que existen entre cada origen y sus destinos. Se consideran orígenes todas las celdillas que pertenecen a un hábitat, para cada uno de estos orígenes, sus destinos son todas las celdillas que pertenecen a su misma clase.

La expresión del índice de conectividad es la siguiente:

$$CI_i = \frac{\sum_{j=1}^{n} \frac{A_j}{C_{i,j}}}{2\pi C_{max}}$$

Donde: *CIi* es el valor del índice de conectividad para el origen *i*; Aj es el área de cada uno de los n destinos *j* que pertenece a la misma clase de hábitat que el origen *i*; *Ci,j* es el coste al desplazamiento y *Cmax* es la distancia de coste de desplazamiento máxima establecida entre el origen y todos sus destinos.

El índice de conectividad es una función de la distancia de coste de desplazamiento. Se trata de una búsqueda del camino que comunica las zonas seleccionadas con un coste acumulado menor. Para calcular esta distancia es necesario establecer la resistencia que opone el paisaje a dicho movimiento en función de las características de los elementos del mismo, que se traduce en un mapa de fricción o impedancia.

## Afección al paisaje

La metodología se basa en determinar la superficie afectada por las nuevas infraestructuras planeadas, mediante la determinación de una zona de influencia (10) y ponderada por el valor asignado (10) a la calidad del paisaje existente.

Para la aplicación de la metodología presentada se requiere disponer de un mapa que valore cuantitativamente la calidad del paisaje y la red de infraestructuras que se desea evaluar.

## Herramienta SIG

La herramienta se ha desarrollado utilizando los Sistemas de Información Geográfica: ArcInfo Workstation y ArcGis Desktop. Se ha programado todo el proceso necesario para el cálculo de los indicadores de las variables que se han considerado. En (11) se detalla el proceso de cálculo y las características de la información necesaria. La herramienta consta de las siguientes partes:

*Generador de escenarios*

Va a permitir obtener todas las combinaciones de alternativas consideradas, creándose de esta forma todos los escenarios a estudiar.

El input es una capa de las infraestructuras a analizar y el output es una capa para cada escenario y una tabla donde se escribirá el valor del impacto en cada una de las variables territoriales analizadas para cada escenario.

*Cálculo de la pérdida de conectividad*

Permite el cálculo de pérdida de conectividad del territorio que conlleva la construcción de nuevas infraestructuras de transporte. Introduce las vías como barreras que dificultan la conectividad y se crea el mapa que representa la resistencia del territorio a la conectividad, para calcular a continuación el indicador CI. El módulo utiliza como base la herramienta *fragtuls* (12).

Es necesario aportar las vías a estudiar; el valor de la dificultad de "atravesar" cada tipo de vía y los ecosistemas de los que se quiere estudiar su conectividad.

*Cálculo de la afección al paisaje*

Para el cálculo del impacto que las infraestructuras pueden causar en el paisaje se permite la aplicación de tres alternativas: 1º. El impacto disminuye según nos alejamos de la infraestructura; 2º. La infraestructura afectará a una zona de influencia y 3º. El impacto se evalúa como metros lineales de infraestructura que causan el impacto. En todas ellas se combina la información de calidad del paisaje con las infraestructuras a evaluar.

Es necesario aportar un mapa de calidad del paisaje, las infraestructuras lineales y el tipo de afección elegida, indicando la distancia de afección en el caso de ser necesario.

## Aplicación a un caso de estudio

Con el fin de comprobar la utilidad del sistema experto, se han considerado varios corredores de autovías propuestas en el Plan Estratégico de Infraestructuras y Transporte (13), para analizar el efecto provocado por la realización de las mismas (Figura 1).

Se ha considerado un escenario "de referencia" que consiste en la no realización del Plan, respecto del cual analiza el impacto provocado. La herramienta crea todas las combinaciones posibles de los corredores seleccionados, los cuales serán los escenarios reales de análisis. El número total de combinaciones es de 16.

El análisis de varios corredores permite evaluar cuál de ellos provoca un menor impacto frente al resto lo que permite definir un orden de prioridad a la hora de llevar a cabo las diferentes actuaciones.

## Pérdida de conectividad

Se ha considerado que los orígenes y los destinos son los hábitats existentes en la península. Se ha partido del mapa de hábitats del Ministerio de Medio Ambiente (14), elaborado a partir de la Directiva 92/43/CEE.

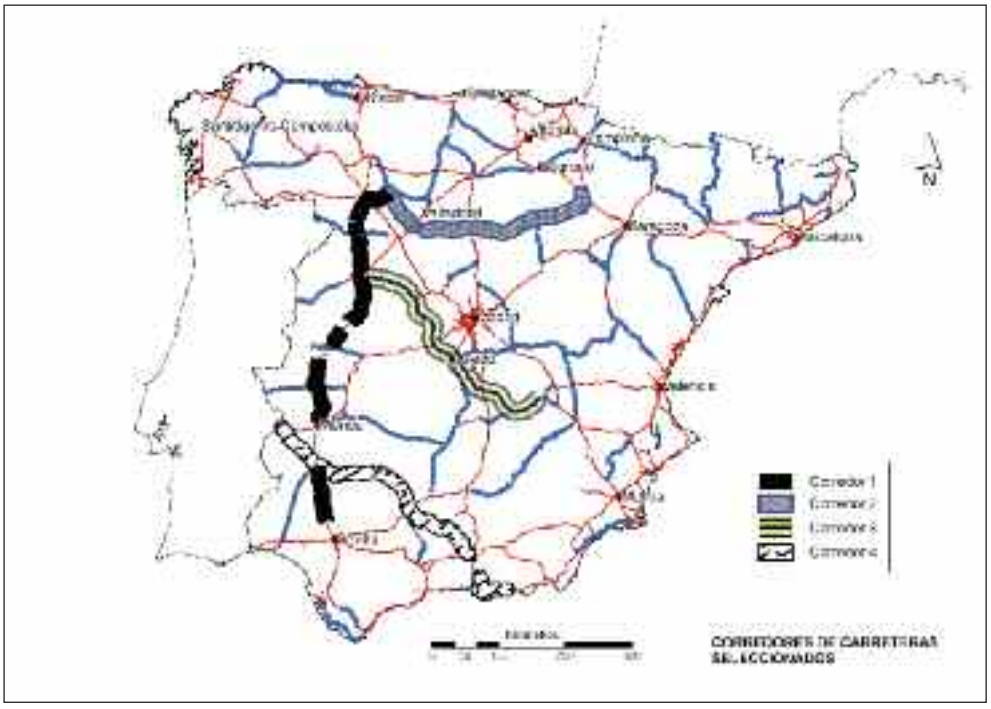



*Figura 1. Corredores seleccionados*

Para la creación del mapa de resistencia se ha asignando un valor de impedancia o resistencia del territorio a cada uno de los elementos que lo conforman (15), incluidas las autovías a evaluar.

### Afección a la calidad del paisaje

Se ha utilizado el Mapa de Calidad del Paisaje de (6). Este mapa tiene como base el "Atlas de los Paisajes de España" de (16) que diferencia 24 grandes grupos o asociaciones de paisajes para la Península Ibérica y Baleares.

Se ha considerado un ancho de afección de las infraestructuras de 5.000 metros y se supone que se pierden todas las características que definen el paisaje.

## Resultados

La aplicación de la herramienta permite evaluar el impacto provocado por cada una de las combinaciones posibles. A continuación se muestran los resultados obtenidos:

## Pérdida de conectividad en los hábitats

El escenario que mayor impacto provoca es el formado por el corredor 1, tanto en porcentaje respecto del escenario "cero" como por km (Tabla 1), muy por encima del resto.

*Tabla 1. Pérdida de conectividad en escenarios formados por un corredor*

| Nombre | Corredores | Longitud (km) | Valor indicador | Valor/ km | Pérdida (%) | Orden Pérdida | Orden Valor/km |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| esc_1 | 0001 | 469,6 | 7.857.950 | 597,0 | 3,44 | 1 | 1 |
| esc_2 | 0002 | 333,0 | 8.079.475 | 176,6 | 0,72 | 4 | 3 |
| esc_3 | 0003 | 420,2 | 8.064.673 | 175,2 | 0,90 | 3 | 4 |
| esc_4 | 0004 | 465,2 | 8.030.852 | 231,0 | 1,32 | 2 | 2 |

En el caso de los escenarios formados por combinaciones de 2 o 3 corredores, se observa como algunas combinaciones causan más impacto que otras combinaciones con corredores más impactantes de forma independiente, debido a que la pérdida de conectividad no se limita a la zona ocupada por la infraestructura y pueden producirse sinergias. El escenario menos impactante es el 8 (corredores 2 y 3), tanto en porcentaje respecto del escenario "cero" como por kilómetro (Tabla 2). En el caso de considerar tres corredores, la pérdida de conectividad provocada por ellos es muy similar, excepto en el caso del escenario 14, que es el menos impactante (Tabla 2).

*Tabla 2. Pérdida de conectividad en escenarios formados por dos o tres corredores*

| Nombre | Corredores | Longitud (km) | Valor indicador | Valor/ km | Pérdida (%) | Orden Pérdida | Orden Valor/km |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| esc_5 | 0012 | 802,6 | 7.800.910 | 420,4 | 4,15 | 1 | 1 |
| esc_6 | 0013 | 889,8 | 7,814400 | 364,0 | 3,98 | 3 | 2 |
| esc_7 | 0014 | 934,8 | 7.803.520 | 358,1 | 4,11 | 2 | 3 |
| esc_8 | 0023 | 753,2 | 8.006.202 | 175,4 | 1,62 | 6 | 6 |
| esc_9 | 0024 | 798,2 | 7.972.030 | 208,3 | 2,04 | 5 | 4 |
| esc_10 | 0034 | 885,4 | 7.957.230 | 204,5 | 2,22 | 4 | 5 |
| | | | | | | | |
| esc_11 | 0123 | 1.222,8 | 7.757.720 | 311,2 | 4,68 | 2 | 1 |
| esc_12 | 0124 | 1.267,8 | 7.746.490 | 309,0 | 4,81 | 1 | 2 |
| esc_13 | 0134 | 1.355,0 | 7.759.990 | 279,2 | 4,65 | 3 | 3 |
| esc_14 | 0234 | 1.218,4 | 7.898.770 | 196,6 | 2,94 | 4 | 4 |

### Afección a la calidad del paisaje

Al igual que en el caso de la pérdida de conectividad, el escenario que mayor impacto provoca es el formado por el corredor 1.

*Tabla 3. Afección a la calidad del paisaje en escenarios formados por un corredor*

| Nombre | Corredores | Longitud (km) | Valor indicador | Valor/ km | Pérdida (%) | Orden Pérdida | Orden Valor/km |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| esc_1 | 0001 | 469,6 | 23.504.300 | 50.052 | 0,964 | 1 | 1 |
| esc_2 | 0002 | 333,0 | 11.941.500 | 35.860 | 0,490 | 4 | 3 |
| esc_3 | 0003 | 420,2 | 13.740.100 | 32.699 | 0,564 | 3 | 4 |
| esc_4 | 0004 | 465,2 | 18.538.000 | 39.850 | 0,761 | 2 | 2 |

En el caso de los escenarios formados por dos o tres corredores, el impacto provocado por la unión de dos o más corredores resulta igual a la suma del impacto causado por cada uno de ellos por separado. Esto se puede apreciar en la tabla 4, resultando el escenario 7, formado por los corredores 1 y 4, el más perjudicial. Si el impacto se analiza por km lineal de infraestructura, el escenario 7 sigue siendo el más impactante pero el orden de los otros escenarios se ve alterado. También se puede destacar que el impacto del escenario 14 (formado por los corredores 2, 3 y 4) es poco mayor al provocado por el escenario 7.

## Discusión y conclusiones

*Tabla 4. Afección a la calidad del paisaje en escenarios formados por dos o tres corredores*

| Nombre | Corredores | Longitud (km) | Valor indicador | Valor/ km | Pérdida (%) | Orden Pérdida | Orden Valor/km |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| esc_5 | 0012 | 802,6 | 35.231.700 | 43.897 | 1,445 | 3 | 2 |
| esc_6 | 0013 | 889,8 | 37.166.300 | 41.769 | 1,525 | 2 | 3 |
| esc_7 | 0014 | 934,8 | 41.878.800 | 44.800 | 1,718 | 1 | 1 |
| esc_8 | 0023 | 753,2 | 25.681.700 | 34.097 | 1,054 | 6 | 6 |
| esc_9 | 0024 | 798,2 | 30.479.600 | 38.185 | 1,250 | 5 | 4 |
| esc_10 | 0034 | 885,4 | 32.278.000 | 36.456 | 1,324 | 4 | 5 |
| | | | | | | | |
| esc_11 | 0123 | 1.222,8 | 48.893.700 | 39.985 | 2,006 | 3 | 3 |
| esc_12 | 0124 | 1.267,8 | 53.606.200 | 42.283 | 2,199 | 2 | |
| esc_13 | 0134 | 1.355,0 | 55.540.800 | 40.990 | 2,279 | 1 | 2 |
| esc_14 | 0234 | 1.218,4 | 44.219.600 | 36.293 | 1,814 | 4 | 4 |

La herramienta SIG presentada permite evaluar el impacto territorial (fragmentación y afección al paisaje) de forma sencilla y automática y puede ser utilizada en el proceso de Evaluación Ambiental Estratégica ya que permite comparar el impacto provocado por numerosas alternativas, lo que facilita la toma de decisiones al establecer un orden de prioridad.

Se ha comprobado que existen variables que únicamente evalúan el impacto directo de una determinada infraestructura (afección al paisaje). Sin embargo, otras (pérdida de conectividad) evalúan posibles sinergias que se pueden producir por la existencia de otras infraestructuras.

Es necesario perfeccionar la herramienta para que resulte más flexible, disminuyendo las condiciones que ha de cumplir la información de partida, dentro de las limitaciones propias de los SIG.

## Agradecimientos

Esta ponencia se basa en los resultados obtenidos en el proyecto de investigación TRA2007-63564, financiado por la CICYT.

## Referencias bibliográficas

(1) Hine, J. P. 1999. Roads, regulation and road user behaviour. *Journal of Transport Geography,* 6(2): 143-158.

(2) Abaza, H., Baranzini, A. 2002. Implementing Sustainable Development. Integrated Assessment and Participatory Decision-Making Processes. UNEP - Edward Elgar. Cheltenham y Northampton.

(3) McGarigal, K., Romme, W. H.; Crist, M., Roworth, E. 2001. Cumulative effects of roads and logging on landscape structure in the San Juan Mountains, Colorado (USA). *Landscape Ecology,* 16: 327-349.

(4) Forman, R. T., Alexander, L. E. 1998. Roads and their major ecological effects. *Annual Review Ecological System*, 29: 207-231.

(5) Taylor, P. D., Fahrig, L., Henein, K., Merriam, G. 1993. Connectivity is a vital element of landscape structure. *Oikos*, 68: 571-573.

(6) Otero, I., Mancebo, S., Ortega, E., Casermeiro, M. A. 2007. Mapping landscape quality in Spain. *M+A. Revista Electrónic@ de Medioambiente*, 4: 18-34.

(7) Tomlin, C. D. 1990. Geographical Information Systems and Cartographic Modeling. Prentice-Hall, Englewood Cliffs. New Jersey.

(8) Sikder, I. U. 2009. Knowledge-based spatial decision support systems: An assessment of environmental adaptability of crops. *Expert Systems with Applications*, 36: 5.341-5.347.

(9) Mancebo S., Martín, B., Casermeiro M. A., Otero, I. 2010. A model for assessing habitat fragmentation caused by new infrastructures in extensive territories. Evaluation of the impact of the Spanish infrastructure and transport plan. *Journal of Environmental Management,* 91: 1.087-1.096.

(10) Geneletti, D. 2006. Some common shortcomings in the treatment of impacts of linear infrastructures on natural habitat. *Environmental Impact Assessment Review,* 26: 257-267.

(11) Ortega, E. 2009. Diseño de un sistema experto implementado en SIG para la evaluación ambiental, social y económica de planes de infraestructuras. Tesis Doctoral, Universidad Politécnica de Madrid, Madrid.
(12) Mancebo Quintana, S. 2007. Fragtuls. Conjunto de herramientas especializadas para cálculos de fragmentación de hábitats usando. [online URL: http://topografia.montes.upm.es].
(13) Ministerio de Fomento. 2005. PEIT: Plan Estratégico de Infraestructuras y Transporte 2005-2020. Secretaría General Técnica, Madrid.
(14) DGBIO 1995. *Mapa de Hábitats versión de octubre de 2005*. Dirección General de la Biodiversidad. Ministerio de Medio Ambiente. Madrid.
(15) Martín, B., Ortega, E., Mancebo, S., Otero, I. 2008. Fragmentación de los hábitats de la Red Natura 2000 afectados por el PEIT. *GeoFocus,* 8: 44-60.
(16) Mata, R., Sanz, C. 2003. *Atlas de los paisajes de España*. Ministerio de Medio Ambiente. Madrid.

# Aplicación de técnicas difusas a la evaluación de impacto ambiental de vertederos

*Fuzzy Logic Implementation for Environmental Diagnosis for Landfills*

**E. GARRIDO VERGARA**
**I. REQUENA RAMOS**
**M. ZAMORANO TORO**
Universidad de Granada, Granada

## Introducción

Investigadores del Departamento de Ingeniería Civil de la Universidad de Granada desarrollaron una Metodología de Evaluación del Impacto Ambiental de vertederos (EVIAVE), denominada de aquí en adelante metodología *crisp,* que cuantificaba los impactos de los vertederos municipales, teniendo en cuenta las características del área donde se localizan así como la masa de vertido. No hay que olvidar que los vertederos son el método más económico de disposición de residuos, pero a su vez son la mayor causa de impactos sobre el medio ambiente y sobre la salud [1, 2].

Esta metodología ha sido aplicada a más de cincuenta vertederos de España, Chile y Venezuela [3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10]. La base metodológica ha sido la Directiva 31/1999 y sus resultados han sido formulados por una serie de índices que cuantifican el impacto ambiental, son los siguientes: el índice de interacción Medio-Vertedero (IMV), el índice de riesgo ambiental para cada elemento del medio ($IRA_i$), la probabilidad de contaminación para cada elemento del medio ($Pbc_j$) y finalmente el Valor Ambiental ($VA_i$) para cada elemento del medio.

Con el fin de subsanar los puntos débiles detectados en la metodología *crisp*, y que están relacionados con el uso de información numérica y no numérica, se aplicaron técnicas difusas con las ventajas que ésta aporta. Este desarrollo fue llevado a cabo por investigadores del Departamento de Ciencias de la Computación e Inteligencia Artificial de la Universidad de Granada, creando así una **Metodología Difusa para la Evaluación del Impacto Ambiental de Vertederos** en un software para su aplicación. Este software, así como su manual de uso, están disponibles en la web http://arai.ugr.es/~eiadifusa/

## Material y métodos

### Punto de partida: metodología *crisp*

La metodología *crisp* usa información de entrada, a partir de las variables de vertederos y los descriptores ambientales, a las que les asigna una etiqueta y un

valor de acuerdo a unos datos predefinidos. Con esta información de entrada se calculan unos índices intermedios, el índice de riesgo ambiental para cada elemento del medio ($IRA_i$), la probabilidad de contaminación para cada elemento del medio ($Pbc_j$) y finalmente el Valor Ambiental ($VA_i$) para cada elemento del medio, así como un índice de valoración final que evaluará el impacto ambiental generado por los vertederos objeto de estudio (IMV). Estos índices se muestran en la Tabla 1 [3, 4, 5, 6, 7, 9].

*Tabla 1. Índices de la metodología* crisp

| Nombre | | Rango | Ecuación |
|---|---|---|---|
| $IRC_j$ | | [1-10] | $C_j \times P_j$ (eq. 1) |
| $Pbc_i$ | | [0-1] | $Pbc_i = \frac{\sum_{j=1}^{j=n} IRC_j - \sum_{j=1}^{j=n} IRC_{j\,\min}}{\sum_{j=1}^{j=n} IRC_{j\,\max} - \sum_{j=1}^{j=n} IRC_{j\,\min}}$ (eq. 2) |
| $Pbc_{i\text{-}o}$ | | [0-1] | |
| $Pbc_{i\text{-}u}$ | | [0-1] | |
| $Va_i$ | Aguas superficiales | [1-5] | $Va_{aguas\,sup} = \frac{A_1 + A_2 + A_3}{3}$ (eq. 3) |
| | Aguas subterráneas | | $Va_{aguas\,sub} = \frac{B_1 + B_2}{2}$ (eq. 4) |
| | Atmósfera | | $Va_{atmosfera} = C1$ (eq. 5) |
| | Suelo | | $Va_{suelo} = \frac{D_1 + D_2 + D_3}{3}$ (eq. 6) |
| $IRA_i$ | | [0-5] | $IRA_i = Pbc_i \times Va_i$ (eq. 7) |
| IMV | | [0-25] | $IMV = \sum_{i=1}^{i=5} IRA_i$ (eq. 8) |

Esta metodología puede ser usada de varias formas [5]: como una herramienta de estudio de la capacidad de los puntos de vertido y de monitorización de sus operaciones, así como para la aplicación en proyectos de clausura, sellado, acondicionamiento y reinserción de los puntos de vertido al medio.

## Puntos débiles de la metodología *crisp*

La clasificación de las variables y descriptores ambientales está basada en directrices que se han intentado definir con la menor subjetividad posible pero pueden existir dudas en su clasificación según el experto que aplique la metodología *crisp*. Por ejemplo, la variable *Tipo de Residuos* no concreta la cantidad exacta de materia orgánica, residuos inertes o residuos peligrosos sino que deja la elección a la evaluación del experto.

Las variables y descriptores ambientales basan su clasificación en intervalos numéricos que no permiten la asignación de valores de manera continua, perdiendo de este modo información. Por ejemplo, en la variable *Edad del vertedero*, uno de 5 años y otro de 9 años, tendrán la condición de "vertedero joven"; aunque el segundo sea de mayor edad tendrá menor afección ambiental que el primero. Igual ocurre con el resto de las variables y descriptores, lo que afectará acumulativamente sobre el IMV.

En algunos casos no se dispone de información suficiente para hacer una clasificación adecuada de variables y descriptores ambientales, así que finalmente será el experto, según sus conocimientos y lo observado durante la visita, el que decidirá la etiqueta a asignar. La metodología no refleja esta incertidumbre.

La interpretación de los diferentes índices ambientales se hace en base a unos intervalos o escalas de afección que dan lugar a una pérdida de información. Un vertedero con un ÍMV 10 tendrá asignada una etiqueta definida como *Media*, igual que otro de 14,5, aunque es apreciable la diferencia entre ambos.

## Técnicas difusas empleadas

Con el fin de eliminar los puntos débiles definidos anteriormente, se ha utilizado un Sistema de Computación por Palabras, en el cual las entradas y las salidas son palabras. El bloque principal es el de razonamiento aproximado, un típico motor de deducción cuya regla básica es de tipo lingüístico, es decir, usa palabras en la computación (Figura 1).

El bloque de interpretación lingüística transforma las palabras a conjuntos difusos, el de razonamiento aproximado calcula los conjuntos difusos, y el bloque de aproximación lingüística transforma los conjuntos difusos en palabras. Un bloque de interpretación lingüística puede procesar etiquetas y la salida será un conjunto difuso que está relacionado con la etiqueta mediante un variable lingüística; esto lo hace comparando la salida del sistema con las etiquetas de la variable lingüística de salida y selecciona el más similar [11, 12].

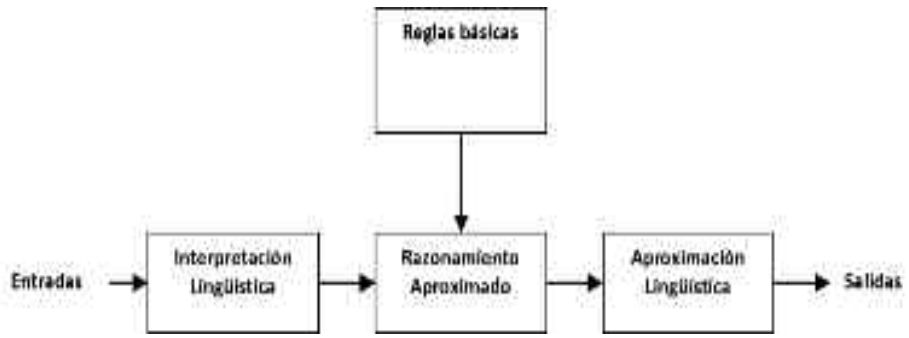



*Figura 1. Estructura de un sistema de computación por palabras*

Un sistema basado en reglas de computación por palabras tiene sin embargo una serie de problemas [12]:

- No es fácil usar las reglas básicas del sistema de computación por palabras en aplicaciones de grandes dimensiones. La regla básica tiene una complejidad combinatoria, y como consecuencia únicamente puede usarse en la manipulación de un bajo número de variables y etiquetas. Para un simple sistema con siete entradas y cinco etiquetas en cada entrada, tendríamos que definir $5^7$=78.125 reglas. En nuestro caso, tenemos un total de 26 variables y 9 descriptores ambientales, con cinco etiquetas en cada entrada, lo que supondría un total de $5^{35}$=2,91x $10^{24}$ reglas.
- Si encadenamos dos o más sistemas, se pierde información. El bloque de aproximación lingüística hace, tal y como su nombre indica, una aproximación de la información lingüística contenida en el conjunto difuso. La metodología *crisp* se basa en la determinación de unos índices ambientales cuyo cálculo está encadenado en cuatro niveles, por lo que se perdería bastante información en el proceso de aproximación lingüística.
- No es posible hacer un razonamiento inverso. Mediante el razonamiento inverso se computan las entradas a partir de las salidas, pero con el motor de deducción Mamdani no es posible hacerlo.

Se ha optado por utilizar un Sistema de Computación por Palabras basado en la Aritmética Difusa. Este tipo de sistemas proponen computar palabras a partir de palabras usando para ello un número difuso. La Figura 2 muestra la estructura del sistema, en el cual se distingue: un bloque principal de Razonamiento Aproximado, que calcula un número difuso a partir de otro número difuso utilizando para ello una función de razonamiento aproximado (FRA) en lugar de reglas básicas, las cuales se obtendrán a partir de las funciones *crisp* FRA, y aplicando el principio de extensión; el bloque de Interpretación Lingüística transforma las palabras en conjuntos difusos; finalmente el bloque de Aproximación Lingüística transforma los números difusos en palabras.

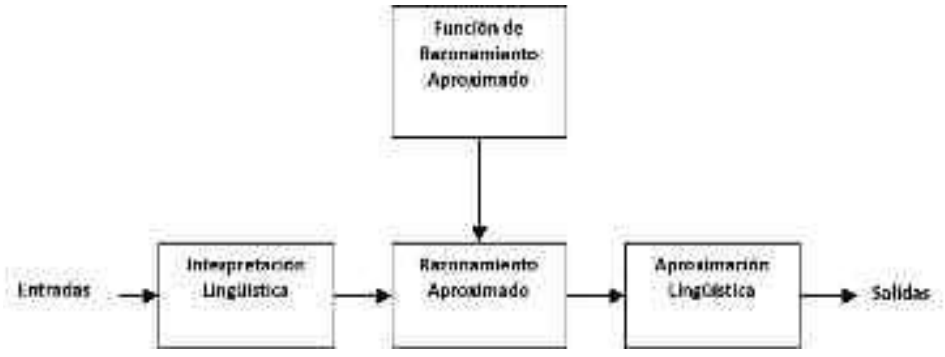



*Figura 2. Estructura del sistema de computación por palabras basado en la aritmética difusa*

## Resultados

La metodología *crisp* ha de estar organizada como una red que muestre la información de entrada necesaria para poder obtener el índice final (IMV). La Figura 3 recoge dicha metodología como una red, tal y como se genera en el software de aplicación; en blanco aparecen los nodos calculados, en azul los nodos que son intervalos y que se corresponden con datos de entrada que son proporcionados por el experto que aplique la metodología, y en naranja se muestran los nodos que son un enlace a otras subredes. Se puede observar que en el caso del *Valor Ambiental* del elemento del medio salud toma siempre valor máximo 5, por lo que se trata de un nodo con un dato de entrada fijo. El resto de los índices se establecen con una estructura similar a ésta.

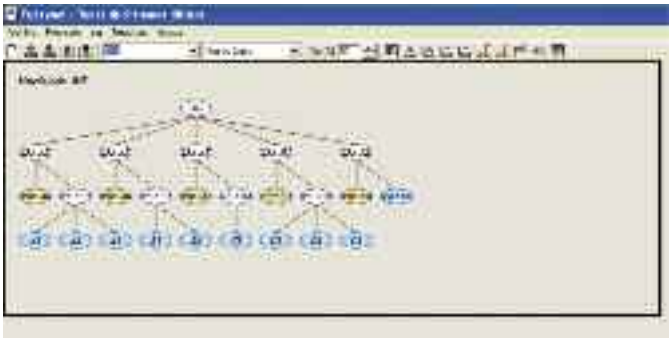


*Figura 3. Red principal para la determinación del IMV*

### Ejemplo de aplicación

Si se aplican tanto la metodología resultante de la aplicación de la lógica difusa, como la metodología *crisp*, al vertedero de Villarrasa (Huelva), se obtiene entre otros datos la información recogida en la Tabla 2 y en las Figuras 4-a, 4-b, 4-c y 4-d, donde:

- La *Probabilidad de contaminación de las aguas superficiales* está clasificada como baja en su valor representativo según la metodología *crisp.* Con las técnicas difusas su interpretación corta también es baja, sin embargo con la interpretación larga puede observarse que participa en mayor grado del intervalo inferior (0,6) que del superior (0,5).
- El *valor ambiental* de las aguas subterráneas, muestra como el número difuso participa de cuatro intervalos en la interpretación larga, con menor grado los clasificados como *bajo* y *muy alto* y con mayor grado posiblemente *media* o *alta*.

- El *Índice de riesgo ambiental* de las aguas subterráneas, está clasificada como *bajo* en la metodología *crisp*. Si se aplica la metodología difusa su interpretación corta se le asigna también la etiqueta de *bajo*, aunque analizando este índice con su interpretación larga está más cercano al intervalo inferior (*muy bajo* y *bajo*) que al superior (*medio*).
- El *Índice de interacción medio vertedero* informa que la clasificación de su valor representativo es bajo pero los números difusos muestran en su interpretación larga que está más cercano al intervalo inferior (muy bajo) que al superior (medio).

*Tabla 2. Ejemplo de representación de algunas variables lingüísticas*

| | Índice | Metodología EVIAVE | Modelo difuso 100% | 50% | 0% |
|---|---|---|---|---|---|
| Probabilidad de contaminación aguas superficiales | Valor representativo | 0,38 | 0,282759 | 0,38 | 0,477241 |
| | Interpretación corta | Baja | Baja | | |
| | Interpretación larga | | Posiblemente muy baja (0,6)<br>Muy posiblemente baja (1,00)<br>Posiblemente media (0,5) | | |
| Valor ambiental aguas subterráneas | Valor representativo | 3,5 | 3,1 | 3,5 | 3,9 |
| | Interpretación corta | Alto | Alto | | |
| | Interpretación larga | | Poco posiblemente bajo (0,26);<br>Muy posiblemente medio (0,76);<br>Muy posiblemente alto (0,76);<br>Poco posiblemente muy alto (0,26) | | |
| Índice de riesgo ambiental aguas subterráneas | Valor representativo | 1,23 | 0,8115 | 1,317778 | 1,8200 |
| | Interpretación corta | Bajo | Bajo | | |
| | Interpretación larga | | Muy posiblemente muy bajo (0,97);<br>Muy posiblemente bajo (0,7);<br>Poco posiblemente medio (0,26) | | |
| Índice interacción medio vertedero | Valor representativo | 6,23 | 4,0849 | 6,2275 | 8,37 |
| | Interpretación corta | Bajo | Bajo | | |

## Discusión y conclusiones

Los beneficios que se consiguen con las técnicas difusas son entre otros la inclusión de la ambigüedad, la incertidumbre y las subjetividades en la evaluación de vertederos. Éstas permiten ser propagadas en los procesos así como presentarse en las consecuencias finales de los órganos de decisión. Estos aspectos, normalmente, no están incluidos en las metodologías tradicionales de las evaluaciones de impacto ambiental.

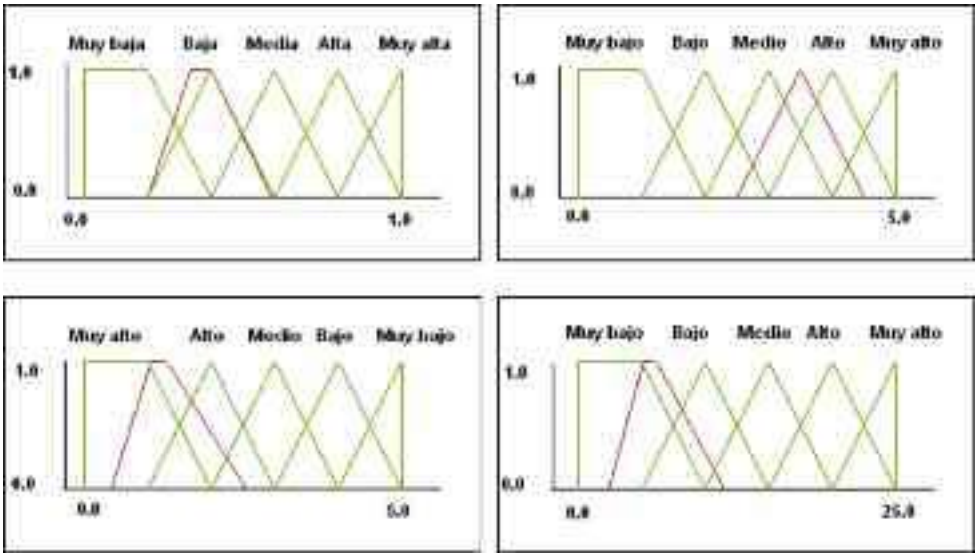



*Figura 4. Etiquetas de diferentes variables lingüísticas en los índices generados*
*A) Pbc aguas superficiales; B) VA aguas subterráneas; C) IRA aguas subterráneas; D) IMV*

Otra ventaja que aportan las técnicas difusas es que emplean las preferencias individuales del diseñador del proyecto, codificando así su pericia, y las circunstancias particulares de decisión. Estas técnicas dan mayor transparencia a los procesos de decisión, y consiguen un mayor entendimiento del proceso de vertedero, del sistema de inferencia que produce y del grado de preferencia del sitio seleccionado. Los criterios de selección usados por la metodología difusa son valorados para representar la importancia y la contribución de cada factor.

Las técnicas difusas permiten representar la incertidumbre de las predicciones efectuadas en la evaluación, brindando un único marco conceptual para el manejo simultáneo de variables lingüísticas y numéricas. Es decir, permite la combinación de información heterogénea, tanto cualitativa como cuantitativa. Así mismo, también permite usar simultáneamente variables definidas con distinto grado de detalle, por lo que da como resultado una metodología flexible que facilita la labor de equipos interdisciplinares.

Otro aspecto destacable es que permite caracterizar las medidas correctoras en los procesos de Evaluación del impacto ambiental gracias a la utilización del razonamiento inverso en los sistemas de computación con palabras, por lo que puede servir de estrategia para que el impacto ambiental no sea excesivo.

## Agradecimientos

Este artículo es parte del proyecto de Excelencia 2007 de la Consejería de Innovación, Ciencia y Empresa de la Junta de Andalucía titulado “Sistema inteli-

gente para la evaluación de impacto ambiental de las actividades humanas (SINTEIA)" P07-TIC-02913.

## Referencias / Bibliografía

(1) Al-Yaqout, A. F., Koushki, P. A., Hamoda, M. F. 2002. Public opinion and sitting solid waste landfills in Kuwait. *Resources, Conservation and Recycling,* 35: 215-227.
(2) Dolk, H., Vrijeheid, M., Armstrong, B., Abramsky, L., Bianchi, F., Garne, E., Nelen, V., Robert, E., Scott, J. E. S., Stone, D., Tenconi, R. 1998. Risk of congenital anomalies near hazardous-waste landfill sites in Eruope: the EUROHAZCON study. *Lancet,* 352: 423-27.
(3) Council Directive, 1999/31/EC of 26 April 1999 on the landfill of waste. *Official Journal of the European Communities*. L 182. 16 July 1999. 0001-0019.
(4) Burnley, S. 2001. The impact of the European landfill directive on waste management in the United Kingdom. *Resources, Conservation and Recycling*, 32 (3-4): 349-358.
(5) Garrido, E. 2008. Tesis doctoral. Metodología de diagnóstico ambiental de vertederos, Adaptación para su informatización utilizando técnicas difusas y su aplicación en vertederos de Andalucía. Universidad de Granada.
(6) Calvo, F., Moreno, B., Zamorano, M., Szanto, M., 2005. Environmental diagnosis methodology for municipal waste landfills. *Waste Management*, 25 (8): 768-779.
(7) Zamorano, M., Garrido, E., Moreno, B., Paolini, A., Ramos, A. 2005. Environmental diagnosis methodology for municipal waste landfills as a tool for planning and decisión-making process. *Sustainable development and planning II* (Eds. A.G. Kungolos *et al*.), Vol. 1: 545-554.
(8) Calvo, F., Moreno, B., Ramos, A., Zamorano, M. 2007. Implementation of a new environmental impact assessment for municipal waste landfills as tool for planning and decision-making process. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 11(1): 98-115.
(9) Paolini, A., Ramos, A., Zamorano, M. 2007. Environmental diagnosis and planning actions for municipal waste landfills in Estado Lara (Venezuela*). Renew. & Sustain. Energy Re.*, In Press.
(10) Garrido, E. 2009. La influencia de los vertederos en diferentes elementos ambientales. Metodología EVIAVE. Libro de actas del V Congreso nacional de evaluación de impacto ambiental. Ministerio de Medio Ambiente y Medio rural y marino.
(11) Bargaumader Baumgartner, R. J. 2005. Dealing with uncertainty-integrated sustainability assessment base on fuzzy logia. Sustainable development and planning II Vol 1.
(12) Duarte, Duarte O. 2000. Técnicas difusas en la Evaluación de Impacto Ambiental. Tesis. Universidad de Granada.

# Desarrollo de una metodología para el diagnóstico ambiental de actividades industriales

## *Development of a Methodology for Environmental Assessment of Industrial Activities*

**E. GARRIDO VERGARA**
**L. LARA VILLEGAS**
**M. ZAMORANO TORO**
Universidad de Granada, Granada

## Introducción

La actividad industrial, sea cual sea su naturaleza, ejerce un conjunto de perturbaciones o impactos medioambientales. Una nueva implantación industrial, la ampliación de una actividad o una reconversión, pueden tener consecuencias positivas sobre el medio geobiofísico; pero también estas actividades pueden tener consecuencias negativas tales como contaminación, ocupación de suelo, etc. en lo que se refiere al medio geobiofísico, o sobrecarga industrial, inseguridad ciudadana, etc., desde el punto de vista socioeconómico (1).

Con el fin de alcanzar una elevada protección del medio ambiente en su conjunto y de minimizar el impacto ambiental derivado de las actividades industriales contaminantes, se han aprobado diversas disposiciones legales que han tenido como objeto el evitar o, cuando ello no sea posible, el reducir y controlar la contaminación del medio, mediante un sistema de prevención y control integrados de la contaminación. Este ha sido el caso de la Ley 16/2002 de IPPC (2) y el Real Decreto 509/2007 que la desarrolla. Esta regulación ha creado la figura de la *Autorización Ambiental Integrada (AAI)* como mecanismo de control de las actividades de las industrias, en la cual se establecen, entre otros aspectos, los valores límite de emisión de contaminantes en relación con las mejores técnicas disponibles y las necesidades de cada entorno ambiental (3).

La aprobación de la Ley 26/2007 de Responsabilidad Medioambiental (4), que regula la responsabilidad de los operadores de prevenir, evitar y reparar los daños medioambientales, afecta a las actividades reguladas por la Ley IPPC y a otras actividades recogidas en su Anexo III (5). Esta Ley establece el cumplimiento de la Norma 150008:2008, para el análisis y evaluación del riesgo ambiental, o norma equivalente; este documento constituye un claro ejemplo de norma de método o de proceso para analizar y evaluar el riesgo ambiental derivado de las actividades industriales mediante la identificación de causas y peligros, asignación de probabilidades a los sucesos, determinación de los factores ambientales objeto de estudio, criterios de evaluación del riesgo ambiental, etc (6).

La Universidad de Granada ha desarrollado una **Metodología de Evaluación de Impacto Ambiental de Actividades Industriales**, aplicable a cualquier tipo de ac-

tividad industrial con representatividad, con la finalidad de planificar y priorizar actuaciones destinadas a la minimización del impacto ambiental producido por estas actividades industriales. Esta metodología pretende caracterizar y evaluar actividades industriales a través de una serie de índices, teniendo en cuenta los aspectos relativos al diseño y la explotación así como a la ubicación de la actividad industrial.

## Material y métodos

La Figura 1 recoge la Metodología de Evaluación de Impacto Ambiental de actividades industriales. Sus etapas permiten determinar la afección ambiental global producida por una actividad industrial.

*Figura 1. Esquema general de la metodología de evaluación de impacto ambiental de actividades industriales*

En la descripción de los niveles de la metodología, una de las estrategias ha consistido en generar información mediante la opinión de expertos según su experiencia y trabajo profesional (7; 8). Las fases que establece esta metodología son:

- Selección de las variables e identificación de los elementos del medio afectados por ellas.
- Ponderación de variables para los elementos del medio afectados por la misma.
- Ponderación de descriptores ambientales afectados por una actividad industrial cuando el experto haya considerado oportuna una ponderación. En el caso contrario, todos los descriptores ambientales tienen el mismo peso.

- Ponderación de elementos del medio afectados por cada categoría IPPC, considerando la ubicación y el diseño y la explotación.
- Ponderación de aspectos relativos a la ubicación y el diseño y la explotación.

En todos los casos, el sistema de ponderación ha consistido en repartir 100 puntos entre los elementos del medio afectados por las variables de la actividad industrial, los descriptores ambientales, los elementos del medio afectados por las categorías de actividades IPPC, los aspectos relacionados con la ubicación o con el diseño y explotación y ponderación de las variables de la actividad industrial para cada categoría de actividad IPPC.

En este proceso de opinión también ha solicitado información relativa a la importancia o significación de cada variable según el tipo de actividad IPPC de que se trate.

## Resultados

En la Figura 2, se muestra de forma resumida la Metodología de Diagnóstico de actividades industriales así como los índices empleados por ésta.

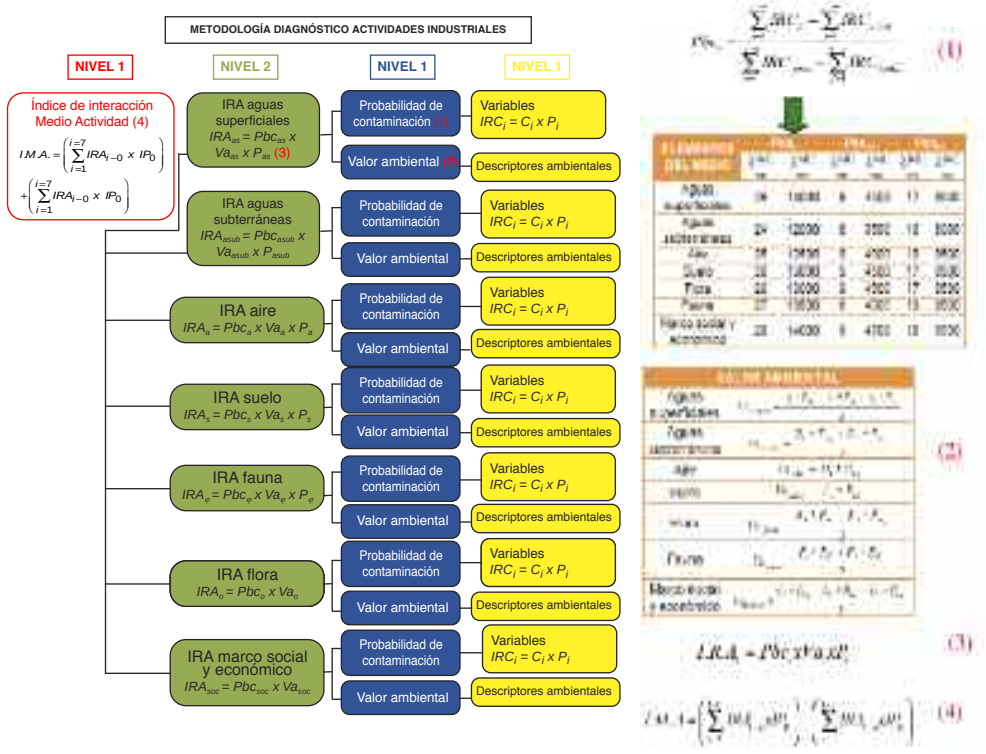



*Figura 2. Metodología de Diagnóstico de actividades industriales*

Su organización se estructura en cuatro niveles de información resumidos a continuación:

**a. Nivel 1:**

*a.1. Elementos del medio:* son los posibles receptores de los impactos generados por las actividades industriales, y la presente Metodología ha considerado las aguas superficiales, las aguas subterráneas, el aire, el suelo, la fauna, la flora y el marco social y económico (2; 4; 9; 10; 11).

*a.2. Descriptores ambientales,* permiten la valoración ambiental de los elementos del medio, y que se muestran en la Tabla 1 (7; 12; 13; 14; 15; 16).

*Tabla 1. Descriptores ambientales*

| Elementos del medio | Descriptores ambientales | Elementos del medio | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | Aguas superficiales | Aguas subterráneas | Aire | Suelo | Flora | Fauna | Marco social y económico |
| Aguas superficiales | Tipo de curso de agua superficial ($A_1$) | X | X | | X | X | X | X |
| | Usos del agua superficial ($A_2$) | X | X | | X | | | X |
| | Calidad del agua superficial ($A_3$) | X | X | | X | X | X | X |
| Aguas subterráneas | Usos del agua subterránea ($B_1$) | X | X | | X | | | X |
| | Calidad del agua subterránea ($B_2$) | X | X | | X | | | X |
| Aire | Calidad del aire ($C_1$) | | | X | | | X | X |
| Suelo | Usos del suelo ($D_1$) | X | X | X | X | X | X | X |
| Flora | Diversidad de flora ($E_1$) | X | | X | X | X | X | X |
| | Tipo y cobertura de vegetación ($E_2$) | X | X | X | X | X | X | X |
| Fauna | Diversidad de fauna ($F_1$) | X | X | | | X | X | X |
| | Hábitat de fauna ($F_2$) | X | | | X | X | X | X |
| Marco social y económico | Densidad de población ($G_1$) | X | X | X | X | X | X | X |
| | Empleo ($G_2$) | X | X | X | X | X | X | X |
| | Riqueza ($G_3$) | X | X | X | X | X | X | X |

*a.3. Variables,* dan información relativa a los impactos ambientales producidos por una actividad o proyecto (1; 11; 17). Su conocimiento y análisis cuantitativo en la evaluación relaciona las características de la actividad industrial con su interacción con el medio (13; 18).

Se clasifican según el tipo de afección, las relacionadas con la ubicación, en total 9 variables, y las relacionadas con el diseño y la explotación, en total 19; y por la información suministrada por el panel de expertos.

*a.4. Índice de Riesgo de Contaminación* ($IRC_j$) permite comparar diferentes variables ambientales

**b. Nivel 2:**

*b.1. La Probabilidad de contaminación ($Pbc_j$)* se refiere al estado ambiental de la actividad industrial en el momento de la visita, y se cuantifica a partir de las variables consideradas en el nivel 1. Dependerá del diseño de la actividad, explotación y características de emplazamiento industrial al entrar en contacto con el entorno.

De forma separada puede calcularse la $Pbc_j$ relacionada con la ubicación ($Pbc_{j-u}$) y $Pbc_j$ del diseño y explotación ($Pbc_{j-o}$) usando la misma expresión matemática pero con los IRC de las variables propias de ellos (13).

*b.2. El Valor Ambiental* (*VA*) se refiere a las características de los elementos del medio frente a la dinámica y funcionamiento de la actividad industrial (18). Su cálculo se fundamenta en los descriptores ambientales y en su ponderación, obtenida de la consulta a expertos.

**c. Nivel 3:**

El *Índice de Riesgo Ambiental ($IRA_j$)* para cada elemento del medio pretende conocer cual es el potencial de afección ambiental que se produce para cada elemento del medio considerado, reflejando si existe o no interacción entre la actividad industrial y el entorno inmediato de dicha actividad (13; 18). El $IRA_j$ se ha calculado a partir de los índices del nivel 2. Aquí se discrimina el IRA relacionado con la ubicación ($IRA_{ubicación}$) del IRA relacionado con el diseño y la explotación ($IRA_{explotación}$).

**d. Nivel 4:**

*Índice de Interacción Medio Actividad (IMA)* que pretende cuantificar de manera conjunta las diferentes afecciones a cada elemento del medio, para recoger toda la información ambiental de cada elemento del medio considerado y representar así el estado ambiental global existente entre la actividad industrial considerada y el entorno inmediato. El $IMA_i$ se calcula a partir de los *IRA* de ubicación y de diseño y explotación, y a partir de los Índices de Ponderación de ubicación ($IP_u$) y de diseño y explotación ($IP_o$) del nivel 3.

## Discusión y conclusiones

Los índices establecidos por esta Metodología de diagnóstico de actividades industriales permiten describir la propia actividad industrial y su interacción con el entorno inmediato en el momento de la evaluación, lo que permite adoptar

medidas que evitan la producción de impactos, y en consecuencia, la afección del entorno.

Esta Metodología permite también comparar las distintas variables de la actividad industrial, lo que facilita la toma de decisiones en las actuaciones de la actividad; permite conocer el efecto que el estado de las variables consideradas van a tener en la afección ambiental de la actividad industrial; da información de las características de los elementos del medio frente a la dinámica y funcionamiento de la actividad industrial, además de posibilitar la comparativa entre los descriptores ambientales; aporta información sobre la potencial afección ambiental de la actividad industrial sobre cada elemento del medio, reflejando así si existe o no interacción entre la actividad industrial considerada y el entorno inmediato.

Algunos de los índices, que se calculan con la presente Metodología, estarán relacionados con la ubicación, y con el diseño y explotación de la actividad, lo que permite aportar mayor grado de información.

Esta metodología aporta un índice final (*IMA*) que cuantifica de manera conjunta las diferentes afecciones a cada elemento del medio. Aunque, una de sus principales aportaciones, es que usa un sistema de clasificación homogéneo de las variables de la actividad industrial que permite la comparación entre ellas, así como determina cual es la aportación de cada una de ellas al cálculo final del *IMA*.

Esta Metodología puede ser utilizada por tanto, como una herramienta que facilita la toma de decisiones en cuanto a la ubicación de nuevas instalaciones así como de las condiciones de explotación de las mismas.

Finalmente esta Metodología integra en su estructura la consulta a expertos, aspecto éste considerado eficiente al obtener los grados de ponderaciones necesarios para el cálculo de los índices ambientales propuestos.

## Agradecimientos

Este artículo forma parte del proyecto de Excelencia 2007 de la Consejería de Innovación, Ciencia y Empresa de la Junta de Andalucía titulado “Sistema inteligente para la evaluación de impacto ambiental de las actividades humanas (SINTEIA)” P07-TIC-02913.

## Referencias bibliográficas

(1) Seoánez, M. 1998. *Ingeniería medioambiental aplicada a la reconversión industrial y a la restauración de paisajes industriales degradados.* Ediciones Mundi-Prensa.

(2) Cortes Generales. 2002. Ley 16/2002, de 1 de julio, de prevención y control integrados de la contaminación. BOE 157 de 02-07-2002.

(3) Nava Cano, J. J. 2005. Reglamento IPPC: un borrador que precisa aclaraciones y mejoras. *Ambienta,* 77.
(4) Cortes Generales. 2007. Ley 26/2007, de 23 de octubre, de Responsabilidad Medioambiental. BOE 255 de 24-12-2007.
(5) Simón Quintana, S. 2008. Análisis del futuro desarrollo reglamentario de la Ley de Responsabilidad Ambiental (I). El ámbito de aplicación. *Ecosostenible,* 42/43: 32-39.
(6) López-Cerón, C., Posada, M. 2009. La verificación de riesgos medioambientales y la figura del verificador: necesidad de un desarrollo normativo que complete su régimen jurídico. *Ecosostenible,* 57: 17-24
(7) Toro, C. 2009. *Tesis doctoral. Análisis constructivo del proceso de evaluación de impacto ambiental en Colombia.* Propuestas de mejora. Universidad de Granada.
(8) García, L. A. 2004. *Tesis doctoral. Aplicación del Análisis Multicriterio en la Evaluación de Impactos Ambientales.* Universidad Politécnica de Cataluña.
(9) Parlamento Europeo y del Consejo. 2008. Directiva 2008/1/CE del Parlamento Europeo y del Consejo de 15 de enero de 2008 relativa a la prevención y al control integrado de la contaminación. DOCE L24/8 de 29-01-208.
(10) Parlamento de Andalucía. 2007. *Ley 7/2007, de Gestión Integrada de la Calidad Ambiental*. BOJA 143 de 20-07-2007.
(11) Guía para la elaboración de estudios del medio físico. 2006. Ministerio de Medio Ambiente. 3ª Edición. Madrid.
(12) Antunes, P., Santos, R., Jordao, L. 2001. The application of Geographical Information Systems to determine environmental impact significance. *Environmental Impact Assessement Review,* 21: 511-535.
(13) Garrido, E. 2008. *Tesis doctoral. Metodología de diagnóstico ambiental de vertederos, adaptación para su informatización utilizando técnicas difusas y su aplicación en vertederos de Andalucía.* Universidad de Granada.
(14) Cantó, S. y Riera, P. 2002, La vertiente socioeconómica en los estudios de impacto ambiental. *Ciudad y Territorio. Estudios Territoriales*, 138: 539-550.
(15) Smailes, P., Argent, N., Griffin, T. 2002. Rural population density: its impact on social and demographic aspects of rural communities. *Journal of Rural Studies,* 18: 385-404.
(16) http://www.carm.es/econet/ecodata/toda_informacion.html
(17) Peche, R., Rodriguez, E. 2009. Environmental impact assessment proceder. A new approach base don fuzzy logia. *Environmental Impact Assessment Review,* 29: 275-283.
(18) Calvo, F., Zamorano, M., Moreno, B., Ramos, A. F. 2004. *Metodología de diagnóstico ambiental para vertederos de residuos urbanos.*

# Análisis de la fragmentación y desfragmentación de hábitats afectados por infraestructuras de transporte

## *Assessment of Habitat Fragmentation and Defragmentation Due to Transportation Infrastructure*

**M. C. MATEO SÁNCHEZ**
**C. IGLESIAS MERCHÁN**
Universidad Politécnica de Madrid.
Departamento de Proyectos y Planificación Rural

**S. SAURA MARTÍNEZ DE TODA**
Universidad Politécnica de Madrid.
Departamento de Economía y Gestión Forestal

## Introducción

La conectividad del paisaje se considera hoy en día una pieza clave para la conservación de la biodiversidad y una de las mejores respuestas para contribuir a mitigar los efectos negativos de la fragmentación de hábitats, en particular la causada por el desarrollo de una extensa red de infraestructuras de transporte, y del cambio climático (1).

Como consecuencia de la fragmentación de hábitats, las poblaciones animales ven limitados sus movimientos y la posibilidad de establecer flujos dispersivos de genes e individuos que a largo plazo pueden comprometen su supervivencia. Así, son múltiples las iniciativas, planes y legislaciones nacionales e internacionales donde se hace énfasis en incorporar criterios para contrarrestar la fragmentación de hábitats en la planificación y ordenación territorial (2 y 3). Por este motivo, en los últimos años se han venido aplicando numerosas medidas para tratar de reducir los efectos fragmentadores de las infraestructuras lineales.

El éxito de la resolución de los problemas de fragmentación de hábitats por las infraestructuras de transporte no queda asegurado por el mero diseño de medidas preventivas y correctoras apropiadas, siendo imprescindible tanto la adecuada ejecución de las mismas, como la corrección de aquellas desviaciones o imprevistos que puedan disminuir la eficacia una vez instaladas (3). No obstante, la evaluación de la eficacia de estas medidas requiere de un dilatado seguimiento en fase de explotación. Paralelamente, se han venido desarrollando un amplio catálogo de herramientas específicamente concebidas para el estudio de la conectividad del territorio y el impacto de las infraestructuras a una escala amplia. Estas técnicas permiten valorar la eficacia previsible de las medidas correctoras.

Sin embargo, estas medidas no se definen hasta la fase de proyecto de construcción, en la que se trabaja con escalas mucho más precisas.

El objetivo de este trabajo es evaluar en términos de conectividad del paisaje el efecto de la inclusión de un paso de fauna en un proyecto de mejora local de una carretera y desmantelamiento de un tramo en desuso, a una escala correspondiente a la fase de proyecto de construcción.

## Material y métodos

La zona de estudio se localiza en la vertiente sur de la Sierra de Guadarrama, en la zona de transición entre bosque de robledal-pinar de ladera y encinares abiertos del pie de monte (Figura 1).

La conectividad es y debe medirse en general como un aspecto funcional, dependiente de las distancias y capacidades de dispersión de las distintas especies (4 y 5). Para este estudio, se consideró una especie representativa y habitualmente involucrada en accidentes de tráfico, como es el corzo (*Capreolus capreolus*). La mayor frecuencia de accidentes de tráfico causados por esta especie en la Comunidad de Madrid tiene lugar entre las estaciones de primavera y verano, a diferencia de otros ungulados. En la zona de estudio, el incremento del riesgo de accidentes en esta época del año, puede asociarse con los desplazamientos diarios asociados, por ejemplo, entre zonas de refugio del pie de monte y los prados y pastizales más verdes de la zona de ladera incluso de mayores cotas, factor determinante a la hora de caracterizar las teselas de vegetación en la zona de estudio para el caso que nos ocupa.

*Figura 1. Localización y tipología de la obra de mejora*

Por otro lado, una ligera modificación de la escala habitual de la fase de proyecto de construcción, y encuadre sobre la cartografía correspondiente, puede revelar la influencia de otros elementos del medio que no se detectarían a la escala propia de estas fases de trabajo (6). En este caso, el paso de una escala de trabajo de 1:1.000 a 1:10.000 permite detectar una línea de ferrocarril paralela al tramo de carretera modificado, cuya proximidad y características de trazado influyen a la hora de diseñar las medidas correctoras para la permeabilidad faunística del tramo de carretera modificado.

Previa elaboración del mapa de vegetación y usos del suelo se ha confeccionado el mapa de teselas de hábitat, compuesto por teselas de refugio y alimentación separadas por las dos infraestructuras de transporte y el mapa de fricción del territorio de acuerdo a los requerimientos ecológicos de la especie (Figura 2).

*Figura 2. Mapa de teselas de hábitat para el corzo en la zona de estudio*

El mapa de fricción refleja la mayor o menor permeabilidad de la matriz del paisaje al movimiento de los individuos. Tras procesar los datos en un Sistema de Información Geográfica, a cada celda del territorio se le asigna un valor que representa la resistencia al desplazamiento, asignándose los valores de fricción más bajos a las zonas de hábitat de mayor calidad, y valores crecientes a medida que sus características empeoran, hasta alcanzar valores excluyentes en las barreras al movimiento. Posteriormente, con ayuda de la aplicación Pathmatrix 1.1 se pudieron calcular las rutas de menor coste entre las distintas unidades de hábitat, en este caso entre las teselas de refugio y alimentación situadas a ambos lados de las citadas infraestructuras. Los resultados proporcionados por dicha herramienta son determinantes para analizar el Índice de Conectividad Integral (IIC), basado en el concepto de disponibilidad de hábitat (7 y 8).

Este análisis proporciona, por un lado una valoración de la conectividad global del paisaje mediante el IICEH (área conexa equivalente, es decir el tamaño de una sola tesela de hábitat que proporcionará la misma probabilidad de co-

nectividad que el patrón de teselas del paisaje existente en el momento de estudio) y, por otro lado, la cuantificación de la importancia de cada tesela (dIIC, es decir lo que contribuye cada tesela a la conectividad global, calculado como el incremento relativo del índice de disponibilidad de hábitat para la globalidad del paisaje y para un mismo paisaje sin esa tesela). Para completar el estudio se evaluaron las diferentes maneras en que las teselas contribuyen a la conectividad y disponibilidad de hábitat en el territorio, al fraccionar el índice IIC en tres componentes: intra (contribución a las características intrínsecas), flux (contribución a los flujos) y connector (contribución como elementos facilitadores de la conectividad).

El análisis final se realizó mediante el programa Conefor Sensinode, versión 2.5.8 (9) y se repitió para tres escenarios diferentes (Tabla 1), que posteriormente fueron comparados, lo que permitió cuantificar el efecto de las distintas medidas correctoras y desfragmentadoras en términos de conectividad.

*Tabla 1. Escenarios analizados*

| Escenario | Descripción |
|---|---|
| 1 | Situación actual |
| 2 | Rectificación de curvas + paso de fauna por ungulados |
| 3 | Escenario 2 + desmantelamiento de carretera abandonada |

## Resultados

El área conexa equivalente (IICEH) en el primer escenario resultó 111,01 ha, mientras que en el segundo descendió a 110,29 ha y en el tercero volvió a incrementarse hasta 111,35 ha. Por tanto, el área conexa equivalente no experimenta una variación significativa en ninguno de los tres escenarios analizados. Los sumatorios globales de las importancias del total de las teselas (ΣdIIC), para los tres escenarios también permanecieron prácticamente constantes (Tabla 2).

*Tabla 2. Resultados del análisis de conectividad. Área conexa equivalente (IICEH) y ΣdIIC para los tres escenarios comparados*

| | Escenario 1 | Escenario 2 | Escenario 3 |
|---|---|---|---|
| **IICEC** | 111,02 ha | 110,29 ha | 111,35 ha |
| **ΣdIIC** | 169,80 | 169,43 | 169,98 |

Por otra parte, la forma de contribución de las teselas a la conectividad y a la disponibilidad de hábitat también permanece prácticamente invariable en los tres

escenarios comparados. Viene dada principalmente por su contribución al flujo con la demás teselas, con valores de IICflux del 82%, mientras que la contribución del hábitat disponible en ellas mismas es mucho menor, IICintra en torno al 18%. Así mismo, se reveló la poca importancia de los elementos puramente conectores, con valores prácticamente nulos de IIC connector (Tabla 3).

*Tabla 3. Resultados del análisis de conectividad. Fracciones del Índice IIC: tipo de contribución a la conectividad y a la disponibilidad de hábitat*

| | Escenario 1 | Escenario 2 | Escenario 3 |
|---|---|---|---|
| **% IIC intra** | 17,78% | 18,05% | 18% |
| **% IIC flux** | 82,20% | 81,93% | 82% |
| **% IIC connector** | 0,02% | 0,02% | 0% |

Por último, cabe reseñar que la cuantificación de la importancia para cada tesela particular tampoco experimentó ningún cambio significativo en los tres escenarios de comparación (Figura 3).

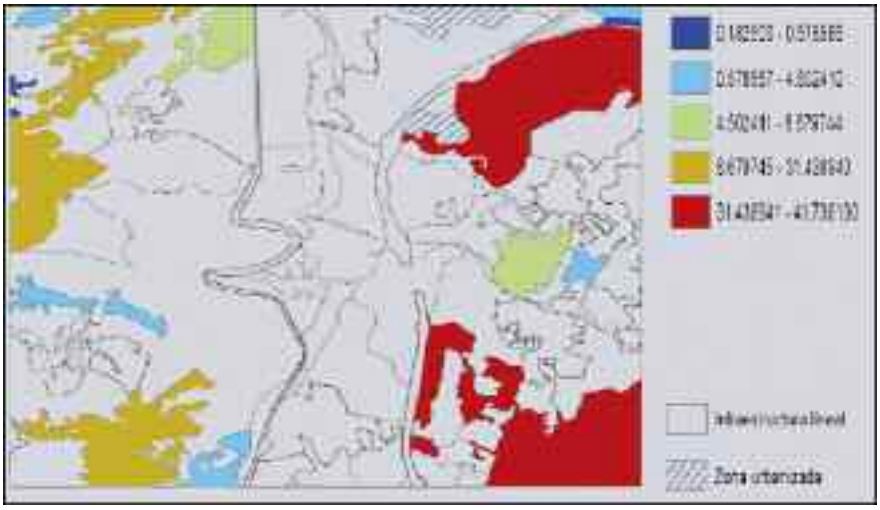



*Figura 3. Importancia de las teselas para la conectividad global*

## Discusión y conclusiones

La escala habitualmente empleada en la fase de proyecto de construcción puede no reflejar cambios significativos en la conectividad para determinadas

especies animales y, por tanto, en estos casos puede ser necesario retroceder a escalas de trabajo propias de la fase de estudio informativo para evaluar correctamente impactos locales o el efecto previsible de las medidas correctoras que se propongan en un tramo particular.

La escala de trabajo en los estudios de fragmentación de hábitats y conectividad del territorio debe determinarse específicamente en función de las características de la especie analizada y la matriz del paisaje donde se ubique la actuación a evaluar. Sin embargo, el efecto de actuaciones locales sobre la conectividad del territorio puede ser difícil de detectar en el caso de algunas especies, en función de su capacidad de dispersión.

## Referencias bibliográficas


(1) Crooks, K.R., Sanjayan, M. 2006. *Connectivity Conservation.* Cambridge University Press.

(2) Saura, S. En prensa. Métodos y herramientas para el análisis de la conectividad del paisaje y su integración en los planes de conservación. En: Maestre, F., Cruz, M. (Eds.), *Avances en ecología espacial: nuevos métodos y aplicaciones.* Bubok.

(3) Ministerio de Medio Ambiente, Rural y Marino, 2008. *Prescripciones para el seguimiento y evaluación de la efectividad de las medidas correctoras del efecto barrera en las infraestructuras de transporte. Documentos para la reducción de la fragmentación de hábitats causados por infraestructuras de transportes, número 2*. Organismo Autónomo de Parques Naturales. Ministerio de Medio Ambiente, Rural y Marino

(4) Tischendorf, L., Fahrig, L. 2000. How should we measure landscape connectivity? *Landscape Ecology* 15: 633-641.

(5) Iglesias Merchán, C. y Mateo Sánchez, M. C. 2010. Planificación responsable de infraestructuras: fragmentación de hábitats y desmantelamiento de infraestructuras en desuso. *X Congreso Nacional del Medio Ambiente (CONAMA 10).* 22 al 26 de Noviembre. Madrid.

(6) Theobald, D. M. 2006. Exploring the functional connectivity of landscapes using landscape networks. En: *Connectivity Conservation* (eds. Crooks, K. R. y Sanjayan, M.), pp. 416-443. Cambridge University Press, New York, Estados Unidos de América.

(7) Pascual-Hortal, L. y Saura, S. 2006. Comparison and development of new graph-based landscape connectivity indices:towards the priorization of habitat patches and corridors for conservation. *Landscape Ecology* 21: 959-967.

(8) Saura, S. y Pascual-Hortal, L. 2007. A new habitat availability index to integrate connectivity in landscape conservationplanning: Comparison with existing indices and application to a case study. *Landscape and Urban Planning* 83: 91-103

(9) Saura, S. y Torné, J. 2009. Conefor Sensinode 2.2: a software package for quantifying the importance of habitat patchesfor landscape connectivity. *Environmental Modelling and Software* 24: 135-139.Saura et al., 2010. http://coneforsensinode.org

# Evaluación de modelos de predicción del ruido en carreteras: algunos casos de estudio en España

## *Evaluation and Validation of Road Noise Prediction Models: Some Case Studies in Spain*

**C. CASTELLOTE VARONA**
**J. M. MARTÍNEZ OROZCO**
Universidad Europea de Madrid, Madrid

## Introducción

La incorporación al ordenamiento jurídico español de la normativa básica sobre ruido ambiental (Ley básica de ruido y decretos que la desarrollan) (1, 2), derivada de las obligaciones establecidas por la Directiva comunitaria 2002/49 (3), está teniendo como consecuencia una progresiva clarificación en los numerosos aspectos metodológicos implicados en el procedimiento de cálculo del ruido ambiental. En el caso específico del ruido del tráfico en carreteras, se observa un creciente interés por precisar y normalizar los detalles para la obtención y elaboración de los datos de tráfico a emplear en la modelización, los procedimientos y configuraciones adecuadas de cálculo, la resolución y geometría de la vía, o la calidad y detalle de la información altimétrica y planimétrica en el medio de propagación y en el receptor (4, 5, 6, 7).

Conforme a las especificaciones recogidas en la Directiva y la normativa española, en España es de aplicación, para el caso del tráfico rodado, el método de cálculo francés XPS 31-133 (8, 9), revisado y adaptado posteriormente por la Comisión Europea (10). Los resultados que arroja este modelo resultan particularmente sensibles a aspectos tanto de la emisión de ruido (Intensidad Media Diaria -IMD-, velocidad de circulación, proporción de vehículos pesados, flujo de tráfico, pendiente, tipo de firme) como de su propagación (detalle del modelo cartográfico y tipo de suelo en el medio de propagación, absorción atmosférica, condiciones de viento, existencia de barreras). Habitualmente, la incorporación de estos parámetros al cálculo requiere del empleo de un buen número de supuestos y simplificaciones de los que van a depender en gran medida la calidad y validez de los resultados.

En el presente trabajo se realiza un análisis de distintos parámetros que intervienen en el cálculo del ruido conforme al modelo a aplicar en España, con la finalidad de deducir la distinta influencia que cada una de ellas tiene en los resultados, pudiendo establecerse una relación de aspectos que, por su relevancia, habrían de vigilarse especialmente en los estudios acústicos de carreteras.

## Material y métodos

El estudio se ha realizado en tres tramos de carreteras situados en la Comunidad de Madrid (M-40, M-506, M-513). La elección de dichos tramos se ha fundamentado tanto en sus diferencias geométricas y de tráfico (Tabla 1) como en las características del medio de propagación. Asimismo, han sido determinantes en la elección aspectos relativos a la disponibilidad de información (cartografía a escala adecuada, y existencia de aforos de tráfico próximos para arrojar datos fiables y comparables). En todos los casos, el receptor corresponde a la categoría A recogida en la legislación española (predominio del suelo de uso residencial).

*Tabla 1. Características de los tramos estudiados*

| Tramo | Tipo | IMD (vehículos/día) | Velocidad media (km/h) | Vehículos pesados (%) |
|---|---|---|---|---|
| M-506 | Autovía de circunvalación | 28.245 | 102 | 5,6 |
| M-513 | Vía interurbana. Carretera convencional (sección 7/9) | 5.144 | 62 | 7,9 |
| M-40 | Autovía de circunvalación | 114.662 | 94,1 | 5,5 |

Se ha aplicado el modelo francés de ruido a los tres escenarios seleccionados con la finalidad de estudiar la influencia en los resultados (nivel sonoro continuo equivalente, Leq) de distintos parámetros que intervienen en el cálculo. Dada la imposibilidad física de recoger aquí todas las variables implicadas en el cálculo, se ha realizado una selección de las mismas en función de su relevancia en los valores que arroja el modelo.

El estudio de la influencia de estos parámetros se ha basado en la comparación de los resultados obtenidos mediante la aplicación de distintas hipótesis establecidas por organismos competentes tanto españoles (Ministerio de Fomento) (7), como, en el ámbito europeo, por el SETRA francés y la Comisión Europea (8, 9, 10, 11). Ocasionalmente se han planteado otras que, a juicio de los autores, se han considerado relevantes por su precisión, o bien por su amplio empleo actual en el ámbito de la consultoría. Específicamente, se han empleado los siguientes (Tabla 2):

- Hipótesis relativas a la emisión de ruido (intensidad de tráfico y velocidad de circulación), mediante el análisis de las diferencias en la emisión durante el día (Ld) y la noche (Ln) para los supuestos propuestos por la Comisión Europea, por el Ministerio de Fomento (en relación con la elaboración de Mapas Estratégicos de Ruido -MER-), así como aquel que parece haberse generalizado en el ámbito de la consultoría para la elaboración de los estudios de la primera fase de los MER, según la información disponible en el CEDEX (12).

- Efecto del detalle del modelo cartográfico en la propagación del ruido, mediante la generación de modelos del terreno a escala 1:1.000 (considerada por los autores la más precisa entre las disponibles actualmente), 1:5.000 y 1:25.000 (escalas para la confección de los MER en España), a partir de mapas obtenidos del Servicio Cartográfico Regional de la Comunidad de Madrid (1:1.000, 1:5.000) y del Centro Nacional de Información Geográfica –CNIG– (1:25.000).
- Hipótesis relativas a la propagación del ruido, específicamente en relación con los datos de entrada sobre características atmosféricas (temperatura y humedad del aire) y la tipificación absorbente-reflectante del suelo (valores del coeficiente de absorción G).

Una vez generadas las distintas hipótesis y modelos cartográficos, se han incorporado al software de predicción de ruido Cadna A (versión 3.7) con la finalidad de obtener resultados numéricos relativos tanto a los valores de emisión, como a los de propagación en una serie de receptores fijos distribuidos de acuerdo con la norma DIN-45687 (13) por todo el ámbito en estudio.

*Tabla 2. Relación de supuestos empleados en el estudio*

| *Supuestos sobre Intensidad*<br>*Distribución horaria de la IMD* | *Calzadas separadas* | *Fuente* |
|---|---|---|
| • *Valores horarios según aforo* | *Si* | *SETRA (8)* |
| • *Valores homogéneos para las horas del día (Ld), tarde (Le) o noche (Ln), mediante aplicación de coeficientes a la IMD* | *No* | *Mº Fomento (7)* |
| • *Valores homogéneos para las 24h del día (mera división de IMD por 24)* | *No* | *Amplio uso en consultoría (12)* |
| *Supuestos sobre velocidad* | | |
| *Velocidad* | | *Fuente* |
| • *Media, según aforo* | | *SETRA (8), UE (10)* |
| • *Máxima de la vía* | | *Mº Fomento (7)* |
| *Detalle del modelo cartográfico* | | |
| *Escala* | | *Fuente* |
| • *1:1.000* | | *Autores* |
| • *1:5.000* | | *Mº Fomento (7)* |
| • *1:25.000* | | *Mº Fomento (7)* |
| *Supuestos sobre absorción del suelo* | | |
| *Coeficiente G* | | *Fuente* |
| • *Absorbente, homogéneo en el área de estudio (G=1)* | | *Mº Fomento (7)* |
| • *Reflectante, homogéneo en el área de estudio (G=0)* | | *Autores* |
| • *Variable, según zonificación previa del área* | | *SETRA (9)* |
| *Supuestos sobre condiciones atmosféricas* | | |
| *Tª media anual, humedad relativa* | | *Fuente* |
| • *Tª=15ºC, H=75% (condiciones medias en Francia)* | | *Mº Fomento (7)* |
| • *Según estaciones meteorológicas próximas* | | *SETRA (9), UE (10)* |

## Resultados

### 1) Influencia de las hipótesis relativas a la intensidad de tráfico

Los resultados de emisión obtenidos arrojan, con carácter general, valores de Leq superiores para el supuesto establecido por el Ministerio de Fomento que para los restantes, siendo la diferencia especialmente acusada, en dos de los tres escenarios, en período nocturno. Las diferencias entre éste supuesto y el considerado más preciso por los autores son de 2-3dB(A) en período diurno en los tres tramos estudiados, y de 4-7dB(A) en período nocturno en la M-506 y M-513. En la M-40, sin embargo, los valores obtenidos durante la noche son sorprendentemente similares entre sí en cualquiera de los supuestos.

La comparación de estos supuestos con el de aplicación más general en el ámbito de la consultoría revela cierta tendencia a la infravaloración de éste en período diurno, y a arrojar resultados ligeramente superiores en período nocturno.

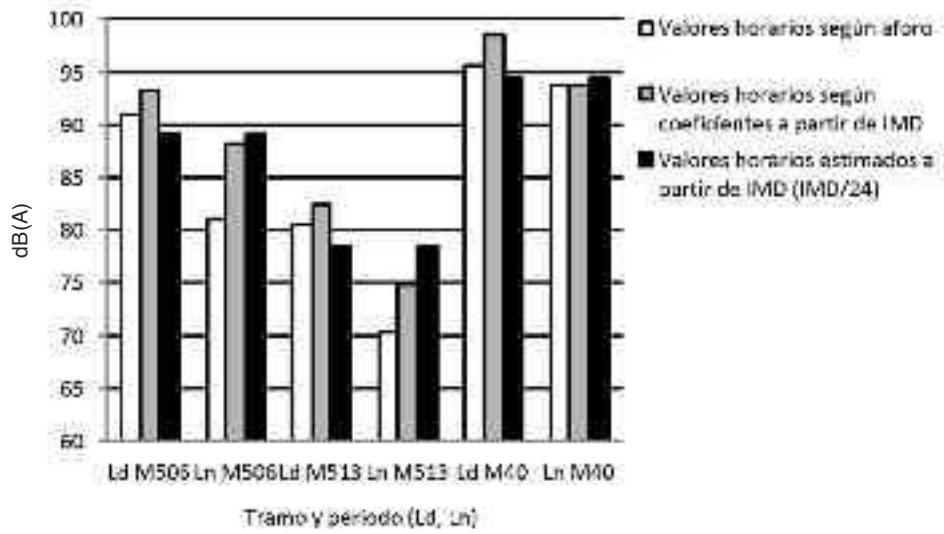



*Figura 1. Valores de emisión (dB(A)) obtenidos para los tres supuestos de tráfico considerados en los tramos estudiados durante el período diurno (Ld) y nocturno (Ln)*

### 2) Influencia de las hipótesis relativas a la velocidad

Los valores medios de emisión obtenidos, en dos de los tres tramos estudiados (M-506, M-513) resultan notoriamente similares entre sí tanto en período diurno como nocturno (Figura 2). Las diferencias entre los supuestos considerados resultan escasas (0,8-1dB(A)), y siempre superiores para el caso de la ve-

locidad de cálculo según la media en aforos. En la M-40 las diferencias resultan de nuevo escasas, aunque ligeramente menores para este supuesto (0,6dB(A)) tanto de día como de noche).

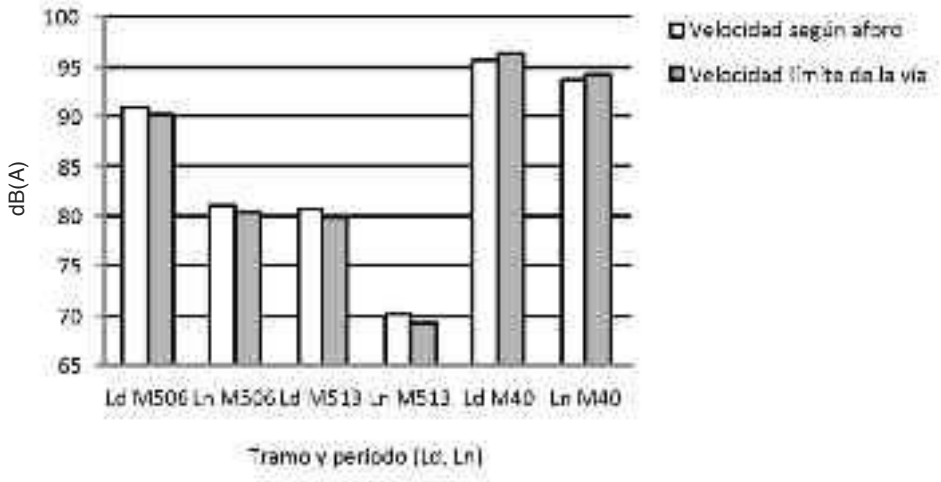



*Figura 2. Valores de emisión (dB(A)) obtenidos para los supuestos de velocidad considerados en los tramos estudiados durante el período diurno (Ld) y nocturno (Ln)*

**3) Influencia de la escala de trabajo**

Los resultados revelan el comportamiento, relativamente similar, de los modelos cartográficos a escala 1:5.000 y 1:25.000 en los tres escenarios estudiados, siendo las líneas de tendencia obtenidas muy semejantes entre sí (Figura 3). Se produce no obstante una atenuación adicional para la escala 1:5.000 de unos 2,5dB(A) que se mantiene relativamente constante a lo largo de la distancia de propagación hasta los 300 m.

La escala 1:1.000, por el contrario, muestra, en receptores próximos a la fuente, valores de Leq similares a los obtenidos en 1:5.000. Conforme aumenta la distancia, los valores revelan una clara tendencia a la atenuación progresiva en el ruido calculado, hasta situarse, a distancias de unos 300m, en diferencias de unos 2dB(A) adicionales de atenuación en su comparación con 1:5.000, y hasta 4dB(A) respecto de 1:25.000.

**4) Influencia de las hipótesis sobre la absorción acústica del suelo**

Los resultados revelan, como es previsible, los mayores valores de Leq en receptores cuando el suelo es considerado reflectante (Figura 4). Las diferencias con el supuesto de G variable se sitúan en una media de aproximadamente

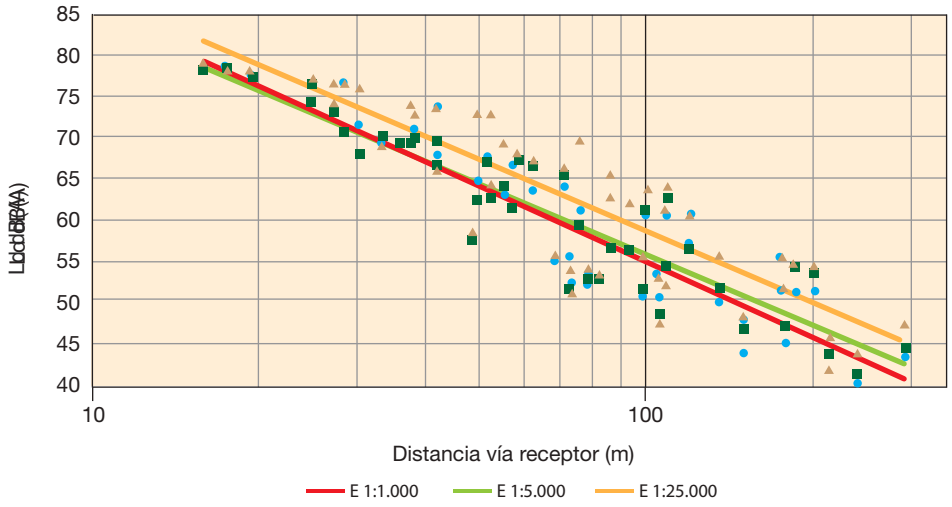



*Figura 3. Tendencias en la propagación del ruido (dB(A)) para las escalas de trabajo consideradas (E) durante el período diurno (Ld), en las tres áreas de estudio*

1dB(A) en zonas próximas a la carretera, para incrementarse ligeramente hasta escasamente 2 dB(A) a distancias de 300 m.

Respecto de las diferencias con el supuesto G=1 recomendado por el Ministerio de Fomento, se observa la progresiva atenuación adicional conforme aumenta la distancia de propagación, con diferencias con el caso más desfavorable (G=0) que alcanzan los 3dB(A) a 100m, y 5dB(A) a 300 m.

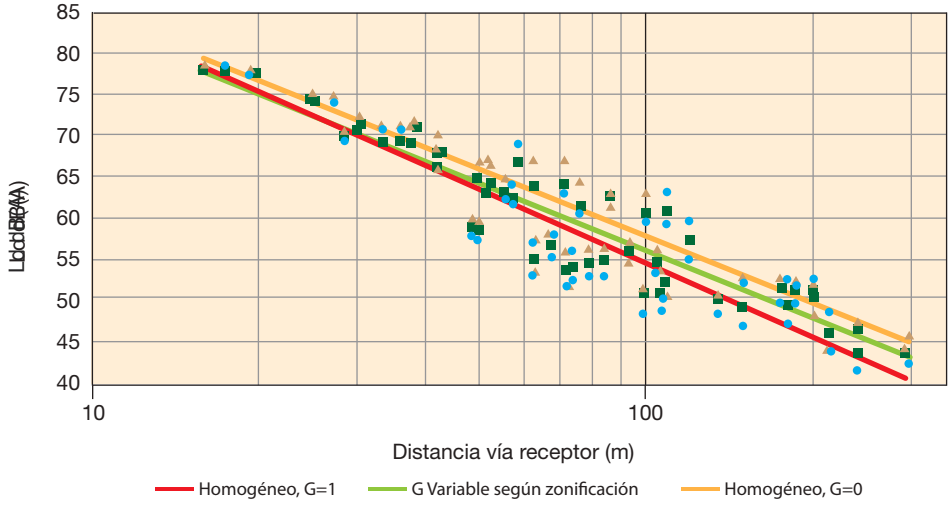



*Figura 4. Tendencias en la atenuación (dB(A)) por "efecto suelo" según la variación del coeficiente G durante el período diurno (Ld) en receptores fijos en las tres áreas de estudio*

**5) Influencia de las condiciones atmosféricas**

La comparación realizada para las tres áreas de estudio entre ambos supuestos (valores medios nacionales frente a datos medios anuales obtenidos de las estaciones meteorológicas más próximas) revela muy escasa diferencia entre ambas hipótesis, cifrada en valores que alcanzan máximos de 0,1dB(A), incluso a grandes distancias de la fuente.

## Discusión y conclusiones

Los resultados obtenidos permiten señalar la influencia muy desigual que tienen las numerosas hipótesis que precisa el modelo francés para su aplicación. La evidencia aquí expuesta, limitada sólo a tres tramos de carretera, y sólo a algunas de las múltiples variables que han de ser controladas en el cálculo, permite deducir la importancia de vigilar de manera especial determinados datos de entrada del modelo, dado su elevado peso en el resultado. Por el contrario, otras variables pueden ser objeto de simplificación importante, sin que por ello se produzca alteración sustancial de resultados.

Es notoria la sensibilidad del modelo a los datos relativos a la distribución horaria de la IMD. Los resultados sugieren la conveniencia de manejar los valores horarios más precisos posibles siempre que estén disponibles en estaciones de aforo, y evitar el empleo de simplificaciones o generalizaciones excesivas, estimadas a partir del dato global de IMD. Por la misma razón, resulta de particular importancia recurrir a aquellos aforos que mejor puedan reflejar el comportamiento de la vía.

Las diferencias en el valor de emisión para distintos supuestos de intensidad son, durante el período diurno, destacables, si bien es en período nocturno donde se han observado, en dos de las tres vías estudiadas (M-506, M-513), diferencias que podrían considerarse, cuando menos, excesivas. El resultado es coincidente con las observaciones en Francia (11), donde se han revisado los perfiles horarios de tráfico a emplear en determinadas tipos de vía con la finalidad de prevenir la infravaloración del impacto durante la noche. Caso aparte lo constituye la M-40, en la que las diferencias, en particular de noche, tienden a ser menores, circunstancia probablemente atribuible a los elevados valores de intensidad registrados en período nocturno, consecuencia de su uso como vía de largo recorrido en ciertos momentos de ese período, como refleja su perfil horario.

Los resultados revelan asimismo la importancia del detalle del modelo cartográfico a emplear y su papel en la atenuación durante la propagación de la onda acústica, siendo dicha atenuación mayor conforme aumenta la escala. Este resultado es explicable, en general, por el mayor número de elementos del relieve, que tienden a provocar difracciones adicionales, a escalas mayores. Se observa, no obstante, una notoria similitud entre las escalas 1:1.000 y 1:5.000 en zonas cercanas al trazado, y hasta distancias superiores a los 100m. Estos resultados, de hecho, no parecen justificar la reciente recomendación realizada por el Mi-

nisterio de Fomento (7), relativa a la generación de modelos 1:1.000 hasta 100 m de distancia, y 1:5.000 a partir de la misma.

Por otra parte, los distintos supuestos empleados para valorar el coeficiente G, a emplear en la atenuación por "efecto suelo", revelan, como era previsible, diferencias entre ellos que tienden a ser crecientes con la distancia. En todo caso, las diferencias no son especialmente acusadas, lo que probablemente es debido a la naturaleza marcadamente reflectante que presenta, en general, el terreno en al menos dos de las áreas de estudio elegidas (superficies pavimentadas, con las salvedades de pequeñas superficies ajardinadas o terrenos baldíos). Pese a ello, es relevante señalar que la diferencia entre el supuesto establecido por el Ministerio de Fomento (G=1) (7) y el que mejor refleja la realidad del terreno (G variable) se sitúa, a 100m de distancia, en 2dB(A) de atenuación adicional para el primero.

Los resultados relativos a otras variables, como la velocidad de circulación o la influencia de las condiciones atmosféricas, permiten deducir una menor influencia en los resultados de los supuestos a emplear para su cálculo, siendo susceptibles, por tanto, de simplificación o generalización mayor.

Finalmente, es de destacar el efecto acumulado que este conjunto de hipótesis pueden tener en el ruido finalmente calculado en un receptor. En tal sentido, y a falta de disponer de resultados sobre variaciones en el volumen de población expuesta, una primera aproximación a los valores de Leq resultantes a partir de distintas combinaciones de los supuestos aquí empleados arroja valores que superan, con frecuencia holgadamente, los 10dB(A) de diferencia, cantidad a todas luces excesiva.

## Referencias bibliográficas

(1) RD 1513/2005, de 16 de diciembre, por el que se desarrolla la Ley 37/2003, de 17 de noviembre, del Ruido, en lo referente a la evaluación y gestión del ruido ambiental.
(2) RD 1367/2007, de 19 de octubre, por el que se desarrolla la Ley 37/2003, de 17 de noviembre, del Ruido, en lo referente a zonificación acústica, objetivos de calidad y emisiones acústicas.
(3) Directive 2002/49/EC of the European Parliament and of the Council of 25 June 2002 relating to the assessment and management of environmental noise.
(4) European Commission, 2006. Good Practice for Strategic Noise Mapping and the Production of Associated Data on Noise Exposure. European Commission Working Group Assessment of Exposure to Noise. European Commission.
(5) Tomé, R. 2008. Mapas de ruido, problemas y experiencias. En: *9º Congreso Nacional de Medio Ambiente*. Madrid.
(6) Fernández, P., Jiménez, M., García, I. y Vázquez, M. 2007. *Elaboración de mapas estratégicos de ruido en las carreteras del Estado. Controlando la coherencia*. D.G. Carreteras-Ministerio de Fomento, Fundación Labein-Tecnalia.

(7) Ministerio de Fomento. 2010. *Criterios y condiciones técnicas para la elaboración de los mapas estratégicos de ruido de las carreteras de la red del Estado. 2ª fase 2012.* D.G. Carreteras, Ministerio de Fomento.
(8) CERTU. *Guide du Bruit des Transports Terrestres - Prévision des Niveaux Sonores.* CERTU, France, 1980.
(9) CERTU. *Bruit des Infrastructures Routières. Méthode de Calcul Incluant les Effets Météorologiques. Version Expérimentale-NMPB Routes 96.* CERTU, CSTB, LCPC, SETRA, France, 1997.
(10) European Commission, 2003. *Adaptation and Revision of the Interim Noise Computation Methods for the Purpose of Strategic Noise Mapping*. European Commission, Brussels.
(11) SETRA. 2007. Calcul prévisionnel de bruit routier. Profils journaliers de trafic sur routes et autoroutes interurbaines. Note d'information - Economie, *Environnement, Conception,* 77. SETRA, France.
(12) CEDEX. Evaluación y Gestión del Ruido Ambiental (EGRA). http://www.cedex.es/egra/
(13) Deutsches Institut Fur Normung, 2006. DIN 45687. Acoustics - Software products for the calculation of the sound propagation outdoors - Quality requirements and test conditions. Deutsches Institut Fur Normung.

# Método de estudio para la selección de alternativas en ubicación de campos de golf en Andalucía, según Decreto 43/2008

## *Study Methods for Selecting Potential Sites for Golf Courses in Andalucía, as Decree 43/2008*

**S. DELGADO PERALES**
Ingeniero de Montes, Titulado ETSIAM.
Universidad de Córdoba

**Mª A. FUENTES LUQUE**
Licenciada en Ciencias Ambientales, Colaboradora Honoraria
del Dpto. de Ingeniería Rural, ETSIAM. Universidad de Córdoba

**J. FUENTES LUNA**
Profesor Titular de Universidad. Dpto. de Ingeniería Rural. ETSIAM.
Universidad de Córdoba

## Introducción

Una forma de impedir o en su caso minimizar los impactos negativos y maximizar los impactos positivos que genere la actividad del golf, en lo referente a su ubicación territorial es, el analizar previo de las superficies más adecuadas, o lo que es lo mismo, aquella alternativa que presente una mayor **Capacidad de Acogida**. En la Comunidad autónoma de Andalucía se aprobó el Decreto 43/2008, de 12 Febrero, regulador de las condiciones de implantación y funcionamiento de campos de golf en Andalucía (BOJA nº 41 de 27/02/2008)**,** el cual se encuentra modificado por el Decreto 309/2010, de 15 de Junio (BOJA nº 119 de 18/06/2010).

## Objetivos

**El objetivo general** de este trabajo consiste en "Seleccionar un Sistema o Método de Estudio" que permita escoger los lugares óptimos desde el punto de vista medioambiental para la implantación de los campos de golf en Andalucía según lo regulado en el Decreto 43/2008, de 12 Febrero, regulador de las condiciones de implantación y funcionamiento de campos de golf en Andalucía.

De este objetivo general se derivan otros **específicos:**

1. Conocimiento de las diferentes partes que conforman estructuralmente un campo de golf;
2. Analizar el Decreto 43/2008 de la CAA y extraer los condicionantes para la construcción de un campo de golf;

3. Análisis medioambiental de la CAA, a través de mapas específicos de cada uno de los factores ambientales;
4. Siguiendo la metodología de "Superposición de Transparentes", seleccionar el programa de SIG que mejor se adapte a este método para obtener un mapa final que defina la mayor Capacidad de Acogida, según Decreto;
5. Análisis y propuesta de otros condicionantes que, unidos a los que marca el Decreto, puedan favorecer la Capacidad de Acogida;
6. Por último, la elaboración de un **mapa final zonificado por Capacidad de Acogida Total de forma gradual.**

## Material y métodos

Para la realización de este estudio se ha partido de la **descripción y estudio** (1) de cada una de las partes que conforman un campo de golf, como son: calles, tee, greeen, rough, bunker, etc.

*Figura 1. Partes de un hoyo en un campo de golf*

A continuación se realiza un **análisis del Decreto 43/2008**, estudiando los requisitos que se exigen para la correcta implantación de los Campos de Golf en la Comunidad Autónoma de Andalucía y se estudia la **mayor información detallada posible,** referente a las capas de información desde el punto de vista medioambiental de la C.A.A., para su posterior aplicación y manejo a través de SIG.

En relación a los condicionantes ambientales presentes en el territorio de Andalucía, para la implantación de campos de golf según el Decreto 43/2008, se resumen en los siguientes:

## A. Limitaciones por razones orográficas y geológicas

*Figura 2. Terrenos no aptos por razones orográficas y geológicas*

A continuación se describe el material ambiental utilizado para este condicionante:

### – *Tipos de suelos en Andalucía*

La gran diversidad de Andalucía en cuanto a topografía, clima, composición de rocas y actuación de agentes geológicos, se refleja en la variedad de suelos presentes. Así, se pueden encontrar diferentes tipos de cada una de las grandes categorías de suelos.

### – *Permeabilidad*

La permeabilidad de los suelos, entendida como la facultad con la que el agua pasa a través de los poros, tiene su interés sobre el costo y las dificultades a encontrar en muchas operaciones constructivas.

### – *Erosión*

La erosión o pérdida del suelo (en cantidad y calidad) es uno de los problemas ambientales más severos, provocando rupturas del equilibrio ecológico, conduciendo irremediablemente a la desertización del territorio.

Según el Artículo 7 del Decreto 43/2008, no se considera terreno apto para la implantación de campos de golf aquellos terrenos que presenten riesgo de ero-

sión, desprendimiento o corrimientos que no puedan ser adecuadamente corregidos por medios técnicos. Es recomendable estudiar el lugar de implantación del campo de golf in situ y estudiar meticulosamente la erosión presente que muestra el terreno.

– ***Relieve de Andalucía***

El relieve puede ser considerado como el principal factor que va a configurar el medio natural. De esta forma, las barreras montañosas y su disposición van a conformar el clima, la red fluvial, los suelos y su erosión, los pisos bioclimáticos, etc. Por lo tanto, el relieve configurará no sólo los recursos naturales, sino también su forma de aprovechamiento, en nuestro caso su adopción para acoger un campo de golf.

El relieve de Andalucía, se caracteriza por su complejidad en formación, materiales y estructura. Esta complejidad da como consecuencia el que la ocupación y la explotación del territorio andaluz, sea muy diferente de un punto a otro.

– ***Regiones climáticas de Andalucía***

El clima de Andalucía se encuentra muy influenciado por su localización geográfica y su compleja orografía. Desde un punto de vista global, se encuadra dentro del dominio climático mediterráneo, aunque a un mayor nivel de detalle se distinguen varios ámbitos, estableciéndose un total de seis tipos climáticos en la comunidad andaluza.

## B. Limitaciones por razones hidrológicas

Según el Decreto 43/2008 la aptitud de los terrenos andaluces referente a las características hidrológicas dan como no aptos para la implantación de campos de golf en Andalucía los siguientes terrenos:

*Figura 3. Terrenos no aptos por razones hidrográficas*

En relación a la no aptitud para la implantación de campos de golf de los terrenos ubicados en las cabeceras de los ríos, señalar que las cabeceras de las cuencas normalmente se van a encontrar en terrenos con un porcentaje elevado de pendientes, más del 35 %. Por lo que resultará cómodo identificar estos terrenos.

### *C. Limitaciones por razones de vegetación y fauna*

*Figura 4. Terrenos no aptos por razones de vegetación y fauna*

En este apartado, se ha incluido además como no aptos, los terrenos incluidos en el régimen jurídico de protección ambiental, como son:

- Planes de Ordenación de Recursos Naturales (PORN).
- Planes Rectores de Uso y Gestión (PRUG).
- Zonas de especial protección de las aves (ZEPA´s).
- Lugares de Interés Comunitario (LIC´s).
- Zonas de Especial Conservación (ZEC).
- Red Europea de Espacios Naturales Protegidos (Red Natura 2000).
- Protecciones Ambientales POT´s.
- Plan Ambiental de Andalucía, Planes de Sostenibilidad, Plan Forestal de Andalucía, etc.
- Legislación Ambiental: protección de flora, fauna, suelos, etc.…

Una vez analizado el Decreto 43/2008 y obtenida toda la información ambiental necesaria para el estudio, se propone la utilización de **SIG** (2) **y la metodología de Superposición de Transparentes** como herramientas para el estudio.

Se presenta la idea de trabajar con ArcGis, mediante la "Metodología de Superposición de Capas", basado en el método de **"Superposición de Transparentes"** aplicada en los Estudios de Impacto Ambiental, así como la conocida "**Evaluación Multicriterio",** permitiendo conseguir el diseño de todos los mapas necesarios, siguiendo los condicionantes del Decreto y demostrar, tanto a nivel

regional como provincial, los lugares que son aptos para la implantación de los campos de golf.

El estudio de implantación de campos de golf en Andalucía se ha basado en el trabajo de los mapas que se detallan a continuación. Los mapas entre el nº 1 y el nº 12, representan las condiciones y requisitos para la implantación territorial de campos de golf en Andalucía según el Decreto; los mapas del nº 13 al nº 16 corresponden a mapas adicionales que se han considerado necesarios para el estudio. Se recogen en la Tabla 1.

*Tabla 1. Mapas*

| Mapa | Título |
|---|---|
| **Nº 1** | **Aptitud de los suelos andaluces según el grado de erosión**. Elaborado con dos rangos: <50 Tn/Ha/año (APTO) y >50 Tn/Ha/año (NO APTO). |
| **Nº 2** | **Aptitud de los suelos andaluces según el porcentaje de pendiente.** Elaborado con dos rangos: < 35% de pendiente (APTA) y >35% de pendiente (NO APTA) |
| **Nº 3** | **Aptitud de los suelos andaluces según la desertificación actual de Andalucía**. Dentro de los cinco grupos que presenta el mapa actual de desertificación de Andalucía, se ha elaborado un nuevo mapa que identifica la Zona Apta y No Apta en dos rangos de desertificación. APTA (no evaluado, áreas muy alejadas y áreas alejadas); NO APTA (áreas potencialmente cercanas y áreas muy cercanas o potencialmente desertificadas). |
| **Nº 4** | **Ríos y embalses presentes en Andalucía**, incluyéndose el cálculo de las zonas de dominio público hidráulico a través de la creación de los buffer de 105 m. |
| **Nº 5** | **Localización de los acuíferos y manantiales presentes en Andalucía.** Se trabaja solo con los manantiales y con la creación de su zona de dominio público hidráulico con un buffer de 105m. |
| **Nº 6** | **Aptitud de los suelos andaluces según la permeabilidad de los suelos.** Elaborado con dos rangos: permeabilidad media y baja (APTA) y permeabilidad alta (NO APTA). |
| **Nº 7** | **Humedales presentes en Andalucía.** |
| **Nº 8** | **Montes públicos y vías pecuarias en Andalucía.** |
| **Nº 9** | **Espacios naturales protegidos andaluces.** |
| **Nº 10** | **Distribución de las zonas catalogadas como ZEC y ZEPA en Andalucía (RED NATURA 2000).** |
| **Nº 11** | **Distribución de las zonas catalogadas como Reserva de la Biosfera en Andalucía.** |
| **Nº 12** | **Localización de la flora amenazada en Andalucía.** |
| **Nº 13** | **Vías de comunicación en Andalucía.** Elaborado teniendo en cuenta las zonas de servidumbre legal, las zonas de afección y las zonas de no edificación, mediante la creación de un buffer de 100 metros |
| **Nº 14** | **Campos de golf de la comunidad andaluza** |
| **Nº 15** | **Localización de los núcleos de población y zonas militares en Andalucía.** |
| **Nº 16** | **Zonas arqueológicas en Andalucía.** |

Por último, una vez elaborados los mapas representativos de los diferentes factores ambientales, se procede a su superposición creando un **mapa final** que muestra aquellos **lugares aptos y no aptos**, es decir, la **Capacidad de Acogida para los campos de golf en la C.A.A.**

## Resultados

Como resultado se obtiene el Mapa de Estudio para la implantación de campos de golf en Andalucía según el Decreto 43/2008, en el que se refleja la aptitud del territorio para la implantación de los campos de golf en la Comunidad. Asimismo se realiza un estudio detallado para cada una de las provincias andaluzas.

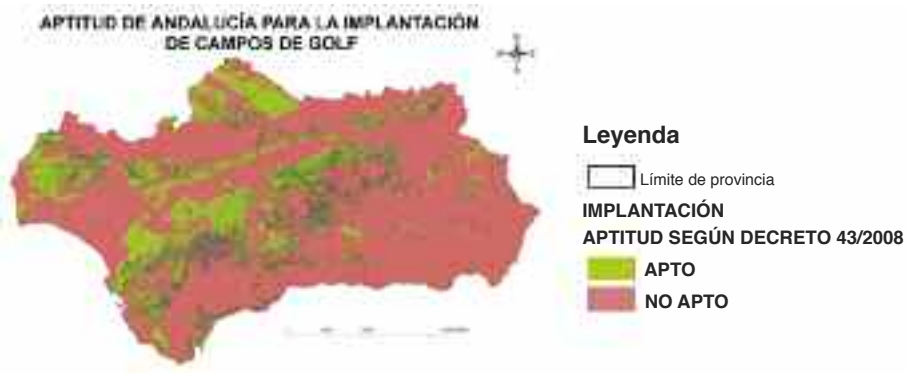



*Figura 5. Mapa de Estudio para la implantación de campos de golf en Andalucía según Decreto 43/2008*

Sobre el mapa regional obtenido y más detalladamente sobre cada una de las provincias andaluzas, se analiza el estudio de la presencia de estaciones depuradoras o EDAR´s, Aeropuertos, Estaciones de Tren de Alta Velocidad (AVE) y Puertos Deportivos, mediante la creación de un Buffer determinado para cada una, así como un valor de importancia. La elección de estas alternativas hace que éstas sean un aliciente para una posible implantación de campos de golf.

El valor de la importancia asignado a cada alternativa se realiza en relación a otra alternativa, de modo que, a los buffer de las EDAR´s se le asigna el valor más alto (2), seguidas por los Aeropuertos (3), AVE (4) y Puertos Deportivos (5). El valor (1) es el valor asignado a las zonas aptas para la implantación de un campo de golf según el Decreto, por lo que el orden de importancia queda de la siguiente manera: 1>2>3>4>5.

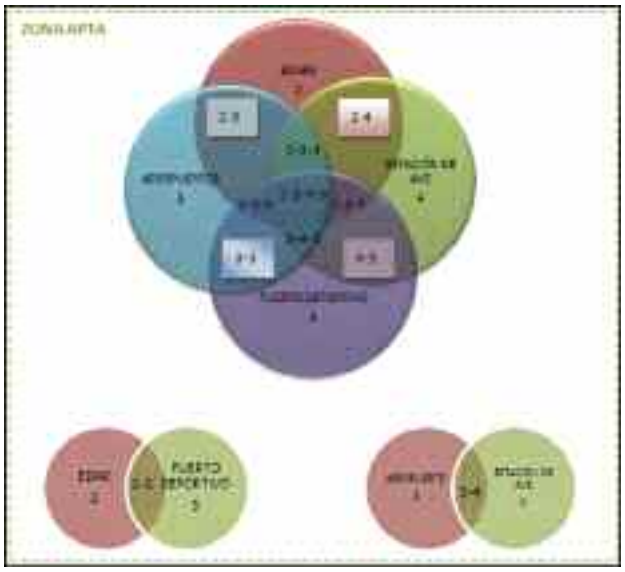


*Figura 6. Posibles intersecciones entre Buffer creados, sobre la zona apta*

Realizando la intersección de los distintos buffer con la zona apta, se consiguen 15 intersecciones posibles entre los buffer de las distintas alternativas (Figura 6). En consecuencia, se establece un orden de Capacidad de Acogida para la actividad del golf en Andalucía, tal y como se muestra a continuación: El orden 1º es la intersección que acoge a todos los buffer en zona Apta (1-2-3-4-5), y así sucesivamente (Tabla 2).

*Tabla 2. Valor asignado a cada una de las posibles intersecciones de los buffer creados*

| Valor asignado (escala de valores) | Intersección de los buffers |
|---|---|
| **2º** | 1-2-3-4 |
| **3º** | 1-2-3-5 |
| **4º** | 1-2-3 |
| **5º** | 1-2-4-5 |
| **6º** | 1-2-4 |
| **7º** | 1-2-5 |
| **8º** | 1-2 |
| **9º** | 1-3-4-5 |
| **10º** | 1-3-4 |
| **11º** | 1-3-5 |
| **12º** | 1-3 |
| **13º** | 1-4-5 |
| **14º** | 1-4 |
| **15º** | 1-5 |

Como resultado final se obtiene el Mapa de Estudio de alternativas de implantación de campos de golf en Andalucía y de forma detallada en sus respectivas provincias.

*Figura 7. Mapa de estudio alternativas de implantación de campos de golf en Andalucía*

*Figura 8. Mapa de estudio alternativas de implantación de campos de golf en Cádiz*

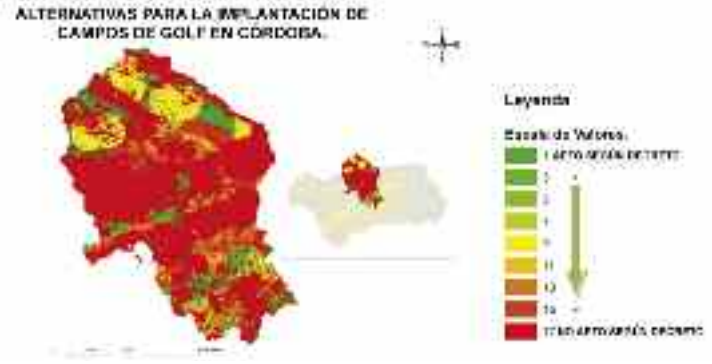



*Figura 9. Mapa de estudio alternativas de implantación de campos de golf en Córdoba*

## Discusión y conclusiones

El estudio demuestra la importancia de un **enfoque ambiental** desde el inicio del proyecto de un campo de golf hasta su terminación, incluyéndose el mantenimiento y la gestión del mismo.

El método de **Superposición de Transparentes**, empleando los SIG adecuados, facilita el manejo de criterios ambientales diversos a la hora de planificar la futura expansión del sector del golf.

Los sistemas de información geográfica, para nuestro estudio el **ArcGis**, aplicado para la selección de terrenos con **Capacidad de Acogida** determinada por el Decreto, **se considera viable**.

Los buffer aportados, EDARs, Aeropuertos, Estaciones de AVE y Puertos Deportivos se consideran importantes para establecer prioridades a la hora de selección de zonas, puesto que repercute en una **mayor Capacidad de Acogida**.

## Referencias bibliográficas

(1) Gómez-Lama, M., Priego de Montiano, R. 1994. *Valoración Ambiental de los Campos de Golf de Andalucía.* Servicio de publicaciones de la Universidad de Córdoba. Córdoba.

(2) Mancebo Quintana, S., Ortega Pérez, E., Valentín Criado, A. C., Martín Ramos, B., Martín Fernández, L. 2008. *LibroSIG: aprendiendo a manejar los SIG en la gestión ambiental.* Madrid.

http://www.juntadeandalucia.es/boja/boletines/2008/41/d/updf/d1.pdf

http://www.juntadeandalucia.es/medioambiente/site/rediam

http://www.juntadeandalucia.es/medioambiente/site/aplica/medioambiente/site/web/menuitem.a5664a214f73c3df81d8899661525ea0/?vgnextoid=37762526ca1e4010VgnVCM1000000624e50aRCRD&vgnthirdoid=

# Aplicación práctica del umbral visual para la delimitación del área máxima de trabajo en estudios de afección al paisaje

## *Practical Application of Visual Threshold for the Definition of Maximum Working Area in Studies of Effects on the Landscape*

**V. ASENJO DÍAZ**
**J. ÁLVAREZ DÍAZ**
**G. DE LA FUENTE DE VAL**
**J. GRIJOTA CHOUSA**
Asociación Técnica de Ecología del Paisaje y Seguimiento Ambiental, ECOPAS

## Introducción

La adecuada definición del ámbito de trabajo es un aspecto esencial de los estudios de afección al paisaje que aún está sin resolver debido a la divergencia de criterios de las administraciones ambientales, lo que ha propiciado situaciones tan dispares en las que para proyectos de similares características técnicas se exijan áreas de estudio que van desde los 3.500 m (1) a los 30 km (2). El efecto de la distancia entre observador y proyecto es primordial para definir el área máxima de estudio, pues delimitará objetivamente los esfuerzos de recopilación de datos y los tiempos de cálculo.

El umbral visual es una propiedad útil para delimitar de forma justificada el área de estudio. Esta propiedad tiene una base fisiológica y puede definirse como "la distancia a la que el 50% de los observadores informan positivamente a una petición del investigador". Dicha petición puede ser detectar un objeto en el espacio (umbral de detección), reconocer dicho objeto (umbral de reconocimiento), etc.

El presente artículo analiza la aplicabilidad en nuestro territorio de la metodología desarrollada, principalmente en Australia, por Shang y Bishop (3) para la delimitación de umbrales visuales, vinculados a estudios de afección sobre el paisaje. El modelo de Shang y Bishop, desarrollado mediante regresión logística, aporta 4 ecuaciones a partir de valoraciones con simulaciones por ordenador con pares de fotos, para predecir umbrales visuales. Estas ecuaciones se pueden interpretar como de ***detección****:* el observador detecta algo anómalo en el paisaje, de ***reconocimiento****:* el observador reconoce el objeto, a su vez desglosado en dos: ***informado****:* el observador sabe lo que debe buscar (ha sido informado) y ***no informado***: el observador no sabe lo que debe buscar y, por último, de ***impacto****:* el observador determina que la presencia del objeto genera un impacto sobre su campo visual. Posteriormente, la bondad de estas ecuaciones se han estudiado en el caso particular de un objeto en movimiento, un aerogenerador (4), y sobre un parque eólico marino en su conjunto (5).

Estos preliminares de las cuatros ecuaciones, propone la utilización del "***Umbral de Reconocimiento No Informado***" como el método, a priori, más apropiado para la delimitación del área máxima de trabajo en estudios de afección al paisaje (6). Este umbral representa la probabilidad de que un objeto determinado sea reconocido por el observador sin que previamente haya sido informado de su presencia en el territorio o de su grado de impacto en el paisaje.

El modelo Shang-Bishop se aplica a tres proyectos reales, con características estructurales diferentes y ubicados en zonas diferentes, que corresponden a: el *Parque eólico* de Villacastín (Segovia), la *Iglesia* de San Pedro en Santos de la Humosa (Madrid), y una *Línea eléctrica de Alta Tensión* en Horche (Guadalajara).

## Material y métodos

Para probar la utilidad del modelo, se han definido una serie de etapas diferenciadas y concadenadas (ver figura 1). Primero se han construido las curvas de probabilidad-distancia, correspondientes al **Umbral de Reconocimiento No Informado** ($Z_{UR}$), para cada proyecto mediante la siguiente ecuación del Modelo Shang-Bishop:

$$Z_{UR} = -7{,}56 + 0{,}0017\ (C^*S) + 5{,}014\ (CD) - 1{,}623\ (SH) + 0{,}037\ (S)$$

Donde:

S: Dimensión angular del objeto, se mide en $min^2$.
C: Contraste entre el elemento y el fondo, medido en %.
CD: 1 si el contraste es positivo y 0 si es negativo.
SH: 1 en forma de torre y 0 en forma de tanque.

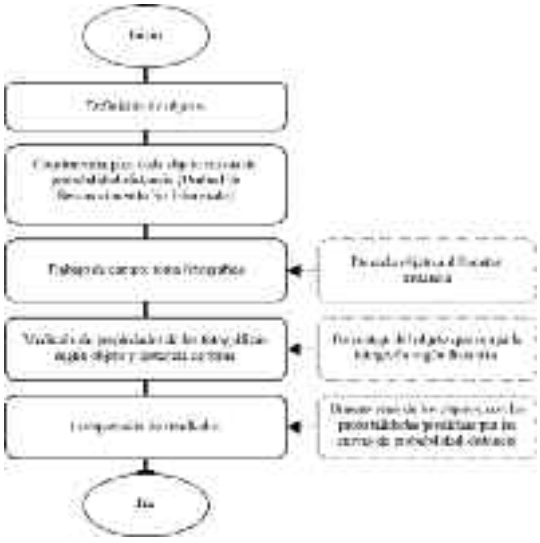


*Figura 1. Fluxograma*

Los objetos reales utilizados en el estudio fueron:

**Parque eólico de Villacastín (Segovia)**

Cálculo de la sección transversal: Altura de la torre 50 m. Ø en la base: 3 m. Ø en corona: 2 m. Rotor: Ø 50 m. Aspas: triángulos rectángulos de 25 x 2 m. Al área real se le añade un 20% por el efecto de la rotación (4).

Área aplicada por aerogenerador: 292,8 $m^2$
Contraste: 17%
Tipo de objeto: Torre

*Figura 2. Parque eólico de Villacastín (Segovia)*

**Línea Eléctrica de Alta Tensión (LEAT), Horche (Guadalajara)**

Cálculo de la sección transversal: Altura del apoyo 40 m. Base: 9 m. Cima: 2 m. Cruz: 24 $m^2$. 30% de transparencia (celosía).

Área: 170 $m^2$
Contraste: –4%
Tipo: Torre

*Figura 3. Apoyo de LEAT en Horche (Guadalajara)*

**Iglesia de San Pedro, Santos de la Humosa (Madrid)**

Cálculo de la sección transversal: según figura adjunta
Área: 896 $m^2$
Contraste: -27%
Tipo: Tanque

*Figura 4. Iglesia de San Pedro en Santos de la Humosa (Madrid)*

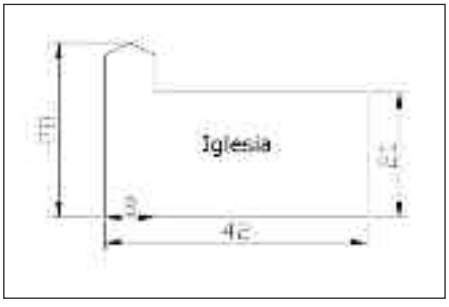



*Figura 5. Sección transversal de la iglesia de San Pedro*

*Figura 6. Ejemplo, localizacioón de los puntos de toma de fotografías de LEAT*

Segundo, construidos las curvas de probabilidad-distancia, se fue al campo y se seleccionó, y tomaron fotografías en puntos característicos de las curvas, con el apoyo de mapas topográficos, Sistema de Información Geográfica y teniendo en cuenta una iluminación favorable según la trayectoria solar.

La medición del contraste entre cada objeto y el fondo escénico se ha obtenido aplicando a las fotografías tomadas en el campo un software de tratamiento de imágenes. Las curvas se han calculado con valores reales de contraste.

La dimensión angular S se ha obtenido teniendo en cuenta la sección transversal máxima en metros cuadrados, que viene dada por el tamaño del objeto en dos dimensiones: alto y ancho.

$$S = M * (\arctan (1/d) * 60)^2$$

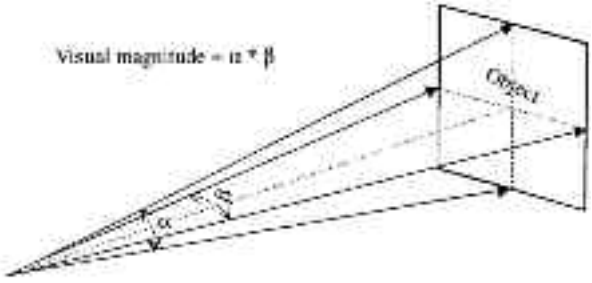



*Figura 7. Concepto de tamaño visual. Tomado de (3)*

Tercero, para cada fotografía tomada en el campo se calculó un conjunto de dimensiones, que corresponden a la altura, anchura y área del proyecto y se dividió por la altura, anchura y área total de cada fotografía, obteniéndose así el porcentaje ocupado por los proyectos en cada fotografía.

En el caso de la línea eléctrica de alta tensión y del parque eólico, las fotografías tomadas en torno a la distancia del umbral visual se retocaron dejando un sólo objeto en el paisaje, y se compararon con las originales donde aparece todo el conjunto.

Por último, para analizar y comparar los resultados se construyeron distintas gráficas a partir de las dimensiones de los proyectos, con las probabilidades pre-

dichas por las curvas de probabilidad-distancia, correspondientes al **Umbral de Reconocimiento No Informado** ($Z_{UR}$) del Modelo Shang-Bishop.

## Resultados

A modo general, en la siguiente gráfica se presentan las curvas de probabilidad de reconocimiento $Z_{UR}$ vs distancia para los tres objetos. Como se aprecia, la pendiente es mucho mayor en el apoyo de LEAT y menor en el aerogenerador, con la iglesia en un término medio. La pendiente da una idea del intervalo de distancias en las que varía sensiblemente la capacidad de percepción de la mayoría de los observadores.

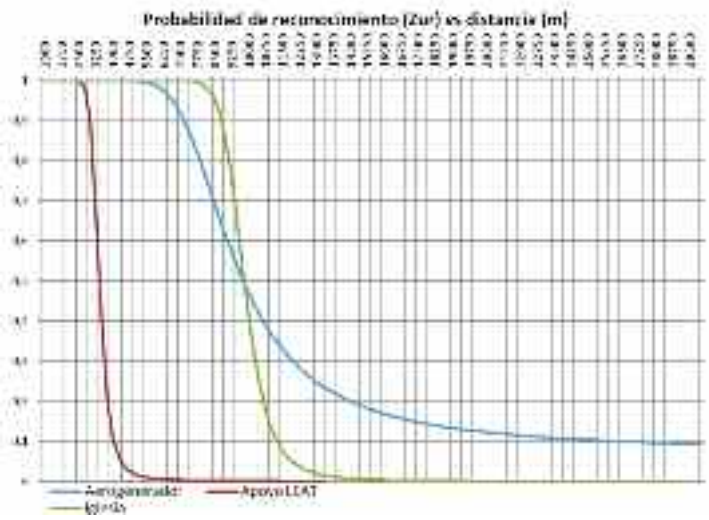



*Figura 8. Probabilidad de reconocimiento versus distancia (m)*

Considerando el umbral visual como aquél cuya p = 0,5, es decir la probabilidad de reconocimiento de un objeto determinado (no informado) es del 50% (3), se obtiene una distancia de 9.768 m para el aerogenerador, 3.405 m para un apoyo de LEAT y 9.811 m para la iglesia de San Pedro.

Un resumen de las dimensiones calculadas en las fotografías tomadas de los proyectos, se puede apreciar en la siguiente tabla. Al analizar los datos se observa, que varían las dimensiones relativas con respecto a la distancia, a mayor distancia menor porcentaje relativo de largo, ancho y área de los proyectos en las fotografías; esto según una función potencial, con unos exponentes que toman valores cercanos a –2 para el área y a –1 para la altura y la anchura.

*Tabla 1. Resumen de las dimensiones relativas calculadas en las fotografías de los proyectos, en función de la probabilidad-distancia*

| | Distancia (m) | Dimensiones relativas (%) | | | Zur |
|---|---|---|---|---|---|
| | | Largo | Alto | Área | |
| Iglesia | 10.050 | 0,58 | 0,54 | 2,1E-03 | 0,39 |
| | 8.370 | 0,69 | 0,61 | 3,2E-03 | 0,97 |
| | 7.420 | 0,74 | 0,72 | 3,8E-03 | 1 |
| LEAT | 3.710 | 0,58 | 1,66 | 5,8E-03 | 0,23 |
| | 3.420 | 0,61 | 2,26 | 8,3E-03 | 0,48 |
| | 2.995 | 0,66 | 2,59 | 1,0E-02 | 0,90 |
| | 2.660 | 0,82 | 4,10 | 2,0E-02 | 0,99 |
| | 2.310 | 1,18 | 4,95 | 3,5E-02 | 1 |
| Aerogenerador | 17.000 | 0,49 | 1,17 | 3,5E-03 | 0,15 |
| | 15.150 | 0,55 | 1,35 | 4,5E-03 | 0,18 |
| | 14.000 | 0,52 | 1,57 | 4,9E-03 | 0,21 |
| | 12.450 | 0,62 | 1,73 | 6,4E-03 | 0,27 |
| | 9.000 | 0,87 | 2,67 | 1,4E-02 | 0,61 |
| | 7.400 | 1,20 | 2,88 | 2,1E-02 | 0,87 |

De forma particular, esto se aprecia mejor en las gráficas siguientes, donde se observa cómo se reduce rápidamente el área relativa que ocupa el proyecto en las fotografías.

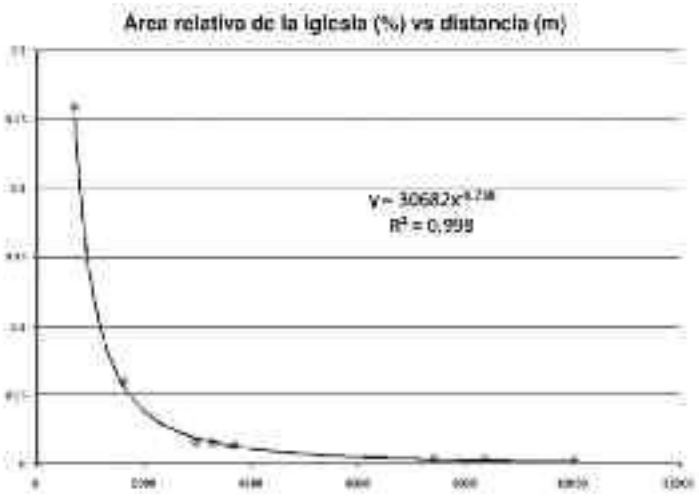



*Figura 9. Área relativa de la iglesia (%) versus distancia (m)*

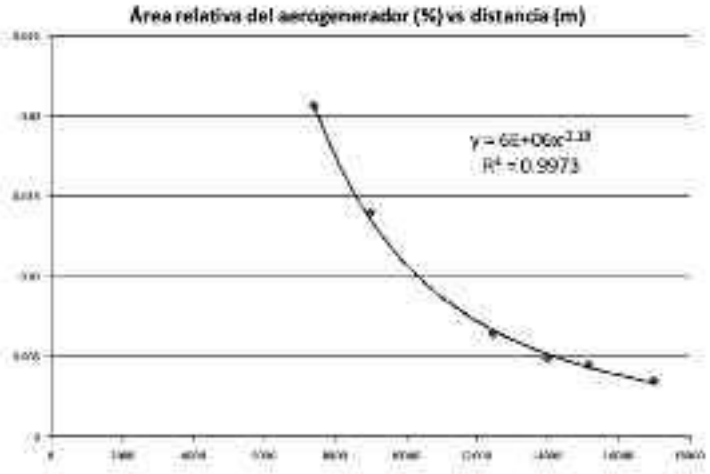



*Figura 10. Área relativa del aerogenerador (%) versus distancia (m)*

*Figura 11. Área relativa del apoyo del LEAT (%) versus distancia (m)*

No obstante, estos cambios no suceden rápidamente al considerar la variable $Z_{UR}$ (**Umbral de Reconocimiento No Informado**); donde observamos que no comienza a disminuir su valor hasta distancias del orden de aproximadamente de 3, 7 y 9 km para el apoyo de la LEAT, el aerogenerador y la iglesia respectivamente (ver Tabla 1). Es decir, la probabilidad de detección de objetos en el campo visual no decrece linealmente sino a partir de una cierta distancia crítica, que según sugiere los resultados depende del tipo de estructura de proyecto.

## Discusión y conclusiones

De modo general, se aprecia que las fotografías tomadas en las distancias de umbral visual que predice el método presentan coherencia con la fórmula en el caso de objetos aislados, en función del contraste y probabilidad de reconocimiento del mismo, como la iglesia, un apoyo de LEAT o un aerogenerador. Pero, nuestra experiencia en el trabajo de campo, no indico que en el caso de la LEAT y el parque eólico: la existencia de un conjunto de objetos similares facilita el reconocimiento de uno de los objetos. Esto nos sugiere que se deben efectuar más estudios para determinar qué efecto tiene la composición de objetos en la definición del umbral visual. Presumiblemente, el reconocimiento sea más inmediato en vistas donde el fondo escénico este dominado por objetos similares, o por objetos de diferente tamaño y forma, que en vistas con único objeto; hipotéticamente la probabilidad de detección será diferente.

Por otra parte, considerando la comparación de los resultados obtenidos en el modelo teórico y en el análisis fotográfico se observa que: el paso de un proyecto reconocible por la mayoría de los observadores y otro difícilmente distinguible, se da para valores muy pequeños de las variables relativas estudiadas, como largo, ancho y área. Mientras que estas decrecen rápidamente con la distancia, la probabilidad no comienza a decrecer hasta distancias mucho mayores. Esto es un resultado esperable, ya que a pesar de ocupar un pequeño porcentaje dentro de la fotografía, las formas artificiales son fácilmente distinguibles en escenas compuestas por elementos singulares y diferenciados en el paisaje, como los utilizados en este articulo (7).

Como hemos apreciado, los resultados entre modelo teórico y el análisis de las fotografías tomadas en el campo han resultado ser bastante coherentes con la realidad. No obstante cabe seguir avanzando, y esta fase considerando la evaluación en situ o bien mediante simulaciones visuales por medio de observadores reales para comparar y valorar la definición de los umbrales visuales, variando tanto en la tipología y formas de las construcciones como en su textura y contraste con el paisaje.

En definitiva, el trabajo muestra que el método de Shang y Bishop (3) produce unos resultados bastante coherentes en la delimitación de umbrales visuales para los objetos evaluados, lo cual abre una oportunidad de seguir profundizando en su aplicación en nuestro contexto paisajístico y constructivo. Contar con técnicas de análisis que permitan valorar las afecciones al paisaje, de un modo objetivo es una oportunidad más que necesaria sino urgente hoy en día; ya que muchas veces los estudios de paisaje se ven sometidos al campo de lo subjetivo y especulativo.

## Referencias bibliográficas

(1) Generalitat Valenciana. Decreto 120/2006, de 11 de agosto, del Consell, por el que se aprueba el Reglamento de Paisaje de la Comunitat Valenciana. *DOGV* nº 5325, de 16/8/2006.

(2) Junta de Castilla y León. 2010. Requerimiento técnico de contenidos para estudios de impacto ambiental paisajístico. Documento técnico no publicado.
(3) Shang, H. D., Bishop, I. D. 2000. Visual thresholds for detection, recognition and visual impact in landscape settings. *J. Environ. Psychol.,* 20: 125-40.
(4) Bishop, I. D. 2002. Determination of thresholds of visual impact: the case of wind turbines. *Environment and Planning B: Planning and Design,* 29(5): 707-718.
(5) Bishop, I. D., Miller, D. R. 2007. Visual assessment of off-shore wind turbines: The influence of distance, contrast, movement and social variables. *Renewable Energy,* 32 (5): 814-831.
(6) Grijota, J., Asenjo-Díaz, V. 2010. Revisión comentada del concepto de umbral visual. Aplicación a la delimitación de un área máxima de trabajo para estudios de afección al paisaje. En Iglesias Merchán, C. *et al.* 2010. *Estudios de paisaje: Ámbitos de Estudio y Aplicaciones Prácticas*, 39-51. ECOPÁS, Madrid.
(7) Hernández, J., García, L. Técnicas de localización de construcciones e infraestructuras considerando el paisaje. En Ayuga, F. 2001. *Gestión Sostenible de Paisajes Rurales: Técnicas e Ingeniería*. 237-267. Mundi-Prensa, Madrid.

# Bloque III:

# Valoración de impactos: modelos y métodos cuantitativos

# Metodología para la preservación de la vegetación existente en expedientes de evaluación ambiental

## *Methodology for Existing Vegetation Preservation in Environmental Assessment Procedures*

**C. MARTÍN JIMÉNEZ**
**I. M. SOBRINI SAGASETA DE ILÚZDOZ**
ICMA-Ingenieros Consultores Medio Ambiente S.L.

**Resumen**

En esta comunicación se propone una metodología operativa para el inventario y análisis de la vegetación presente en ámbitos donde se pretenda desarrollar un determinado plan, programa o proyecto, sometido a evaluación ambiental, a fin de analizar los potenciales impactos de la actuación sobre las formaciones vegetales.
La información obtenida permite poder confrontar diversas alternativas de cara a encontrar la menos agresiva, así como definir las medidas de preservación de las masas arbóreas o pies aislados existentes en una localización concreta y la vigilancia ambiental de las mismas. Como ejemplo se expondrá un caso de plan de ordenación y de un proyecto de campo de golf.

**Palabras clave**

EAE, EIA, Vegetación, Planeamiento Urbanístico, Golf.

## Introducción

La vegetación existente en ámbitos dónde se pretende desarrollar un determinado plan, programa o proyecto sometido a evaluación ambiental, es uno de los factores clave para analizar los potenciales impactos de la actuación. No siempre se dispone ni de los medios materiales o humanos ni del tiempo necesarios para realizar un estudio en profundidad de las formaciones arbóreas del ámbito de estudio. Por ello es necesario contar con una metodología sencilla, fácil de emplear y a la vez concluyente en los resultados que arroje, de manera que sirva para llegar a conclusiones útiles sobre los impactos que sufrirá la vegetación.

El principal objetivo de esta comunicación es describir la metodología operativa para el inventario y análisis de la vegetación existente que puede verse afectada por el desarrollo de un Plan, Programa o Proyecto, tanto de manera absoluta, como comparativamente para poder confrontar diversas alternati-

vas de cara a encontrar la menos agresiva. La información obtenida sirve además para definir las medidas de preservación de las masas arbóreas o pies aislados existentes en una localización concreta y la vigilancia ambiental de las mismas.

Como ejemplo se exponen dos casos: la Ordenación Detallada del Sector SURD, OD.1 "Puente de la Estrella", de 38,37 ha, en San Cebrián de Castro (Zamora), y el proyecto de un campo de golf en la Finca "El Rincón", en Aldea del Fresno (Madrid).

En el proceso de análisis de la vegetación se ha tenido en consideración tanto el encuadre biogeográfico y bioclimático, como el estudio de la vegetación potencial y actual de la zona.

## Material y métodos

Para realizar el completo inventario de la vegetación existente pie a pie, los materiales utilizados por cada equipo de trabajo fueron una forcípula de brazo móvil, una cinta métrica profesional de 30 m, y un clinómetro. Se realizaron salidas al campo, muestreando todos los pies arbóreos mayores de 10 cm de diámetro normal - dn (considerando éste el diámetro medido a 1,30 m del suelo), así como todas las especies arbóreas protegidas por la legislación, con independencia de su diámetro. Los datos recogidos en fichas de cada pie fueron los siguientes: número de orden, nombre común, nombre científico, coordenadas UTM, altura, diámetro normal y estado fitosanitario. Los pies así medidos son representados gráficamente en el correspondiente Plano de Inventario de Vegetación.

La medición del diámetro normal se realizó mediante forcípula, con dos medidas en cruz a la altura deseada y considerando la media como medida final. A partir de dicho valor se calculó el área basimétrica (AB) de cada pie, entendida como la sección del tronco a dicha altura. Dicha área se equipara al de una circunferencia, por lo que su fórmula de cálculo es la siguiente:

$$AB = \frac{\pi \cdot dn^2}{4}$$

Para el caso de pies con troncos múltiples, en aquellos ejemplares cuyo fuste se ramifica antes de 1,30 m de altura, el diámetro se calculó mediante lo que se denominó área basimétrica equivalente (Martín Jiménez, C.). A este fin se sumaron aritméticamente todas las áreas basimétricas correspondientes a cada uno de sus troncos, de acuerdo a la siguiente fórmula:

$$AB_{equivalente} = \sum_{1}^{n} AB_n$$

donde n es el número de troncos del ejemplar. Una vez obtenido el área basimétrica equivalente del árbol, puede definirse el diámetro correspondiente al área basimétrica equivalente del árbol ($d_{AB}$), medido a 1,30 m de altura, como el

valor del diámetro a 1,30 m correspondiente al fuste de un árbol equivalente de un solo tronco, que poseyera dicho área basimétrica. Se obtiene mediante el siguiente cálculo:

$$d_{AB} = \sqrt{\frac{4 \cdot AB_{equivalente}}{\pi}}$$

Este valor de diámetro correspondiente al AB equivalente del árbol a 1,30 m de altura ($d_{AB}$) es el valor incluido directamente en las tablas de inventario de arbolado, en el caso de que el pie inventariado presente más de un tronco medido a esta altura.

La medición de las alturas de cada ejemplar (1) se realizó mediante un clinómetro y cinta métrica, realizando visuales a la altura de los ojos del ayudante a una distancia conocida, a fin de determinar la pendiente del terreno y la distancia real en proyección horizontal hasta el árbol, mediante un simple cálculo trigonométrico:

$$D = D'\cos i,$$

donde,

D = distancia en proyección horizontal en m
D' = distancia sobre el terreno en m
i = ángulo de pendiente en grados

Posteriormente se realizan visuales a la base del árbol (ángulo a) y a la copa (ángulo b), y se obtiene la altura H mediante la fórmula: $H = D. (tg\ a \pm tg\ b)$.

La posible existencia de algún pie arbóreo protegido específicamente por la normativa debido a su valor monumental, histórico o científico será otro aspecto a comprobar durante la realización del inventario.

## Resultados

### Ordenación detallada Sector SURD.od.1 "Puente de la Estrella" San Cebrián de Castro (Zamora)

La ordenación propuesta cuenta en la actualidad con manchas de vegetación de encinar desarrollado y espeso, junto a otras en las que se encuentra adehesado, en algunas parcelas sobre pastizal, y en otras parcelas sobre matorral pobre de jara.

Las áreas de reserva de espacios libres y zonas verdes se concentran en aquellos terrenos en los que las masas arbóreas mantienen una mayor densidad y frondosidad. En todo caso, el arbolado existente se considera protegido, por lo que la ubicación final de la edificación en las parcelas se verá condicionada por la existencia de dichos ejemplares vegetales.

En las localizaciones donde el encinar se encuentra más desarrollado, la fracción de cabida cubierta[1] llega hasta el 85%, de ella un 70% arbolada. En el resto de localizaciones, la vegetación se va aclarando configurando un encinar adehesado. La fracción de cabida cubierta oscila entre el 60% en la zona sur del sector (50% arbolado) y un 40% en su zona norte (30% arbolado). Otras especies presentes de singular valor ecológico y florístico son el alcornoque y el quejigo.

En los trabajos de campo se inventariaron 2.681 ejemplares arbóreos, la mayoría correspondientes a pies de encinas (*Quercus ilex*), si bien también se inventariaron 49 ejemplares de alcornoque (*Quercus suber*), así como pies dispersos de fresno (*Fraxinus angustifolia*), sauce (*Salix atrocinerea*), chopo (*Populus x canadensis*) y peral silvestre (*Pyrus bourgeana*). No existía en este caso ningún pie arbóreo incluido en el Catálogo de Especimenes Vegetales de singular relevancia de Castilla y León, regulado mediante Decreto 63/2003, de 22 de mayo.

Cada uno de los ejemplares arbóreos inventariados fueron identificados mediante un número de orden y georreferenciados mediante plano sobre ortofoto, asignando a cada especie un código de color para su representación gráfica.

Posteriormente, y a fin de compatibilizar el desarrollo propuesto con la conservación de las masas arbóreas presentes, se definieron una serie de medidas preventivas, correctoras y compensatorias en el Informe de Sostenibilidad, siendo las más relevantes las expuestas a continuación.

El arbolado existente se considerará protegido, debiendo ser este uno de los condicionantes para la ubicación de la edificación en las parcelas, respectando en cualquier caso los ejemplares de mayor porte y edad y transplantando a los espacios libres de parcela aquellos otros que se vieran afectados por la construcción, circunstancia sin la cual no se concederá la licencia de primera ocupación del edificio. Asimismo, se mantiene el arbolado situado sobre las zonas verdes.

En lo referente al arbolado situado sobre la red viaria proyectada y las masas arbustivas y de pastizal existentes, se realizará en el replanteo definitivo de la obra un inventario detallado de cada pie, indicando su destino final: transplante o conservación, En caso de ser necesaria su tala, su sustitución se realizará mediante la plantación de 5 ejemplares nuevos de similar especie y porte, a localizar en las inmediaciones de la ubicación original.

Asimismo se determinó que una agrupación existente de alcornoques de gran valor ambiental se conservaría en su totalidad, señalándose en torno a ellos un rodal que quedaría excluido de la urbanización, teniendo un tratamiento particularizado de zona verde. De igual forma, se conservarán tanto el resto de ejemplares individuales de alcornoques como los 4 quejigos inventariados, por su rareza y valor ecológico.

[1] Facción de cabida cubierta: porcentaje de suelo cubierto por la proyección horizontal de la vegetación.

*Figura 1. Detalle de la representación cartográfica del inventario*

## Campo de golf en la Finca "El Rincón", Aldea del Fresno (Madrid)

La superficie del campo de golf está ocupada por cultivos agrícolas herbáceos de regadío y cultivos herbáceos de secano con encinar adehesado acompañante. La cancha de prácticas se sitúa en una parcela de viñedo en espaldera. La balsa de riego se sitúa en un cultivo agrícola de secano.

En los resultados de campo se inventariaron un total de 176 pies de arbolado: 172 encinas (*Quercus ilex*), la mayoría de grandes proporciones, 3 ejemplares de ailanto (*Ailanthus altissima*) y un olivo (*Olea europaea*). Los cultivos agrarios, incluido el viñedo intensivo en espaldera no presentan interés de conservación. Se realizó para cada pie la correspondiente ficha y georreferenciación mediante plano sobre ortofoto aérea.

Es de señalar la importante presencia de un árbol singular, la Encina del Mesto, protegida por la Ley 2/1991, de 14 de febrero, de protección de fauna y flora silvestres de la Comunidad de Madrid y el Decreto 18/1992, por el que se aprueba el Catálogo Regional de Especies Amenazadas de Fauna y Flora Silvestres y se crea la categoría de árboles singulares. A continuación se presenta su ficha:

*Tabla 1. Ficha de la Encina del Mesto*

| | |
|---|---|
| Nº de Orden | 6 |
| Nombre común | Encina |
| Nombre científico | *Quercus ilex* |
| Coordenadas UTM | X: 394871 Y: 4461450 |
| Altura | 15,7 m |
| Diámetro | 141,9 cm |
| Estado fitosanitario | Bueno |

Esta especie presenta un sistema radicular muy desarrollado, que se ramifica abundantemente. Suele estar más desarrollado que la parte aérea, pudiendo doblar incluso la superficie de la proyección de la copa. En este caso el diámetro de copa de la Encina del Mesto es de 24 m de diámetro.

La realización de un inventario previo en las fases preliminares de diseño de alternativas al proyecto permitió la toma de decisiones a nivel de delimitación de áreas de actuación, diseño del campo adaptado a los condicionantes ambientales existentes y posterior adopción de medidas preventivas, correctoras y compensatorias en el Estudio de Impacto Ambiental. Las más relevantes son las siguientes:

- *En la delimitación de la parcela de actuación*: para la adecuada protección de la Encina del Mesto, se redefinió en el estudio de alternativas el límite de la parcela, estableciendo una franja de exclusión de 50 m en torno al árbol singular. Se asegura de esta forma la protección de su sistema radical frente a los movimientos de tierras.
- *En el diseño del campo de golf*: realizado de tal forma que los pies de arbolado se integren en el campo de golf de 18 hoyos, sin necesidad de su apeo o transplante. Únicamente será necesario el transplante de los 4 pies de encina existentes en la balsa de riego.

- *En la fase de construcción:*
  - transplante de los pies de encina afectados por las obras.
  - Jalonamiento y protección de los pies inventariados.
  - En caso de daños, aplicación de tratamientos curativos. Si por el contrario los daños fueran irreversibles se realizará la tala y sustitución mediante la aplicación de la Norma Granada modificada. La modificación de esta norma en este caso obliga a replantar por cada árbol dañado de cierta edad, tantos ejemplares de la misma especie, tal que el producto del número de árboles por su edad sea el mismo que el árbol talado.
  - Saneo de los ejemplares de encina afectadas por la plaga del insecto *Coroebus florentinus*, cuya larva anilla y provoca daños en ramas de encinas y otras quercíneas. Las labores de mantenimiento del arbolado son extensibles a la fase de funcionamiento.

## Discusión y conclusiones

Como se ha indicado a lo largo de esta comunicación, la realización de un inventario de arbolado permite analizar los efectos de las diferentes alternativas consideradas para cada caso concreto, tanto a nivel de localización como de diseño del plan o proyecto, discriminando aquellas de menor impacto.

La representación gráfica georreferenciada de cada pie arbóreo permite a los redactores del Plan o Proyecto sometido a Evaluación Ambiental diseñar los diferentes elementos de que consta la actuación que se lleve a cabo, para la adecuada integración ambiental del mayor número posible de pies. Los códigos de colores (según clases de tamaños), en caso de uso, permiten además de una forma rápida detectar aquellos ejemplares que ofrecen mayores méritos de conservación.

Especial relevancia cobra la protección y conservación de las especies vegetales protegidas por la legislación nacional o autonómica vigente, así como aquellos pies de singular relevancia por su valor monumental, histórico o científico, cuya protección y conservación está regulada mediante normativa específica.

El cumplimiento de la legislación vigente, en materia de protección de la vegetación, así como la posterior adopción de medidas preventivas, correctoras y compensatorias durante el proceso de evaluación ambiental del plan o proyecto, permitirá la adecuada protección del patrimonio natural del ámbito en estudio.

## Referencias bibliográficas

(1) Romero Zarco, C. Métodos para estimar la altura de los árboles. Universidad de Sevilla (2004-2005) [en línea] http://www-en.us.es/abotcam/temas/alturas.html.

# Impactos de tratamientos silvícolas sobre parámetros microbiológicos y bioquímicos del suelo en el monte Dehesa de Abajo (Cuenca)

## *Impacts of Silvicultural Treatments on Microbiological and Biochemical Parameters of Soil in the Monte Dehesa de Abajo (Cuenca)*

**WIC BAENA, C[2]; ANDRÉS ABELLÁN, M[1,2]; LUCAS BORJA, ME[1,2]; LÓPEZ SERRANO, FR[1,2]; GARCÍA MOROTE, FA[1,2]; MARTÍNEZ GARCÍA, E[1,2].; CANDEL, D[1,2]; RUBIO, E[3]; PICAZO, MI[1,2]**

[1] Universidad de Castilla-La Mancha, E.T.S.I. Agrónomos, Dep. Ciencia y Tecnología Agroforestal y Genética. Área de Tecnologías del Medio Ambiente

[2] Universidad de Castilla-La Mancha, Sección de Medio Ambiente del Instituto de Energías Renovables (IER) del Parque Científico y Tecnológico de Albacete

[3] Universidad de Castilla-La Mancha, Instituto de Desarrollo Regional de Albacete

### Resumen

Las prácticas silvícolas frecuentes en muchas zonas forestales pueden llevar implícita una disminución de diversidad biológica y una simplificación del ecosistema. En este trabajo se analiza el impacto de las prácticas silvícolas y el efecto de la variación estacional en la actividad microbiológica y bioquímica del suelo en el monte "Dehesa de Abajo" (Almodóvar del Pinar-Cuenca, Castilla-La Mancha). Se estudian propiedades como respiración basal, carbono de la biomasa, actividades enzimáticas (β-glucosidasa, fosfatasa, ureasa y deshidrogenasa) y parámetros físico-químicos (nitrógeno, carbono total, fósforo, conductividad, pH y carbonatos). Los resultados muestran una alteración de la actividad de los microorganismos, ya que al eliminarse el sotobosque llega más radiación solar a la superficie del suelo, incrementándose la temperatura y produciéndose un cambio en las condiciones microclimáticas, de mayor o menor grado dependiendo de la estación del año.

### Palabras clave

Propiedades bioquímicas y microbiológicas de los suelos; actividades enzimáticas en suelos, tratamientos silvícolas.

## Introducción

Son frecuentes los estudios microbiológicos y bioquímicos de los efectos de las prácticas de conservación en suelos agrícolas (enmiendas orgánicas, mínimo laboreo, etc.) (1). Sin embargo, este tipo de trabajos son más escasos y recientes en suelos forestales (2) (3).

En los montes mediterráneos de Castilla-La Mancha son habituales las prácticas de clareo y resalveo, para retirar la vegetación arbustiva y reducir la acu-

mulación de biomasa potencialmente combustible en los incendios estivales, así como la retirada de los restos producidos después de una quema. Pero estas prácticas pueden tener un alto coste ecológico, ya que al simplificarse el ecosistema, se reduce su diversidad biológica, llegando incluso a comprometer la sostenibilidad del bosque.

La calidad del suelo tiene trascendencia en la estabilidad y fertilidad de los ecosistemas, y es una interacción dinámica entre varias propiedades físicas, químicas y biológicas del suelo, que están influenciadas por muchos factores externos (tratamientos silvícolas, incendios, etc.). La retirada de la biomasa arbustiva en los tratamientos silvícolas puede afectar a la actividad biológica del suelo, al modificar las condiciones microclimáticas, y provocar una alteración en los aportes potenciales de materia orgánica al suelo, dificultando incluso la regeneración del bosque original.

Definir la calidad de un suelo implica un estudio integrado de propiedades fisicoquímicas, microbiológicas y bioquímicas, dentro de las cuales tienen especial relevancia las actividades enzimáticas, por su alta sensibilidad y rápida respuesta ante perturbaciones externas (4).

El objetivo de este trabajo es evaluar el impacto de las prácticas silvícolas (clareo y resalveo) en las propiedades microbiológicas y bioquímicas del suelo en zonas forestales mediterráneas, incendiadas y no incendiadas, en diferentes periodos estacionales.

## Material y métodos

### A. Zona de estudio

Está situada en el Monte “Dehesa de Abajo” (39 º 38’’N 0, 1 º 51 ‘10’’W), en Almodóvar del Pinar (Cuenca). Zona de clima mediterráneo (temperatura media anual de 12.2 ºC y precipitaciones de 507 mm). Su altitud media es de 996 m a.s.l., y está dominada por suelos de tipo *Leptposol*. Suelos pardos y pardo rojizos calizos, poco profundos y con alto contenido en materia orgánica. Las especies arbóreas más abundantes son el pino (*Pinus pinaster* Ait.) y la encina (*Quercus ilex* L.), acompañadas de romero (*Rosmarinus officinalis* L.), tomillo (*Thymus vulgaris*), lavanda (*Lavandula latifolia* L.), coscoja (*Quercus coccifera* L.) y aliaga (*Genista scorpius* L.).

### B. Muestreo

Se diferenciaron dos áreas de experimentación en el monte. Una de ellas dominada por el pino marítimo, y otra, que fue quemada en 2001, compuesta principalmente por rebrotes de encinas de unos 7 años de edad. En estas áreas (20 ha) se establecieron a su vez cinco zonas diferentes atendiendo al tratamiento silvícola, tres se fijaron en el área de pinar y las otras dos zonas en la de

encinar incendiada: (T1) zona control, sin clareos desde hace 20 años; (T2) clareada en 2004; (T3) clareada y desbrozada en 2001; (T4a) incendiada en 2001 y sin tratamiento; y (T4b) quemada en 2001 pero resalveada en 2007. En cada una de las cinco zonas de estudio se establecen tres parcelas de muestreo (en suelo desnudo, bajo cubierta arbórea y bajo restos de corta), de las cuales se toman al azar tres muestras respectivamente (200 g cada una), compuestas a su vez de seis sub-muestras (45 muestras en total). Las muestras de suelo fueron tomadas en verano y otoño de 2010 de los primeros 20 cm.

## C. Parámetros analizados

- *Microbiológicos*. La *respiración basal* se determina con un analizador de gases infrarrojo, midiendo el $CO_2$ liberado periódicamente por las muestras de suelo durante unos 20 días de incubación estática a 28 ºC (5). El *carbono de la biomasa microbiana* se determina tras previa fumigación con cloroformo, extracción con sulfato potásico y digestión con dicromato potásico en medio ácido (6).
- *Bioquímicos.* La *actividad deshidrogenasa* se determina con el espectrofotómetro por estimación del iodo nitrotetrazoilo formazán (INTF) de color anaranjado, a una longitud de onda de 490 nm (7). El método de la *ureasa* se basa en la determinación colorimétrica del amonio liberado, que al reaccionar con salicilato y dicloroisocianuro da un color verde azulado (absorbancia a 690 nm) (8). La *fosfatasa alcalina* se basa en la determinación espectrofotométrica del p-nitrofenol (color amarillo, a 400 nm) (9). La actividad β-*glucosidasa* se mide con el método basado en la determinación colorimétrica del p-nitrofenol (10).
- *Fisicoquímicos.* El *pH* y la *conductividad eléctrica* se determinan respectivamente con un pH-metro y un conductímetro. El *carbono orgánico total* se determina mediante la oxidación de la materia orgánica con dicromato de potasio en medio ácido (determinación colorimétrica de la materia orgánica a 585 nm). El *fósforo* se determina mediante extracción del fósforo con bicarbonato sódico. La cuantificación del fósforo extraído se hace con el espectrofotómetro a 882 nm. La determinación de *nitrógeno total* y de los carbonatos se realiza con el método Kjeldahl (11).

## D. Análisis estadístico

Se ha realizado un análisis de varianza (ANOVA) multifactorial, para evaluar el efecto individual y conjunto de los factores, período estacional (verano y otoño) y tratamiento silvícola realizado (T1, T2, T3, T4a y T4b), sobre las variables dependientes (actividades enzimáticas, parámetros microbiológicos y fisicoquímicos). Se aplicó el método de las menores diferencias significativas de Fisher (LSD). El software utilizado para los análisis estadísticos es Statgraphics Plus 5.0.

## Resultados

Las cuatro enzimas estudiadas se ven significativamente afectadas por el tratamiento (P<0,001), pero no ocurre lo mismo con la estación, que no afecta a la fosfatasa ni a la ureasa, y muy ligeramente a la deshidrogenasa (Tabla 1). La interacción de ambos factores sólo afecta a la β-glucosidasa y a la deshidrogenasa. Los valores medios de la β-glucosidasa en otoño son aproximadamente el doble que en verano a lo largo de todas las zonas estudiadas (Tabla 2). Las cuatro enzimas tienen un comportamiento similar a lo largo de las diferentes zonas de estudio. Alcanzan los valores más altos en la T2, seguidas de la T1 (zona control), la T3 y T4a, volviendo a subir en la zona T4b, con valores próximos a la zona control (Figura 1).

Tanto el tratamiento del suelo como la estación del año influyen significativamente (P<0,001) en la respiración basal y en el carbono de la biomasa, en cambio la interacción entre ambos factores no es significativa (Tabla 1). Las mayores cantidades de $CO_2$ se obtienen en la zona T2 y en la zona T1; y los más bajos en las zonas quemadas T4a y T4b (Tabla 2). En todas las zonas los valores medios son ligeramente mayores en otoño que en verano. El carbono de la biomasa se comporta como la respiración, aumenta en la zona control y disminuye en las zonas que han sido resalveadas hace más tiempo y en las zonas quemadas, si bien en estas últimas mejora con el tratamiento post-incendio. (Figura 2).

En todos los parámetros fisicoquímicos influye de forma significativa (P<0,001) el tipo de tratamiento y en menor medida el periodo estacional (Tabla 1). Variables como la conductividad eléctrica, el nitrógeno total y la materia orgánica difieren entre las distintas zonas tratadas, pero no entre estaciones. La materia orgánica total presenta una disminución progresiva desde la zona T1 a la zona T4b, tanto en verano como en otoño (Tabla 2). Variables como el fósforo, el pH y los carbonatos difieren estacionalmente de forma considerable. Los valores de pH son menores en otoño que en verano, y tienen un comportamiento similar a los de las actividades enzimáticas en las diferentes zonas.

La materia orgánica y el nitrógeno total correlacionan positiva y significativamente (p<0,001) con todas las propiedades microbiológicas y bioquímicas estudiadas. De la misma manera se da una correlación positiva entre la respiración y todas las actividades enzimáticas y con el carbono de la biomasa (Tabla 3). El pH correlaciona significativamente con la ureasa y fosfatasa y no con el resto de enzimas y parámetros microbiológicos.

## Discusión y conclusiones

Los resultados muestran el efecto del tipo de tratamiento de un suelo sobre sus propiedades fisicoquímicas, microbiológicas y bioquímicas, y que este efecto puede ser diferente según la estación del año. La mayor actividad microbiológica

*Tabla 1. Resultados de la ANOVA (tratamiento y estación) sobre propiedades microbiológicas y actividades enzimáticas*

| | β-Glucosidasa | | Deshidrogenasa | | Fosfatasa | | Ureasa | | Carbono Biomasa | | Respiración | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| **Factores**[a] | ***F-ratio*** | ***P-value*** | ***F-ratio*** | ***P-value*** | ***F-ratio*** | ***P-value*** | ***F-ratio*** | ***P- value*** | ***F-ratio*** | ***P-value*** | ***F-ratio*** | ***P-value*** |
| **S** | 207,11 | <0,001 | 7,41 | <0,01 | 1,66 | ns | 3,76 | ns | 100,13 | <0,001 | 43,85 | <0,001 |
| | | | | | | | | | | | | |

| | Materia orgánica | | Fósforo | | Nitrógeno total | | pH | | Conductiv. eléctrica | | Carbonatos | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| **Factores**[a] | ***F-ratio*** | ***P-value*** | ***F-ratio*** | ***P-value*** | ***F-ratio*** | ***P-value*** | ***F-ratio*** | ***P-value*** | ***F-ratio*** | ***P-value*** | ***F-ratio*** | ***P-value*** |
| **S** | 102,15 | <0,001 | 112,1 | <0,001 | 72,16 | <0,001 | 37,32 | <0,001 | 2,84 | ns | 662,9 | <0,001 |
| | | | | | | | | | | | | |

[a] **T**: Tratamiento; **S**: estación del año; **T x S**: interacción entre T y S.

*Tabla 2. Características del suelo de cada zona de tratamiento y para cada estación*

| Parámetros | T1 | | T2 | | T3 | | T4a | | T4b | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | Verano | Otoño | Verano | Otoño | Verano | Otoño | Verano | Otoño | Verano | Otoño |
| β-Glucosidasa ($\mu$moles (PNP) $g^{-1}h^{-1}$) | 2,09aA | 3,44bA | 2,22aB | 4,11bB | 1,78aA | 3,52bA | 1,83aC | 2,60bD | 2,18aA | 3,07bA |
| Deshidrogenasa ($\mu$moles (INTF) $g^{-1}h^{-1}$) | 1,14aA | 1,14aA | 1,17aB | 1,17aB | 1,11aA | 1,14bA | 1,12aA | 1,13bA | 1,13aA | 1,13aA |
| Fosfatasa ($\mu$moles (PNP) $g^{-1}$ $h^{-1}$) | 30,72aA | 30,67aA | 36,50aB | 35,39aB | 21,43aC | 20,68aC | 15,55aD | 18,93bD | 24,78aE | 29,33bE |
| Ureasa ($\mu$moles ($N\text{-}NH_4^+$ )$g^{-1}$ $h^{-1}$) | 2,65aA | 2,80aA | 2,84aB | 2,94aB | 2,54aC | 2,64aC | 1,80bD | 1,94bD | 2,44aC | 2,57aC |
| Respiración (mg $C\text{-}CO_2$ $Kg^{-1}$ $dia^{-1}$) | 4,86aA | 5,24bA | 4,69aA | 5,47bA | 4,27aB | 5,00bB | 3,83aC | 4,16bC | 3,77aC | 4,31bC |
| Carbono Biomasa C ($\mu$g C $g^{-1}$ soil) | 25,03aA | 38,51bA | 20,55aB | 36,00bB | 18,26aB | 33,81bB | 16,50aC | 23,17bC | 20,56aB | 27,80bB |
| Materia Orgánica (%) | 10,20aA | 10,52aA | 7,82aB | 9,66bB | 6,93aB | 9,82bB | 6,23aC | 6,24aC | 4,69aD | 5,79bD |
| Fósforo (P) (ppm) | 3,72aA | 5,54bA | 3,35aA | 5,32bA | 3,18aA | 5,01bA | 3,10aA | 4,91bA | 3,39aA | 4,36bA |
| Nitrógeno total (Nt) (%) | 1,47aA | 1,57bA | 1,53aB | 1,60bB | 1,46aC | 1,50aC | 1,28aD | 1,45bD | 1,43aC | 1,55bC |
| pH | 7,56aA | 7,45aA | 7,77aA | 7,28bA | 7,01aB | 6,53bB | 6,94aB | 6,61bB | 7,37aA | 6,99bA |

*Tabla 3. Matriz de correlación entre las diferentes variables estudiadas*

| | UR | FOS | DH | β-GL | RESP | C-BIO | PH | EC | P | $CO_3^{2-}$ | N | OM |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| **UR** | 1,0000 | | | | | | | | | | | |
| **FOS** | 0,4608*** | 1,0000 | | | | | | | | | | |
| **DH** | 0,2465*** | 0,4275*** | 1,0000 | | | | | | | | | |
| **β–GL** | 0,3249*** | 0,2784*** | 0,1912*** | 1,0000 | | | | | | | | |
| **RESP** | 0,3796*** | 0,3445*** | 0,2870*** | 0,3578*** | 1,0000 | | | | | | | |
| **MB–C** | 0,3191*** | 0,2239** | 0,1757* | 0,4804*** | 0,3700*** | 1,0000 | | | | | | |
| **PH** | 0,3039*** | 0,4259*** | 0,1433$^{ns}$ | –0,0333$^{ns}$ | $^{-}$0,0321$^{ns}$ | 0,0451$^{ns}$ | 1,0000 | | | | | |
| **EC** | –0,0442$^{ns}$ | 0,0780$^{ns}$ | 0,0055$^{ns}$ | 0,1140$^{ns}$ | 0,0968$^{ns}$ | –0,0279$^{ns}$ | 0,0040$^{ns}$ | 1,0000 | | | | |
| **P** | 0,1241$^{ns}$ | 0,1063$^{ns}$ | 0,1494* | 0,4647* | 0,4801*** | 0,3064*** | –0,3957*** | 0,2008*** | 1,0000 | | | |
| **$CO_3^{2-}$** | –0,1944** | –0,1180$^{ns}$ | –0,1160$^{ns}$ | –0,4741*** | –0,2881*** | –0,4412*** | 0,4925*** | –0,0800$^{ns}$ | –0,4869*** | 1,0000 | | |
| **N** | 0,4405*** | 0,4974*** | 0,2747*** | 0,4189*** | 0,5840*** | 0,4493*** | –0,2183** | 0,1592* | 0,3886*** | –0,5054*** | 1,0000 | |
| **OM** | 0,3788*** | 0,3485*** | 0,2540*** | 0,3497*** | 0,7443*** | 0,4469*** | –0,0351$^{ns}$ | –0,0076$^{ns}$ | 0,4304*** | –0,3329*** | 0,4108*** | 1,0000 |

**DH**: Deshidrogenasa, **FOS**: Fosfatasa, **β-GL**: β-Glucosidasa, **UR**: Ureasa, **RESP**: respiración, **C-BIO**: carbono biomasa, **OM**: material orgánica, **EC**: conductividad eléctrica, **P**: Fósforo,(*, **, ***, Significativo a $P \leq 0.05$; $P \leq 0.01$; $P \leq 0.001$, respectivamente. ns= No significativo).

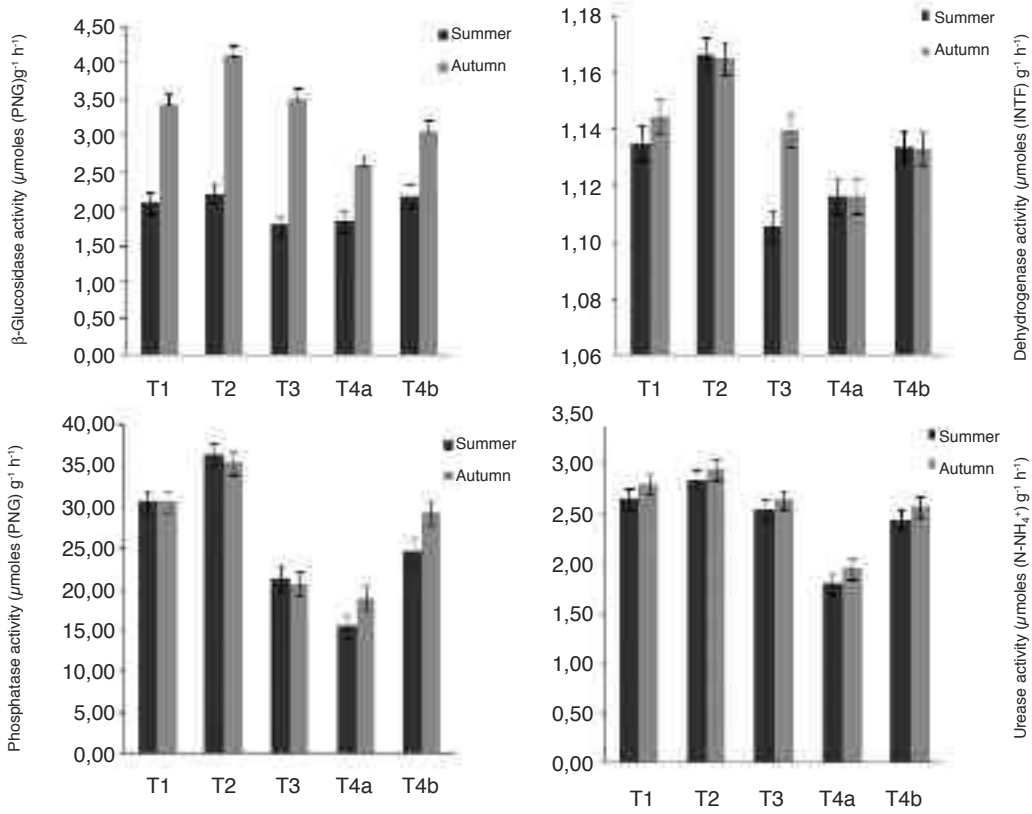



*Figura 1. Variación de la actividad enzimática respecto al tratamiento del suelo y la estación (verano y otoño). β-Glucosidasa (µmoles (PNP) $g^{-1}$ suelo $h^{-1}$), Deshidrogenasa (µmoles (INTF) $g^{-1}$ suelo $h^{-1}$), Fosfatasa (µmoles (PNP) $g^{-1}$ suelo $h^{-1}$) y Ureasa (µmoles ($N\text{-}NH_4^+$) $g^{-1}$ suelo $h^{-1}$). Tratamiento del suelo (**T1** control, **T2** clareada en 2004, **T3** clareada y desbrozada en 2001, **T4a**; quemada en 2001 e intacta, **T4b**, quemada en 2001 y clareada en 2007). Los resultados mostrados corresponden a valores medios y desviación estándar*

y enzimática induce a pensar que, en zonas no quemadas, el no tratamiento silvícola o tratamientos recientes son los mejores manejos.

La evolución semejante de las cuatro actividades enzimáticas estudiadas y de los parámetros microbiológicos, respiración y carbono de la biomasa, a lo largo de las diferentes zonas tratadas y/o quemadas con respecto a la zona de referencia, induce a pensar en una perfecta correlación entre todas estas propiedades. El aumento de las mismas en las zonas más recientemente clareadas o resalveadas, tanto en la parte quemada como en la no quemada, puede deberse a que los parámetros bioquímicos y microbiológicos son muy sensibles a multitud de factores, tales como la temperatura, pH, presencia o ausencia de inhibidores, humedad, etc. (12). La eliminación del sotobosque proporciona una mayor radiación solar en la superficie del suelo y por lo tanto una mayor tempe-

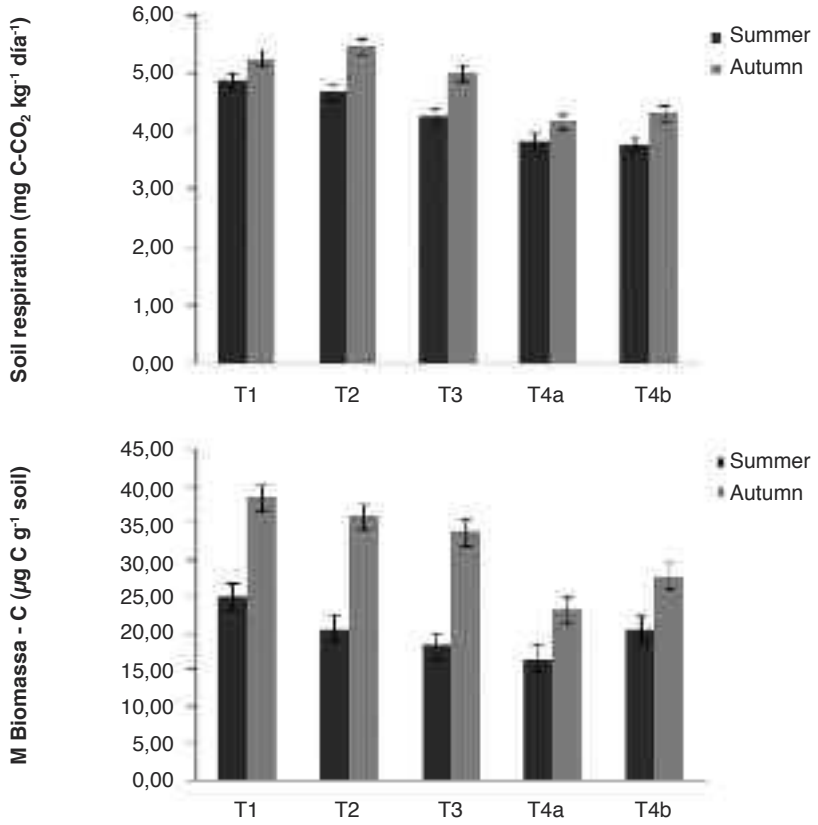



*Figura 2. Variación de las propiedades microbiológicas respecto al tratamiento del suelo y la estación (verano y otoño). Respiración del suelo (mg $CO_2$ $kg^{-1}$ suelo) y Carbono de biomasa (µg C· $g^{-1}$ suelo). Tratamiento de suelo (**T1** control, **T2** clareada en 2004, **T3** clareada y desbrozada en 2001, **T4a**; quemada en 2001 e intacta, **T4b**, quemada en 2001 y clareada en 2007). Los resultados mostrados corresponden a valores medios y desviación estándar*

ratura, mucho más acentuada en verano que en otoño. Dichos cambios incrementan el proceso de mineralización de la materia orgánica del suelo. Este fenómeno, a corto plazo, supone un aumento de la actividad microbiológica y enzimática que beneficia el desarrollo de la vegetación ya que suministra los nutrientes minerales necesarios para su crecimiento, pero a medio y largo plazo, la disminución neta de materia orgánica edáfica provoca una disminución de la biomasa microbiana. Esto supone una pérdida de fertilidad potencial del suelo y una degradación de sus condiciones físicas que puede influir negativamente en la regeneración de las comunidades vegetales, como sería el caso que nos ocupa. La zona quemada se ha auto regenerado con encinas, desapareciendo el pinar existente en su origen.

La β-glucosidasa tiene un origen predominantemente fúngico (13). La biomasa fúngica aumenta con la humedad, pero no con la temperatura, lo que po-

dría explicar el hecho de que en invierno los valores de esta enzima sean más altos.

La disminución de la materia orgánica a lo largo de las diferentes zonas de estudio tiene su origen en la eliminación de la vegetación al realizar los tratamientos silvícolas. Con respecto a la zona de referencia, T1, las zonas T4a y T4b, son las de menor contenido de materia orgánica debido a que son zonas incendiadas en 2001, añadiendo a esto el hecho de que a la T4b se le retiraron los restos de la quema en 2007. El menor contenido de materia orgánica en la T3 respecto a la T2 puede ser debido a que en esta última zona el tratamiento de resalveo ha sido más reciente y por tanto el aporte de sustrato producido en el tiempo es menor. La materia orgánica ejerce una gran influencia sobre la fertilidad del suelo, no sólo a través de la suplencia de nutrientes, sino además por sus efectos sobre las otras propiedades fisicoquímicas. La eliminación de vegetación y restos de materia orgánica, junto al aumento de precipitaciones en otoño, hace que propiedades como pH y carbonatos disminuyan en las zonas más recientemente tratadas y/o quemadas y en la época más lluviosa, el otoño. La disminución de materia orgánica y la alta mineralización de nitrógeno en las zonas T3, T4a y T4b, hace que en éstas la relación C/N disminuya respecto a la zona control, T1. Esto viene a reafirmar que se trata de suelos donde se están agotando los propios recursos naturales.

En conclusión, las propiedades bioquímicas y microbiológicas de los suelos estudiados presentan, entre sí, correlaciones significativas. A su vez, todas ellas se correlacionan significativamente, con las propiedades fisicoquímicas, materia orgánica y nitrógeno total, de tal forma que en las zonas donde mayor es la relación C/N, mayor es la actividad biológica. Por otro lado, la variabilidad de estos parámetros microbiológicos y actividades enzimáticas indica diferencia en la actividad biológica de los suelos estudiados, producto del tipo de tratamiento silvícola y/o incendio producido. Además se debe tener en cuenta la época en la que se realiza la toma de muestras, porque la humedad, temperatura y precipitaciones producidas influyen en la actividad microbiana de los suelos.

## Referencias bibliográficas

(1) Dick, R. P. 1992. A review: Long term effects of agricultural systems on soil biochemical and microbiological parameters. *Agric. Ecosys. Environ.,* 40: 25-36.

(2) Leirós, M. C, Trasar-Cepeda, C., Seasone, S., Gil-Sotres, F. 2000. Biochemical properties of acid soils under climax vegetation (atlantic oakwood) in an area of the European temperature-humid zone (Galicia, N.W. Spain): general parameters. *Soil Biology & Biochemistry,* 32: 747-755.

(3) Lucas-Borja, M. E., Bastida, F., Moreno, J. L., Nicolas, C., Andrés, M., López, F. R., Del Cerro, A. 2010. Influence of forest cover and herbaceous vegetation on the microbiological and biochemical properties of soil under Mediterranean humid climate. *European Journal of Soil Biology,* 46: 273-279.

(4) García, C., Hernández, T., Costa, F. 1994. Microbial activity in soils under mediterranean environmental conditions. *Soil Biol. Biochem.,* 26: 1.185-1.191.
(5) Anderson, J. P. E. 1982. *Soil Respiration.* En Page, A. L., Miller, R. H., Keeney, D. R. (Eds), Methods of Soil Analysis, Part 2. Chemical and Microbiological Properties. 2nd. Edition. American Society of Agronomy-Soil Science Society of America, Madison, pp. 831-871.
(6) Vance, E., Brookes, P., Jenkinson, D. 1987. An extraction method for measuring soil microbial biomass C. *Soil Biology & Biochemistry,* 19: 703-707.
(7) Trevors, J. T., Mayfield C. I., Inniss, W. E. 1982. Measurement of electron transport system (ETS) activity in soil. *Microbial Ecology,* 8: 163-168.
(8) Kandeler, E., Stemmer, M., Klimanek, E. M. 1999. Response of soil microbial biomass, urease and xylanase within particle size fraction to long-term soil management. *Soil Biology & Biochemistry,* 31: 205-211.
(9) Tabatabai, M. A., Bremner, J. M. 1969. Use of p-nitrophenyl phosphate for assay of soil phosphatase activity. *Biology & Biochemistry,* 1: 301-307.
(10) Tabatabai, M. A. 1982. *Soil Enzymes.* En: Page, A. L., Miller. E. M., Keeney, D. R. (Eds). Methods of Soil Análysis. Part 2. Chemical and Microbiologycal Properties. Soil Science Society of America, INC, Madison, pp. 903-947.
(11) Bremner, J. M. 1965. *Nitrogen availability indexes.* En: Black, C.A. *et al*. (Eds.). Methods of Soil Analysis. Part 2. Agronomy. Soil Science Society of America, INC, Madison, pp. 1.324-1.345.
(12) Tabatabai, M. A. 1997. *Soil Enzymes.* In: A. L. Page, R. H. Miller D. R and Keeney (eds.), Methods of Soil Analysis. Part 2. Chemical and microbiological properties, 2nd ed. Agronomy 9, ASA-SSA, Madison, pp. 903-947.
(13) Hattori, H. 1988. Microbial activity in soil amended with sewage sludge. *Soil, Science and Plant Nutrition,* 34: 221-232.

# Líneas de alta tensión en entornos periurbanos: una metodología para estimar el rechazo social causado por el riesgo percibido

## *High-voltage Transmission Lines in the Urban Fringe: A Methodology to Estimate Public Opposition Caused by the Perceived Risk*

**R. ESCRIBANO BOMBÍN**
**A. LÓPEZ RODRÍGUEZ**
Grupo de Investigación "Ecología y Paisaje".
Dpto. Proyectos y Planificación Rural.
E.T.S. de Ingenieros de Montes,
Universidad Politécnica de Madrid

## Introducción

Existe una preocupación de la población por el **impacto** que produce en su calidad de vida la **presencia de líneas eléctricas en el territorio**, impacto que puede abarcar desde la degradación ambiental, a la pérdida estética o productiva en ámbitos naturales o rurales. En contextos urbanos, dicha preocupación se centra en el riesgo percibido de incidencia de las líneas eléctricas en la salud y seguridad de los ciudadanos.

El **rechazo social o contestación social** consiste en la no aceptación por parte de la sociedad en su conjunto o de un grupo afectado, de alguna situación, causa o hecho, asentada en una proyección temporal pasada, presente o futura y cuyas consecuencias pueden trascender de forma económica o no al ámbito social. El rechazo social entendido como contestación social o alarma social se considera parte importante de la evaluación del impacto social de los proyectos (1).

Aunque no existen evidencias científicas consistentes que hayan podido probar categóricamente que las líneas eléctricas afectan de manera significativa a la salud humana, el rechazo social que provoca la instalación de grandes infraestructuras eléctricas en el espacio inmediato de viviendas es claro, e influye notablemente en el diseño y localización de los proyectos. En muchas ocasiones, la contestación social ante estas infraestructuras crea conflictos que desembocan en situaciones complejas, de difícil solución y que presentan además importantes efectos económicos directos e indirectos (2).

En el estudio se aborda **el análisis de los factores que actúan como parámetros predictivos** del nivel de rechazo social que suscitan las líneas eléctricas de alta tensión en un entorno periurbano. Este análisis sirve como base para enmarcar **una metodología objetiva y fiable de decisión de la alternativa óptima** de trazado de líneas, desde el punto de vista económico-social.

Las consideraciones de la población ante este tipo de instalaciones dependen mucho del **contexto psicológico** de cada caso, factor que es difícilmente

valorable sin la ayuda de un estudio específico basado en encuestas realizadas a la población (3), (4). **Cuando no se dispone de estos recursos, es necesario recurrir a otros parámetros predictivos**.

Esta es la situación que se tuvo que enfrentar en el **caso práctico objeto de estudio**: un área en la que ya existía una subestación eléctrica de la que partían varias líneas eléctricas de alta tensión, en la que se decidió posteriormente urbanizar las zonas libres de alrededor. Ante el riesgo de generación de alarma social en los futuros residentes, se planteó un análisis de la alternativa de relocalización y/o soterramiento de algunas líneas que redujera suficientemente el riesgo percibido. Dicha estimación debía llevarse a cabo con las parcelas del desarrollo urbano ya fijadas, pero sin viviendas construidas y, por tanto, sin residentes como posibles encuestados.

## Impactos percibidos: tipos e importancia

Es necesario hacer notar en primer lugar que, a pesar de que existen bastantes estudios que tratan la totalidad de impactos que provocan las líneas eléctricas, son reducidos los que se ocupan específicamente del aspecto social, y muy escasos y poco actualizados los que se centran en el análisis de cómo la población percibe y considera las infraestructuras eléctricas y sus implicaciones en la generación de alarma social.

En el trabajo llevado a cabo por la *International Electric Transmission Perception Project* (IETPP) (5) se establecen **cuatro ámbitos en los que existe lo que denomina impactos percibidos** (*perceived specific impacts*): **calidad medioambiental, calidad del ámbito residencial, costes y beneficios económicos y riesgo para la seguridad y la salud.**

Tras un análisis de las respuestas a encuestas o entrevistas recopiladas en los principales estudios de la época, la IETPP selecciona como los **impactos percibidos clave** los relacionados con la **estética, el valor de la propiedad, la salud y la seguridad**. Estas consideraciones coinciden con los estudios más importantes posteriores (3) (6) (2) (4).

En este punto, es necesario hacer una distinción entre la afección que producen las líneas en función del contexto territorial en el que se encuentren: mientras en el ámbito rural y más natural los impactos se orientan a la afección al medio ambiente y la calidad visual del paisaje, **en un contexto urbano y periurbano la preocupación social se centra en el riesgo percibido (fundamentalmente salud y seguridad), y deja en un segundo plano otras consideraciones (5)** (4).

## Impactos percibidos: factores predictivos

Se considera que los factores predictivos que más influyen en la contestación o rechazo social de las infraestructuras eléctricas es **la visión de la estructura y la distancia que la separa del observador**.

El estudio llevado a cabo por Market Trends en 1998 (7) concluyó que, incluso estando informados de la instalación de líneas soterradas cuesta entre 3 y 10 veces más que las aéreas, un 56% de la población del núcleo y un 60% de los habitantes con casas cercanas a las líneas o subestación indicaron que habrían preferido unas instalaciones bajo tierra.

De la revisión de las respuestas de los encuestados de varios estudios llevada a cabo por la IETPP (5) referente a la seguridad, se deduce que la distancia a la línea de alta tensión es el factor principal que desencadena la percepción del riesgo por parte de la población. Otra encuesta realizada en 1988 por Priestley y Evans (3) muestra que el 67% de los encuestados que habitaban a 270 m de la línea mostraban diferente grado de preocupación respecto a los efectos sobre la salud, y que el 49% pensaba que la línea tenía un efecto negativo en la comunidad. Igualmente, entre el 69 y el 72% mostraba algún tipo de preocupación sobre accidentes asociados a las líneas.

## Material y métodos

Como primera premisa, se decidió establecer como **zona de concentración de observadores** los frentes de viviendas del perímetro exterior de cada sector urbanizable, tal y como muestra la Figura 1. Esta decisión se fundamenta en que uno de los grandes factores desencadenantes de la percepción del riesgo es la visión directa de la instalación, que se produce precisamente en ese ámbito.

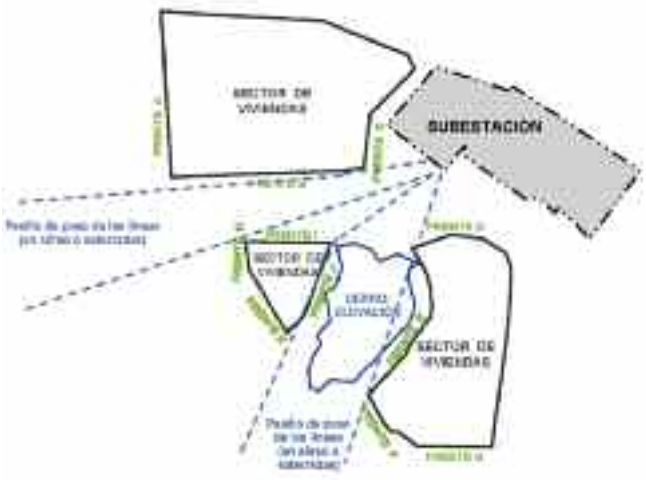



*Figura 1. Croquis representativo de la disposición de sectores y frentes de viviendas, subestación, pasillos por los que pasan las líneas y la elevación del terreno*

Las distintas alternativas sobre las que se va a aplicar el modelo de predicción de rechazo social se diferencian entre sí fundamentalmente por la longitud de línea en aéreo o soterrada, en la dirección del trazado, así como en el número y disposición de apoyos. El resumen de las características de trazado de las alternativas se expone en la Tabla 1.

*Tabla 1. Síntesis de las características de trazado de las distintas alternativas que se manejan*

| Características de diseño de las dos líneas de 220 kW a reposicionar y/o soterrar | | | | |
|---|---|---|---|---|
| | Alternativa | Longitud total en aéreo | Longitud total soterrada | Nº apoyos |
| Alt. 1 | Atraviesa el pasillo hacia el oeste en aéreo | 1.050 + 970 m | 0 | 4+5 |
| Alt. 2 | Se desvían en aéreo por el pasillo hacia el sur junto a una línea de 400 kV. | 1.650+1.510 m | 0 | 7+5 |
| Alt. 3 | Atraviesan hacia el oeste soterradas excepto el primer tramo y salen a superficie pasados unos 100 m de los frentes | 400+330 m | 800+660 m | 3+3 |
| Alt. 4 | Atraviesan hacia el oeste completamente soterradas y salen a superficie pasados unos 100 m de los frentes | 0 | 1.200 m | 2 |
| Alt. 4bis | Atraviesan hacia el oeste completamente soterradas y salen a superficie pasados unos 500 m de los frentes | 0 | 2.100 m | 2 |
| Alt. 5 | Atraviesan el pasillo sur, totalmente soterradas y salen a 150 m de los frentes | 0 | 2.300 m | 2 |

Una vez fijadas estas consideraciones previas, la selección de **variables explicativas del rechazo social potencial** se basó en los antecedentes encontrados.

Las variables que **reflejan las características de trazado de línea y su visibilidad** se recogen en la Figura 2. Dichos factores de línea se relacionan con las **variables distancia y contexto visual de las líneas** por medio de una **zonificación del área afectada. Las zonas se establecen en función de la distancia** de la instalación a cualquier frente de viviendas y se considera que el posicionamiento de torres y cables en el entorno inmediato de la gran subestación eléctrica situada en el área, o en lo alto de una elevación del terreno, modificaba la percepción subjetiva que pudieran tener los residentes (Tabla 2).

Finalmente, la estimación del rechazo social potencial de cada una de las alternativas se basó en la valoración de la **importancia asignada por un equipo de 6 expertos** tanto a los factores predictivos relativos al diseño de línea y visibilidad, como a cada una de las zonas determinadas por la distancia y contexto visual. Esta **probabilidad de rechazo social de cada alternativa entra a formar parte del análisis económico, transformándolo así en un análisis socioeconómico**. Los factores socio-económicos considerados quedan reflejados igualmente en la Figura 2.

*Tabla 2. Zonas establecidas en función de la distancia al frente de viviendas y contexto visual*

| Rango de distancias/contexto visual del observador | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| Zona 1 | Zona 2 | Zona 3 | Zona 4 | Zona SE | Zona CERRO |
| 0 a 50 m (no existen tendidos en esta banda) | 50 a 100 m | 100 a 250 m | 250 a 500 m | Presencia visual de la subestación en la escena: 100 m alrededor de la subestación | Contexto visual determinado por el terreno elevado respecto al resto del entorno |

*Figura 2. Esquema metodológico para la valoración socio-económica de las alternativas manejadas*

Así, la valoración socioeconómica de cada alternativa proporciona un criterio objetivo, fiable y completo para conjugar la minimización del posible rechazo de los futuros residentes y las limitaciones económicas de los responsables de implementar la instalación y de gestionarla, que en este caso no coinciden.

## Resultados

El resultado de la valoración socio-económica de cada alternativa tenida en cuenta se presenta en la Figura 3, en la que se refleja la aportación de cada factor socioeconómico en el resultado final.

El modelo aplicado sitúa a la **Alternativa 3 como la solución óptima**, pues es la que menos costes de inversión y riesgo asumido acarrea. Lo que es más importante, compatibiliza y equilibra los intereses económicos y de reducción de rechazo social. Efectivamente, la Alternativa 3 contiene el coste inicial y lo acerca al esfuerzo en la aceptación el riesgo de reinversión, que habrán de ser asumidos por distintos operadores. Además, el esfuerzo de inversión inicial es el más útil, es decir, es la alternativa con la que más rechazo social potencial se disminuye por cada millón de euros invertido.

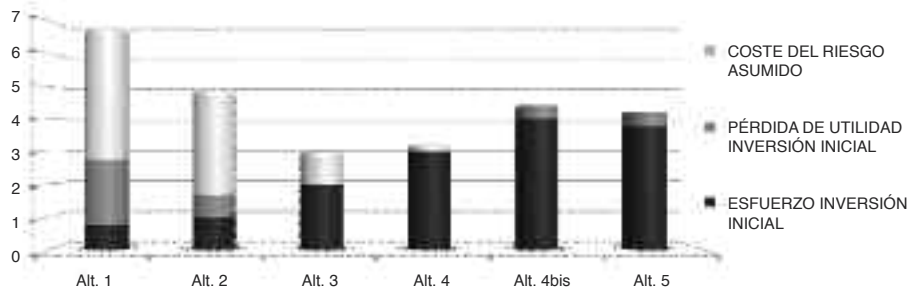



*Figura 3. Resultado final gráfico y aportación de cada factor a la valoración socio-económica de las alternativas manejadas*

La gráfica de la Figura 3 refleja perfectamente este equilibrio, al igual que pone de manifiesto los **factores que penalizan de manera decisiva las demás alternativas**.

La Alternativa 4 aparece como una solución próxima a la Alternativa 3, si bien se ve penalizada por los altos costes de inversión inicial. Las alternativas 4bis y 5 se ven fuertemente sancionadas por el esfuerzo de inversión inicial que supone los costes de enterramiento de línea. Dicho coste, considerablemente mayor que el de la Alternativa 3, es difícilmente asumible por el responsable de llevar a cabo la operación. Ahora bien, el coste asumido por una posible redistribución de líneas es bajo.

De forma inversa, las alternativas 1 y 2 presentan costes de implementación relativamente reducidos, aunque suponen asumir un riesgo de rechazo demasiado alto, que podría conducir a costes de reinversión muy elevados. Adicionalmente, la inversión sería poco eficiente, pues presenta una pérdida de utilidad de cada millón de euros invertido muy alta, ya que apenas disminuiría el riesgo de contestación.

## Discusión y conclusiones

La metodología mostrada se perfila como una **herramienta útil** en la elección, con criterios socio-económicos, de alternativas de localización de instalaciones que susciten rechazo social por causa del riesgo percibido. El caso expuesto se ocupa de líneas eléctricas de alta tensión cercanas a viviendas (quizá una de las instalaciones que más alarma social provoca), aunque con ciertos ajustes en sus parámetros predictivos podría ser **válida para otro tipo de instalaciones** (vertederos, antenas de telefonía móvil, etc.).

Respecto al caso de las instalaciones eléctricas de alta tensión, es claro que el **soterramiento de líneas** acrecienta mucho los costes, sin embargo tiene varias consecuencias positivas, y no sólo en el plano de la contestación social:

- Es la medida que más eficazmente reduce el rechazo social del proyecto.
- Puede permitir un mayor aprovechamiento superficial del suelo.
- Permite un uso urbanístico de mayor calidad, lo cual redunda en una mayor satisfacción de la población y un mayor beneficio económico del aprovechamiento de ese suelo por parte del Ayuntamiento y el constructor o promotor.

La **tipología y disposición de las viviendas** en cada uno de los sectores no se ha podido tener en cuenta en el estudio, pero se presenta como un aspecto con influencia en la percepción de las líneas eléctricas. La disposición de los usos, por tanto, se presenta como un instrumento para modificar el rechazo social potencial en la zona.

A este respecto, hay que puntualizar que el impacto que produce este tipo de instalaciones en el **valor de las propiedades**, tanto por la devaluación económica como de uso y aprovechamiento, es un aspecto que ha llamado la atención de muchos estudios. Esta variable se perfila como de gran importancia a la hora de explicar la preocupación del residente, muy a tener en cuenta a la hora de valorar el rechazo potencial de una línea (8), (9), (10).

Como última observación, es necesario tener en cuenta que el hecho de que se produzca rechazo social hacia las líneas de un sector del municipio podría tener un **efecto rebote-contagio** y desencadenar rechazo social hacia otras líneas eléctricas situadas en las cercanías.

## Referencias bibliográficas

(1) IAIA. 2003. Social Impact Assessment. International Principles. *Special Publication Series,* 2.
(2) Sjöberg, L. 2000. Factors in Risk Perception. *Risk Analysis*, 20: 1-11.
(3) Priestley, T., Evans, G. W. 1996. Resident perceptions of a nearby electric transmission line. *Journal of Environmental Psychology*, 16: 65-74.
(4) Soini, K., Poutaa, E., Salmiovirtab, M., Uusitaloc, M., Kivinen, T. 2011. Local residents' perceptions of energy landscape: the case of transmission lines. *Land Use Policy*, 28: 294-305.
(5) IETPP (International Electric Transmission Perception Project). Perception of Transmission Lines. Summary of surveys and framework for further research. International Electric Transmission Perception Project, Washington, 1996.
(6) Chalmers J., Voorvaart, F. 2009. High-Voltage Transmission Lines: Proximity, Visibility, and Encumbrance Effects. *The Appraisal Journal*, 77: 227-246.
(7) Market Trends, Inc. Arizona utility aesthetics draft data base report. Market Trends, Washington, 1988.
(8) Furby, L., Gregory, R., Slovic P., Fischhoff B. 1988. Electric Power Transmission Lines, property values, and compensation. *Journal of Environmental Management*, 27: 69-83.
(9) Elliott, P., Wadley, D. 2002. The Impact of Transmission Lines on Property Values: Coming to Terms with Stigma. *Property Management*, 20: 137-152.

(10) Sims, S., Dent P. 2005. High-voltage Overhead Power Lines and Property Values: A Residential Study in the UK. *Urban Studies*, 42: 665-694.

# Impacto sobre las aguas subterráneas del uso agrícola de lodos de depuradora: búsqueda de indicadores mediante el estudio de la zona no saturada

## *Impacts on Groundwater Due to Sewage Sludge Application in Agriculture: A Search for Indicators by the Study of the Unsaturated Zone*

**M. E. JIMÉNEZ HERNÁNDEZ**
**L. MORENO MERINO**
**S. CASTAÑO CASTAÑO**
**A. DE LA LOSA ROMÁN**
**D. SPANO**
Instituto Geológico y Minero de España (IGME)

## Introducción

El producto final de la depuración de las aguas residuales urbanas son lodos con un elevado contenido en materia orgánica, nitrógeno y fósforo. La presencia de estos nutrientes en un material generado abundantemente en la actividad urbana ha favorecido su utilización en agricultura como enmiendas o fertilizantes. Sin embargo, estos lodos también incluyen en su composición ciertos agentes químicos y microbiológicos no deseados que representan un riesgo de contaminación de los suelos y las aguas subterráneas cuando son inadecuadamente producidos o gestionados. Aunque el suelo y la zona no saturada constituyen una primera barrera frente a la contaminación de las aguas subterráneas, puede suceder que los contaminantes accedan a estas bajo ciertas circunstancias.

La normativa europea que regula la aplicación de lodos de depuradora en agricultura (Directiva 86/278/CEE), incorporada al derecho español mediante el Real Decreto 1310/1990, se centra principalmente en limitar la presencia de metales pesados en los lodos y en los suelos receptores. Los valores límite de concentración de metales pesados vienen condicionados por el pH del suelo, siendo estos límites más restrictivos para suelos con pH menor de 7 ya que las condiciones ácidas favorecen su movilización. Junto con el pH, otros factores relevantes que determinan la movilidad de un metal en el suelo son el contenido del suelo en materia orgánica y carbonatos, el contenido y naturaleza de los minerales de arcilla y la especiación química del metal (1). En general, los metales pesados incorporados al suelo pueden seguir cuatro caminos diferentes: (a) quedar retenidos en el suelo, (b) ser absorbidos por las plantas e incorporarse así a las cadenas tróficas, (c) pasar a la atmósfera por volatilización y (d) movilizarse a las aguas superficiales o subterráneas. Además de la presencia de metales pesados, otros posibles problemas medioambientales y sanitarios relacionados con

el uso agrícola de lodos de depuradora incluirían: (a) deterioro de las propiedades físicas del suelo por aplicación de lodos en exceso, (b) excesivo aporte de nutrientes que pueden contaminar aguas superficiales y subterráneas, (c) exceso de otras sales minerales que pueden tener efectos tóxicos sobre las plantas o provocar la desecación de las mismas, (d) presencia de compuestos orgánicos tóxicos o que dan lugar a productos de degradación tóxicos y (e) presencia de organismos patógenos (2,3).

Los resultados que se presentan en este trabajo forman parte de un proyecto multidisciplinar que estudia el impacto ambiental y sanitario del uso de lodos de depuradora en terrenos agrícolas. Los ensayos se han llevado a cabo en la finca experimental "La Isla" del IMIDRA (Instituto Madrileño de Investigaciones y Desarrollo Rural, Agrario y Alimentario) en Arganda del Rey, al sureste de la Comunidad de Madrid. La zona de trabajo presenta una superficie aproximada de 0,5 hectáreas y se sitúa sobre las terrazas bajas del río Jarama y su acuífero cuaternario detrítico. En la finca agrícola se han definido parcelas de tratamiento, destinadas a la aplicación de diferentes cargas de lodos de depuradora de tipo aerobio y anaerobio, y parcelas control sin aplicación de lodos. Se muestran los resultados preliminares de los estudios realizados en la zona no saturada con objeto de encontrar indicadores de impacto sobre las aguas subterráneas por el uso agrícola de lodos de depuradora. Como una primera aproximación para identificar nutrientes y otros componentes solubles que pueden migrar hasta las aguas subterráneas, se han realizado análisis químicos de los extractos acuosos del suelo, comparando los resultados obtenidos para las parcelas tratadas con lodos con los de las parcelas control. Para facilitar la interpretación de los resultados, se han llevado a cabo también análisis químicos de la matriz sólida y de los lodos aplicados al terreno.

## Material y métodos

Se dispone de cuatro tipos de parcelas de tratamiento, según el tipo de lodo (aerobio o anaerobio) y la dosis de lodo aplicada en superficie (160 t/ha o 320 t/ha). El muestreo de la zona no saturada en las parcelas de tratamiento y control se ha llevado a cabo tomado muestras en testigo continuo, embutidas en tubos de polietileno, perforando hasta una profundidad máxima de 200 cm mediante un martillo percutor con tomamuestras tipo COBRA. De cada uno de los testigos se han separado submuestras (cada 5, 10 o 20 cm de profundidad) que se han secado al aire antes de realizar los análisis.

Los extractos acuosos (relación 1:5 suelo:agua) se han preparado con la fracción fina del suelo (4). En el filtrado se han realizado las siguientes determinaciones (5, 6): pH y conductividad eléctrica (electrometría), oxidabilidad (ebullición en medio ácido y valoración con permanganato potásico), sodio y potasio (espectrometría de emisión atómica), amonio, bicarbonato, calcio, cloruro, fosfato, magnesio, nitrato, nitrito, sílice y sulfato (espectrofotometría de absorción con

analizador de flujo continuo), arsénico, cadmio, cobre, cromo, hierro, manganeso, plomo y zinc (espectrometría de absorción atómica).

Los análisis de la matriz sólida se han realizado mediante fluorescencia de rayos X en pastilla prensada con Elvacite (equipo MAGIX de PANalaytical con tubo de rodio, programa ProTrace) (7) y se han determinando los siguientes 37 elementos: Ag, As, Ba, Bi, Br, Cd, Ce, Co, Cr, Cs, Cu, Ga, Ge, Hf, I, La, Mo, Nb, Nd, Ni, Pb, Rb, Sb, Sc, Se, Sm, Sn, Sr, Ta, Th, Tl, U, V, W, Y, Zn, Zr.

Por último, se han tomado muestras de los lodos aplicados para analizarlos mediante la técnica de espectrofotometría de plasma acoplado inductivamente (ICP-AES, equipo Varian Vista-MPX) según la norma EPA 6020. Previamente al análisis, las muestras de lodos se secaron en estufa a 105 °C. Los 26 elementos determinados han sido: Ag, As, Ba, Be, Bi, Cd, Ce, Co, Cr, Cu, La, Li, Mo, Nb, Ni, Pb, Rb, Sb, Sc, Se, Sr, Tl, V, W, Y, Zn.

## Resultados

Los resultados de los análisis de los extractos acuosos que se presentan corresponden a muestras recogidas 3 meses después de la aplicación de 320 t/ha de lodo. Se han tomado muestras duplicadas en parcelas control y triplicadas en parcelas de tratamiento. Comparando los perfiles de cada parámetro en las parcelas con lodos frente a las parcelas control parecen observarse diferencias significativas en tres parámetros: pH, nitrato y arsénico (Figura 1).

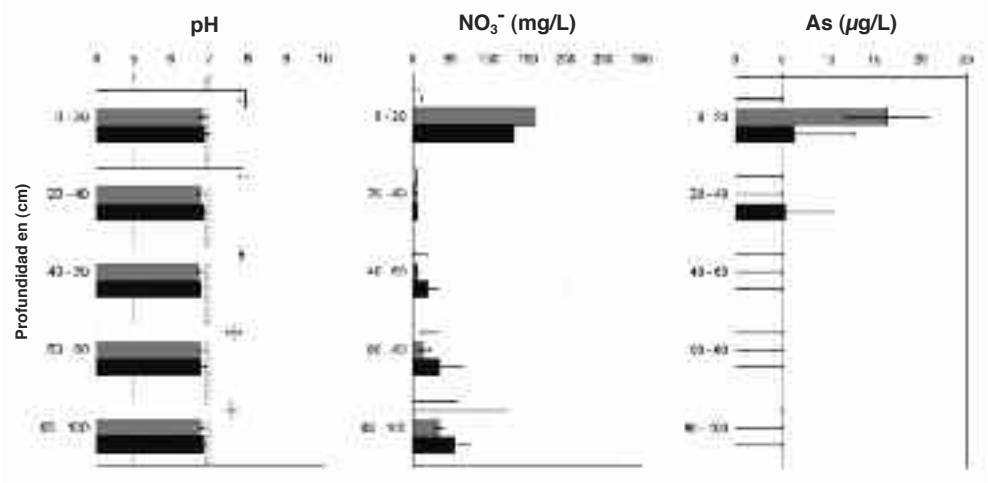



*Figura 1. Valores de pH y concentraciones en disolución de nitrato ($NO_3^-$) y de arsénico (As) medidas en los extractos acuosos de las muestras correspondientes a parcelas control (barra blanca), parcelas con tratamiento de 320 t/ha de lodo aerobio (barra gris) y parcelas con tratamiento de 370 t/ha de lodo anaerobio (barra negra)*

Por otro lado, aunque las concentraciones de nitrito, amonio y fosfato también parecen incrementarse en la capa superficial de las parcelas tratadas con lodos, es necesario realizar más determinaciones para confirmar que existan diferencias significativas frente a los controles. Entre los metales analizados, se detectan concentraciones relativamente bajas de cinc, cromo, hierro y manganeso que llevan asociada una elevada incertidumbre por encontrarse próximas al límite de detección de la técnica analítica empleada (50, 2,5, 20 y 10 $\mu$g/L, respectivamente). Los otros tres metales analizados, cobre, cadmio y plomo, están por debajo del límite de detección (50, 0,5 y 5 $\mu$g/L, respectivamente) en todas las muestras analizadas. En el resto de determinaciones no se han observado diferencias significativas debidas a la aplicación de lodos.

Los análisis de la matriz sólida se han llevado a cabo en muestras recogidas 20 y 32 meses después de la aplicación de 160 t/ha de lodo anaerobio. Los resultados de los análisis correspondientes a ambos muestreos no difieren significativamente. La observación más relevante es una notable acumulación en la capa más superficial (hasta 10 cm de profundidad) de tres metales: cinc, cobre y estaño (Figura 2).

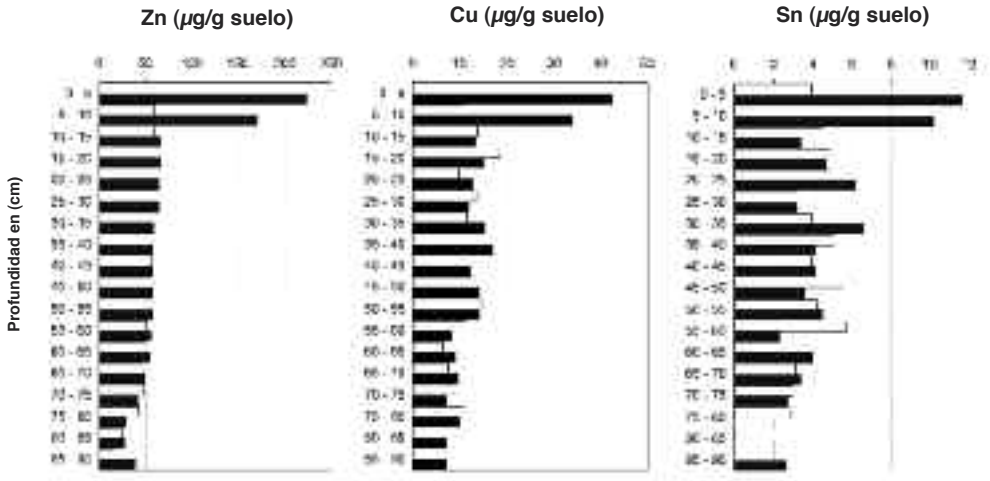



*Figura 2. Concentraciones de cinc (Zn), cobre (Cu) y estaño (Sn) medidas en la matriz sólida de muestras correspondientes a parcelas control (barra blanca) y parcelas con tratamiento de 160 t/ha de lodo anaerobio (barra negra) recogidas 32 meses después de la aplicación de los lodos*

Como consecuencia de la aplicación de lodos también se incrementan ligeramente las concentraciones en superficie de plomo (de 35 ± 9 a 53 ± 6 $\mu$g/g) y de estroncio (de 172 ± 18 a 212 ± 16 $\mu$g/g). Para el resto de los elementos analizados, no se observan diferencias significativas entre las parcelas con lodo y las parcelas control. Así sucede con el arsénico, que se encuentra presente en estos

sedimentos sin que se observen incrementos en su concentración por la aplicación de lodos (14 ± 1 $\mu$g/g). Otros ejemplos de elementos en los que no se observan cambios lo constituyen tanto elementos presentes en concentraciones relativamente altas, como el bario (535 ± 8 $\mu$g/g) o el rubidio (136 ± 8 $\mu$g/g), como elementos que se encuentran por debajo del límite de detección de la técnica en todas las muestras analizadas, como el cadmio (< 10 $\mu$g/g) o la plata (< 6 $\mu$g/g).

Por último, en la Figura 3 se muestran los resultados de los análisis de los lodos de depuradora empleados en este estudio. Comparando las muestras de lodo aerobio y anaerobio se observa que la mayoría de los elementos analizados presentan concentraciones sensiblemente más altas en el segundo tipo de lodo. Sin embargo, en ambos casos, las concentraciones de cinc, cobre, plomo, cromo, níquel y cadmio están muy por debajo de los niveles máximos permitidos en la legislación (RD 1310/1990). No se ha detectado arsénico en cantidades apreciables en ninguno de los tipos de lodo analizado (límite de detección de la técnica: 10 $\mu$g/g).

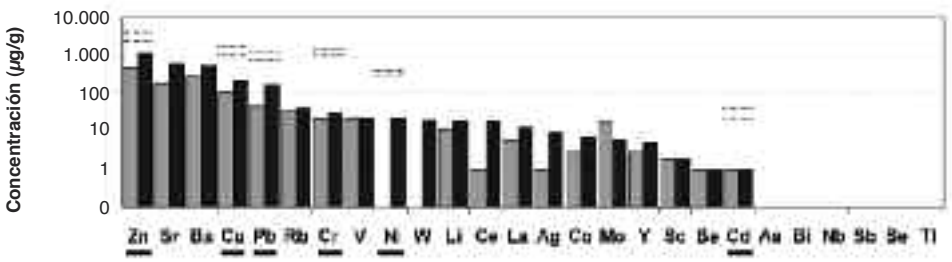



*Figura 3. Composición de las muestras de los lodos aerobio (barra gris) y anaerobio (barra negra). En ordenadas se representan las concentraciones en escala logarítmica y en abscisas los elementos analizados. Se han señalado con subrayado los elementos regulados en el RD 1310/1990 y se representa con trazo punteado sus niveles máximos permitidos*

## Discusión y conclusiones

Al comparar los resultados de los análisis realizados en los extractos acuosos de suelos tratados con lodos frente a suelos tomados en parcelas control, para la mayoría de los parámetros analizados no se ha podido establecer la existencia de diferencias significativas por el tratamiento con lodos. Aunque cabía esperar que la elevada dosis del lodo aplicado produjera un incremento en la concentración de nutrientes, de ciertos cationes y aniones, así como en parámetros relacionados como la conductividad eléctrica, la variabilidad espacial intrínseca del medio estudiado junto con las dificultades en una distribución homogénea del lodo aplicado sobre la superficie han dado lugar a elevados coeficientes de variación (en la mayoría de los casos entre el 20 y el 50%). Esta elevada variabilidad, unida a valores de fondo apreciables, hace difícil establecer la

existencia de diferencias significativas en la mayoría de los parámetros analizados. Sin embargo, si parece que la aplicación de lodos produce modificaciones significativas en los siguientes tres parámetros: nitrato, arsénico y pH.

En el caso del nitrato, las diferencias se observan en la capa más superficial del terreno. En estos primeros 20 cm del suelo se han medido concentraciones relativamente bajas en las parcelas control (entre 8 y 10 mg/L) que se incrementan notablemente con el tratamiento bien con lodo aerobio (entre 47 y 250 mg/L) o con lodo anaerobio (entre 60 y 210 mg/L). Teniendo en cuenta que los criterios sanitarios de calidad de agua de consumo humano (RD 140/2003) limitan la concentración de nitrato a un máximo de 50 mg/L, este aporte de nitratos procedente de los lodos, al igual que sucede con los excesos de nitrato debidos al uso incorrecto de otros abonos nitrogenados, representa un riesgo de afección al agua subterránea si el contaminante migra hacia el nivel freático (8).

Por otro lado, en relación con las medidas de arsénico en los extractos acuosos, sólo se detectan concentraciones apreciables (entre 8 y 20 $\mu$g/L) en algunas de las muestras más superficiales de de las parcelas tratadas con lodos, mientras que en el resto de muestras no se supera el límite de detección de la técnica (5 $\mu$g/L). A la vista de los análisis químicos de los lodos y de la matriz sólida, se descarta que el arsénico detectado en disolución se deba a arsénico aportado por los lodos, sino que parece proceder de la movilización del arsénico presente en los sedimentos de esta zona de estudio. Sin embargo, dado que se ha detectado arsénico en los extractos acuosos de las parcelas tratadas con lodos en concentraciones que exceden los 10 $\mu$g/L, que es el límite según el RD 140/2003 para agua de consumo humano, convendría realizar nuevas determinaciones de arsénico empleando un mayor número de réplicas y una técnica analítica que permita bajar el límite de detección con objeto de concluir si la aplicación de lodos sobre el terreno puede favorecer procesos de desorción del arsénico presente en la matriz sólida (9).

Por último, las medidas de pH realizadas en el extracto acuoso muestran que el tratamiento con lodos produce una disminución del valor de pH. Mientras que los extractos acuosos de las parcelas control presentan valores de pH ligeramente básicos, los de las parcelas con lodos son ligeramente ácidos. Aunque esta variación de pH es apreciable, no es suficiente para movilizar de forma significativa los metales pesados presentes en la matriz sólida. Por ello, aunque se observa que la aplicación de lodos produce una acumulación en la capa más superficial del suelo de ciertos metales, como por ejemplo el cinc, el cobre y el plomo, en los extractos acuosos éstos no se detectan o si se detectan están en concentraciones muy bajas.

Como conclusiones de este estudio, que constituye una primera aproximación en la búsqueda de indicadores de impacto sobre las aguas subterráneas del uso agrícola de lodos de depuradora analizando extractos acuosos del suelo, tanto la concentración de nitrato como el pH se presentan como candidatos adecuados. Por otro lado, aunque no se descartan otros compuestos de nitrógeno como nitrito y amonio, es necesario realizar nuevas determinaciones para poder concluir si la aplicación de los lodos produce variaciones significativas el alguno de

estos parámetros. Por último, aunque el arsénico detectado en los extractos acuosos no parece proceder de los lodos aplicados, el riesgo de contaminación de las aguas subterráneas que representa este elemento hace necesario investigar si la aplicación de lodos de depuradora sobre terrenos con contenidos moderados en arsénico, como la zona de trabajo de este estudio, puede favorecer la desorción del arsénico contenido en la matriz sólida.

## Agradecimientos

Las experiencias realizadas forman parte de los trabajos del proyecto 022/PC0813-04.2 financiado por el Ministerio de Medio Ambiente, Medio Rural y Marino.

## Referencias bibliográficas

(1) Alloway, B. J. *Heavy metals in soils.* Wiley, New York, 1990.
(2) Kelley, D., Martens, D. C., Reneau, R. B. y Simpson, T. W. 1984. Agricultural Use of Sewage Sludge: A Literature Review. Virginia Water Resources Research Center, Bull. 143, Blacksburg, Virginia. Disponible en: http://vwrrc.vt.edu/pdfs/bulletins/bulletin143.pdf
(3) Langenkamp, H., Part, P., Erhardt, W., Prüe, A. 2001. Organic contaminants in sewage sludge for agricultural use. European Commission, p. 73. Disponible en: http://ec.europa.eu/environment/waste/sludge/pdf/organics_in_sludge.pdf
(4) Van Reeuwijk, L. P. 2002. Procedures for Soil Analysis. 6th ed. ISRIC (Internacional Soil Reference and Information Centre), Wageningen.
(5) Rodier, J. Análisis de las aguas, aguas naturales, aguas residuales, agua de mar. Omega, Barcelona, 1989.
(6) Fishman, M. J., Friedman L. C. 1989. Methods for determination of inorganic substances in water and fluvial sediments, en U.S. Geological Survey Techniques of Water-Resources Investigation, Libro 5, Capítulo A1. Disponible en: http://pubs.usgs.gov/twri/twri5-a1/
(7) Bellido Martín, E., Martín Rubí, J. A. 2007. Programa Pro Trace para determinación de elementos traza por FRX. Comparación de resultados con ICP/AES e ICP/MS. Actas de XV Semana de Geoquímica y VI Congreso Ibérico de Geoquímica (Vila Real, Portugal): Métodos analíticos em geoquímica/Analytical methods in Geochemistry, p. 239 – 242. Disponible en: http://www.socgeol.org/documents/type_3/Bellido_Rubi.pdf
(8) Ongley, E. D. Lucha Contra la Contaminación Agrícola de los Recursos Hídricos. *Estudio FAO Riego y Drenaje,* 55. FAO, Roma, 1997. Disponible en: http://www.fao.org/docrep/W2598S/W2598S00.htm
(9) Mehmood, A., Hayat, R. Wasin, M. y Akhtar, M.S., 2005, Mechanisms of arsenic adsorption in calcareous soils. *J. Agric. Biol. Sci.,* 1: 59-65.

# Valoración del medio natural y los impactos residuales causados por carreteras: propuestas de mejora y utilidad para compensación

## *Valuation of Natural Environment and Residual Impacts Caused by Roads: Some Proposals for Improvement and the Use for Compensation*

**A. VILLARROYA**
**J. PUIG**
Departamento de Zoología y Ecología
Universidad de Navarra, Pamplona

## Introducción

La sostenibilidad es uno de los principales objetivos de la Evaluación de Impacto Ambiental (EIA) (1). Sin embargo, la realidad es que no siempre se trabaja de manera sostenible.

Uno de los factores que amenazan esta sostenibilidad es la admisión de impactos residuales (2), que son aquellos daños al entorno que no pueden ser evitados ni corregidos. Aunque a veces sean poco significativos cuando se consideran de forma individual, su acumulación en el medio disminuye progresivamente la calidad ecológica del mismo (3,4).

Esta pérdida de valor natural se puede paliar mediante la aplicación de medidas compensatorias que traten de recuperar la calidad ecológica global de un área geográfica (5-11, entre otros). Aunque la legislación contempla la propuesta de estas medidas dentro de la EIA (12), se ha observado que pocas veces se incluyen medidas compensatorias en proyectos que, sin embargo, ocasionan impactos residuales. Y cuando se proponen, no siempre son diseñadas de manera adecuada al caso (13).

La valoración del medio y de los impactos residuales causados sobre él es el paso inmediatamente anterior al diseño de medidas compensatorias, ya que permite identificar y evaluar las pérdidas que han de ser compensadas. Por esto, un diseño eficaz de medidas compensatorias depende de una adecuada valoración del medio y los impactos dentro del proceso de EIA.

En los siguientes apartados se exponen algunas propuestas para mejorar la valoración del medio y de los impactos residuales en la EIA. También se muestra un ejemplo de uso de un método sencillo de valoración basada en áreas para cuantificar los impactos residuales, integrando las propuestas de mejora. Esta cuantificación se propone a su vez como base de la que partir para un futuro diseño de medidas compensatorias.

## Material y métodos: propuestas de mejora de la valoración y método de valoración empleado

La EIA es una herramienta que debe adaptarse en cierto modo a cada caso concreto. En parte debido a esto, actualmente no hay un método estándar para realizar valoraciones en EIA (14,15), y es difícil dar con ideas concretas que sean a la vez válidas y aplicables a todos los casos. Por esto, en este trabajo se ha optado por no hacer propuestas cerradas, sino sugerir pautas para orientar cambios progresivos que se puedan amoldar a las exigencias de la práctica.

Por un lado, puesto que la transparencia es uno de los principios básicos de la EIA (1,16), se propone la clarificación de los métodos y criterios empleados para valorar el medio y los impactos. El objetivo es que cualquier persona pueda entender los resultados de la valoración y sugerir modificaciones en los distintos puntos del proceso. El hecho en sí de valorar un elemento tiene un gran componente subjetivo que no puede ser eliminado (17-19), aunque sí delimitado para disminuir sus efectos (14). La exposición clara del procedimiento de valoración va en esta dirección, ya que permite una mayor replicabilidad de los resultados, que dependen en menor medida de quién realiza la valoración. Las tablas resumen pueden ser una herramienta útil para este fin, como se mostrará más adelante.

La segunda propuesta es la realización sistemática de un registro de impactos residuales, con el objetivo de evitar pasar por alto pérdidas de valor ecológico que de otra manera podrían pasar desapercibidas. A la vez, esto señala aquellos daños al medio hacia los que deben estar dirigidas las medidas compensatorias. Sugerimos empezar por el registro de aquellas pérdidas que pueden ser representadas geográficamente, como un primer paso hacia una futura sistematización de todos los impactos residuales. Para esto, los Sistemas de Información Geográfica (SIG) son las herramientas más adecuadas ya que permiten obtener a la vez resultados gráficos (mapas) y cuantitativos.

El método de valoración empleado se basa en la división del área de estudio en unidades ambientales según los usos de suelo y su valoración ecológica en función de una serie de parámetros adecuados al caso. Se trata de una adaptación al ejemplo concreto de un método ya existente (20), que consta de los 5 pasos que recoge la Tabla 1. Esta tabla, como las siguientes que se utilizarán para explicar el caso, es un ejemplo del uso de tablas resumen para exponer la forma en que se ha llevado a cabo la valoración. Es un elemento cuya elaboración no supone un gran esfuerzo adicional y que clarifica en gran medida el proceso para que pueda ser entendido (y en su caso replicado o discutido) por el público general.

Tras la delimitación del área de estudio y su división en unidades ambientales según los usos de suelo, la estimación del valor se realiza en dos pasos que permiten clasificar las unidades según una escala cualitativa de 10 clases de valor entre la A (valor máximo) y la J (valor mínimo). Los criterios para esta valoración se muestran en las Tablas 2 y 3. El valor base se asigna en función de las características de la vegetación, siendo mayor para aquellas formaciones

que requieren un tiempo más dilatado para su desarrollo, ya que su pérdida es más difícil de compensar (21,22). Los criterios para modificación del valor tratan de dar especial importancia a la naturalidad del lugar (ver 23,24 para más detalles sobre el concepto). Se da especial peso a la presencia de la carretera por ser el proyecto estudiado y causante también de importantes impactos sobre el medio natural (25,26).

*Tabla 1. Resumen del método de valoración aplicado, separando los distintos pasos de que consta*

| Paso | Acción |
|---|---|
| 1 | Delimitación del área de afectación |
| 2 | División en unidades ambientales según usos del suelo |
| 3 | Asignación de valor base según vegetación |
| 4 | Modificación del valor base según otros factores |
| 5 | Cálculo del valor final |

*Tabla 2. Criterios para la asignación de valor base a las distintas unidades*

| Características de la vegetación | | | Valor base |
|---|---|---|---|
| Clímax | | | B |
| Sub-clímax | | | C |
| Otros | Cobertura alta | Bosque | D |
| | | Matorral | E |
| | | Pasto | G |
| | Cobertura media | Bosque | E |
| | | Matorral | F |
| | | Pasto | G |
| | Cobertura baja | | H |
| | Cobertura mínima | | I |

*Tabla 3. Criterios para la modificación del valor base asignado a cada unidad*

| Elemento/característica del medio | | | Modificación |
|---|---|---|---|
| Presencia de elementos de interés natural | | | hasta +2 |
| Enfermedades fitosanitarias | No prevalente | | hasta -1 |
| | Prevalente | | hasta -2 |
| Actividad humana | Plantación no naturalizada | | hasta -2 |
| | Agricultura extensiva | | hasta -2 |
| | Distancia a carretera | < 75 metros | hasta -1 |
| | | Atraviesa | hasta -2 |

Si bien los criterios empleados son seguramente discutibles, lo que se pretende poner de relieve no es la idoneidad del método utilizado, sino su transparencia. Como se ha explicado anteriormente, la exposición de los criterios elegidos permite al público conocer los elementos en función de los que se ha estimado el valor de cada zona, y comprender así los resultados obtenidos. De esta manera se facilita la discusión durante la fase de información pública.

Para estimar el impacto residual, se realiza una valoración del área antes y después de la ejecución del proyecto y de las medidas correctoras. Comparando ambos resultados se obtiene una estimación del valor ecológico de aquellos impactos residuales con representación geográfica.

El caso elegido como ejemplo de aplicación de lo expuesto corresponde a la construcción de un tramo de la autovía A-21 (Autovía del Pirineo) en la Comunidad Foral de Navarra. La Figura 1 muestra la localización del área de estudio dentro de la Comunidad Foral, así como las ortofotografías de la zona antes (año 2006) y después (año 2010) de la construcción del proyecto.

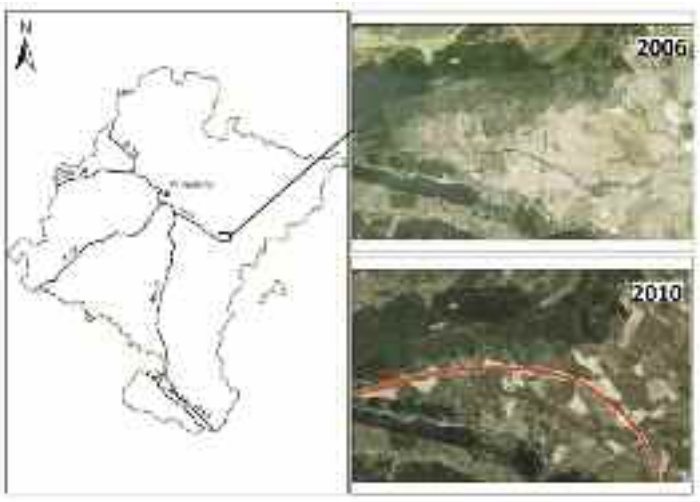



*Figura 1. Localización del proyecto y ortofotos de antes y después de su construcción. En la imagen correspondiente a 2010 se destaca en rojo el recorrido del tramo de autovía estudiado*

## Resultados: ejemplo de valoración de impactos residuales

El primer paso para valorar la zona es la delimitación del área de estudio (ver Tabla 1), que en este caso se ha definido como una banda de 500 m de anchura a ambos lados de la futura autovía (Figura 2).

El área delimitada se divide en unidades ambientales según los usos de suelo para cada una, como muestra la Figura 3 para la zona antes de la construcción del proyecto. Los resultados de la valoración (según los criterios de las Tablas 2 y 3) se muestran en la Figura 4 y, de manera más detallada, en la Tabla 4.

*Figura 2. Delimitación del área de afectación del proyecto antes de su construcción. La línea en rojo muestra el recorrido de la futura autovía, mientras que el área en gris corresponde al área de afectación*

*Figura 3. División en unidades ambientales del área de estudio antes de la ejecución del proyecto, según los usos de suelo*

El proceso se repite para la misma zona una vez ejecutado el proyecto, obteniendo los resultados que se muestran en la Figura 5 y la Tabla 5.

Al comparar ambos mapas se pueden apreciar cambios de valor tras la construcción del proyecto, lo que constituye un primer registro de los impactos residuales en la zona. Este primer resultado, si bien no muy preciso desde el punto

*Figura 4. Valor ecológico de las distintas unidades antes de la ejecución del proyecto. La etiqueta Id # indica la fila correspondiente a cada unidad en la Tabla 4*

*Tabla 4. Resultados de la valoración de las distintas unidades antes de la ejecución del proyecto*

| Id | Tipo de unidad | Valor base | Elementos de interés | Enferm. fitosanitar. | Planta-ción | Agricul-tura | Distancia a carretera | Valor final |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | Plantación | D | 1 | –1 | –1 | 0 | –1 | F |
| 2 | No cultivado | E | 1 | 0 | 0 | 0 | –1 | E |
| 3 | Plantación | D | 1 | 0 | –1 | 0 | –2 | F |
| 4 | No cultivado | E | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | E |
| 5 | Plantación | D | 0 | 0 | –1 | 0 | 0 | E |
| 6 | Cultivo | G | 2 | 0 | 0 | –2 | 0 | G |
| 7 | Fluvial | C | 2 | 0 | 0 | 0 | 0 | A |
| 8 | Fluvial | C | 2 | 0 | 0 | 0 | 0 | A |
| 9 | Cultivo | G | 2 | 0 | 0 | –2 | 0 | G |

de vista técnico, puede ser de utilidad para presentar los resultados al público de manera gráfica.

El trabajo mediante SIG permite la cuantificación de áreas, lo que hace posible realizar algunos análisis complementarios a los mapas generados. Un ejemplo de esto se muestra en la Figura 6. En ella se observa cómo la superficie media de las unidades ha disminuido tras la construcción de la carretera, lo que indica un aumento de la fragmentación en la zona.

Quizás los datos más interesantes sean qué superficie ha sufrido impacto residual y qué intensidad tiene dicho impacto. Si se considera que existe un im-

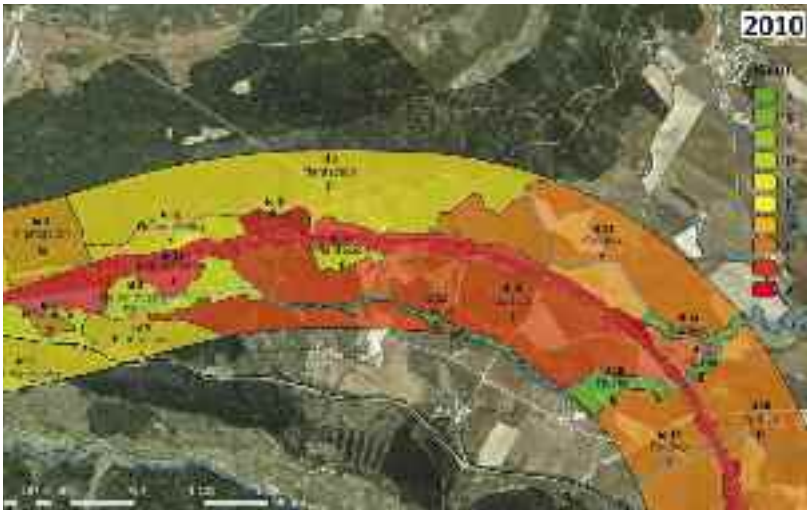



*Figura 5. Valor ecológico de las distintas unidades después de la ejecución del proyecto. La etiqueta Id # indica la fila correspondiente a cada unidad en la Tabla 5*

*Tabla 5. Resultados de la valoración de las distintas unidades tras la ejecución del proyecto*

| Id | Tipo de unidad | Valor base | Elementos de interés | Enferm. fitosanit. | Planta-ción | Agricul-tura | Distancia a carretera | Valor final |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | Plantación | D | 0 | 0 | –1 | 0 | –1 | F |
| 2 | No cultivado | E | 0 | 0 | 0 | 0 | –1 | F |
| 3 | No cultivado | E | 1 | 0 | 0 | 0 | –1 | E |
| 4 | Plantación | D | 1 | 0 | –1 | 0 | –2 | F |
| 5 | No cultivado | E | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | E |
| 6 | Plantación | D | 0 | –1 | –1 | 0 | –1 | G |
| 7 | Plantación | D | 0 | –1 | –1 | 0 | –1 | G |
| 8 | Plantación | D | 0 | 0 | –1 | 0 | –1 | F |
| 9 | Cultivo | G | 0 | 0 | 0 | –2 | –1 | J |
| 10 | Cultivo | G | 1 | 0 | 0 | –2 | –1 | I |
| 11 | Cultivo | G | 2 | 0 | 0 | –2 | –1 | H |
| 12 | Fluvial | C | 2 | 0 | 0 | 0 | 0 | A |
| 13 | Fluvial | C | 2 | 0 | 0 | 0 | –1 | B |
| 14 | Cultivo | G | 1 | 0 | 0 | –2 | –1 | I |
| 15 | Fluvial | C | 2 | 0 | 0 | 0 | –1 | B |
| 16 | Cultivo | G | 2 | 0 | 0 | –2 | –1 | H |
| 17 | Cultivo | G | 2 | 0 | 0 | –2 | –1 | H |
| 18 | Improductivo | I | 0 | 0 | 0 | 0 | –2 | J |

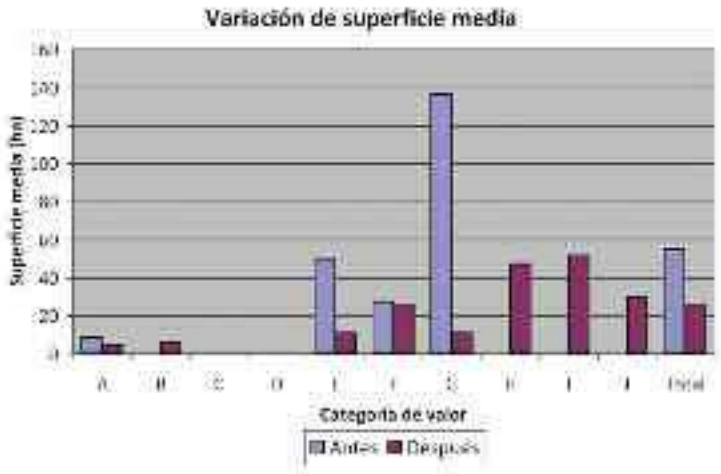



*Figura 6. Superficie promedio de las unidades correspondientes a cada categoría de valor, y superficie promedio del total de las unidades, antes y después de la ejecución del proyecto*

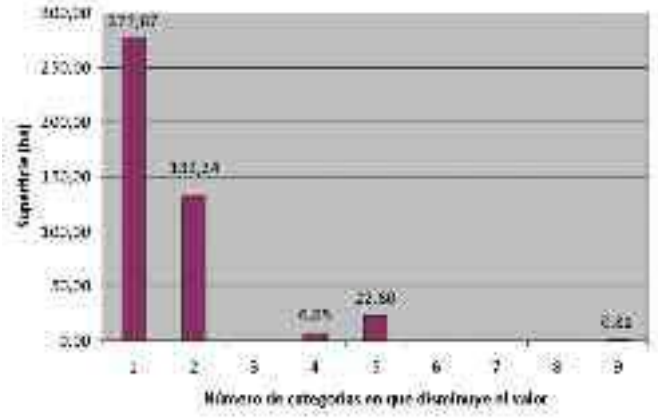



*Figura 7. Superficie de la zona estudiada que ha visto disminuido su valor en distintos grados tras la ejecución del proyecto*

pacto residual cuando un área ve disminuido su valor en al menos una categoría, en el ejemplo estudiado han sido afectadas 440,66 ha de un total de 493. La Figura 7 muestra los resultados de forma detallada.

## Discusión y conclusiones

La valoración del medio está situada, sin duda, en el centro de la EIA, pues da no sólo la medida del impacto, sino la de lo que se le debería pedir a la com-

pensación para no admitir pérdidas ambientales netas bajo el amparo de la EIA. Por este motivo, cualquier mejora en este paso aumenta la calidad de los resultados de la evaluación, que constituyen así una base más sólida de la que partir para diseñar las medidas compensatorias adecuadas.

El aumento en la transparencia del proceso puede facilitar la participación pública, ya que una mejor información permite un debate más sólido. Esta mayor participación puede a su vez mejorar la calidad de la valoración, en especial a través de aportaciones de población local con un conocimiento más completo del entorno afectado por el proyecto.

El registro sistemático de impactos residuales puede ayudar a evitar pasar por alto impactos que disminuyen la calidad ecológica del medio. Si este registro se lleva a cabo mediante herramientas SIG, se hace posible la cuantificación de las áreas afectadas. Esto, unido a un sistema de valoración ecológica del medio, proporciona datos acerca de la dimensión y la intensidad del impacto residual originado por el proyecto, lo que puede constituir una base de la que partir para adecuar las medidas compensatorias a las necesidades del caso.

Si bien actualmente no existen normas precisas que guíen el cálculo cuantitativo de medidas compensatorias (27){Formatting Citation}, ni ratios bien definidas para establecer la equivalencia entre el impacto causado y la compensación requerida (28), se puede decir que el diseño de estas medidas será en gran medida condicionado por el tamaño e intensidad del impacto residual. La estimación de estos datos es, pues, un primer paso ineludible para las siguientes etapas del proceso.

Para continuar mejorando la sostenibilidad de aquellos proyectos sujetos a EIA, la puesta en práctica de medidas compensatorias que contrarresten los daños causados por impactos residuales es una herramienta clave. Por este motivo, en futuros trabajos será necesario dedicar un esfuerzo a definir métodos que permitan dimensionar y diseñar eficazmente medidas compensatorias adecuadas a cada caso.

## Referencias bibliográficas

(1) IAIA, UK Institute of Environmental Assessment 1999. Principles of Environmental Impact Assessment best practice. www.iaia.org/modx/assets/files/Principles%20of%20IA_web.pdf

(2) George, C. 1999. Testing for sustainable development through environmental assessment. *Environmental Impact Assessment Review*, 19: 175-200.

(3) Race, M. S., Fonseca, M. S. 1996. Fixing Compensatory Mitigation: What Will it Take?. *Ecological Applications*, 6: 94-101.

(4) Madsen, B., Carroll, N. 2010. State of biodiversity markets report: offset and compensation programs worldwide. www.forest-trends.org/documents/files/doc_2388.pdf

(5) Cuperus, R., Canters, K. J., Piepers, A. A. G. 1996. Ecological compensation of the impacts of a road. Preliminary method for the A50 road link (Eindhoven-Oss, The Netherlands). *Ecological Engineering,* 7: 327-349.
(6) Kuiper, G. 1997. Compensation of environmental degradation by highways: a Dutch case study. *European Environment*, 7: 118-125.
(7) ten Kate, K., Bishop, J., Bayon, R. 2004. Biodiversity offsets: Views, experience, and the business case. IUCN, 95 pp.
(8) ICMM. 2005. Biodiversity Offsets : A Proposition Paper. www.icmm.com/document/26
(9) Bezerra, L. 2007. Biodiversity Offsets in National (Brazil) and Regional (EU) Mandatory Arrangements: Towards an International Regime? MSc Dissertation, University College London.
(10) Hayes, N., Morrison-Saunders, A., 2007. Effectiveness of environmental offsets in environmental impact assessment: practitioner perspectives from Western Australia. *Impact Assessment and Project Appraisal*, 25: 209-218.
(11) Treweek, J. 2009. Scoping study for the design and use of biodiversity offsets in an English Context. Final Report to Defra. Forest Trends, 131 pp. www.forest-trends.org/documents/files/doc_2400.pdf
(12) Ministerio de Medio Ambiente. 2008. Real Decreto Legislativo 1/2008, de 11 de enero, por el que se aprueba el texto refundido de la Ley de Evaluación de Impacto Ambiental de proyectos. http://www.boe.es/boe/dias/2008/01/26/pdfs/A04986-05000.pdf
(13) Villarroya, A., Puig, J. 2010. Ecological compensation and Environmental Impact Assessment in Spain. *Environmental Impact Assessment Review*, 30: 357-362.
(14) Geneletti, D. 2006. Ecological evaluation of land: some considerations on approaches and shortcomings. *International Journal of Sustainable Development and Planning*, 1: 419-428.
(15) Nakagoshi, N., Kondo, T. 2002. Ecological land evaluation for nature redevelopment in river areas. *Landscape Ecology*, 17: 83-93.
(16) Kakonge, J. O. 1998. EIA and good governance: issues and lessons from Africa. *Environmental Impact Assessment Review*, 18: 289-305.
(17) Wathern, P., Young, S. N., Brown, I. W., Roberts, D. A. 1986. Ecological evaluation techniques. *Landscape Planning*, 12: 403-420.
(18) Lawrence, D. P. 1993 .Quantitative versus qualitative evaluation: A false dichotomy? *Environmental Impact Assessment Review*, 13: 3-11.
(19) Geneletti, D. 2003. Biodiversity Impact Assessment of roads: an approach based on ecosystem rarity. *Environmental Impact Assessment Review*, 23: 343-365.
(20) Villarroya, A., Puig, J. 2012. Valuation of residual impacts of roads on landscape ecological units in Navarre, Spain. *Journal of Environmental Planning and Management*, In press.
(21) Cuperus, R., Canters, K. J., Udo de Haes, H. A., Friedman, D. S. 1999. Guidelines for ecological compensation associated with highways. *Biological Conservation*, 90: 41-51.
(22) Reijnen, R., Foppen, R. 2006. Impact of road traffic on breeding bird populations, en The Ecology of Transportation: Managing Mobility for the Environment. Springer-Verlag, Heidelberg.

(23) Margules, C., Usher, M. B. 1981. Criteria used in assessing wildlife conservation potential: a review. *Biological Conservation*, 21: 79-109.
(24) Smith, P. G. R., Theberge, J. B. 1986. A review of criteria for evaluating natural areas. *Environmental Management*, 10: 715-734.
(25) Forman, R. T. T., Alexander, L. E. 1998. Roads and their major ecological effects. *Annual Review of Ecology and Systematics*, 29: 207-231.
(26) Trombulak, S. C., Frissell, C. A., 2000. Review of Ecological Effects of Roads on Terrestrial and Aquatic Communities. *Conservation Biology*, 14: 18-30.
(27) Kiesecker, J. M., Copeland, H., Pocewicz, A., Nibbelink, N., McKenney, B., Dahlke, J., Holloran, M., Stroud, D. 2009. A Framework for Implementing Biodiversity Offsets: Selecting Sites and Determining Scale. *BioScience*, 59: 77-84.
(28) McKenney, B. A., Kiesecker, J. M. 2010. Policy development for biodiversity offsets: a review of offset frameworks. *Environmental management*, 45: 165-176.

# Método semántico CMH-EIA de agregación y valoración de impactos ambientales

## *Semantic Method CMH-EIA for Aggregation and Valuation of Environmental Impacts*

**C. M. HERRERO JIMÉNEZ**
Universidad de Salamanca, Salamanca

## Introducción

El artículo 10 del reglamento(1) de evaluación de impacto ambiental (EIA) especifica las condiciones bajo las que se han de identificar y valorar los impactos ambientales en un estudio de impacto ambiental. Primeramente la identificación de impactos ambientales deriva del estudio de la interacción entre las acciones del proyecto y las características de los aspectos ambientales afectados. En segundo lugar se han de distinguir los efectos positivos de los negativos, los temporales de los permanentes, etc. Seguidamente se ha de indicar los impactos ambientales compatibles, moderados, severos y críticos. La forma de valorar los impactos ambientales, especifica el reglamento, será cuantitativa -si es posible- o cualitativa, debiendo expresar indicadores o parámetros y utilizando la normativa o estudios técnicos de general aceptación que establezcan límites o valores guía, respectivamente. Igualmente, en caso de superar el umbral de impacto ambiental admisible se propondrán medidas correctoras o protectoras que reduzcan el nivel de impacto a un valor inferior a dicho umbral. Además de lo anterior, es necesario indicar los procedimientos para conocer el grado de aceptación o repulsa social de la actividad (proyecto), las implicaciones económicas, así como las metodologías y proceso de cálculo de los distintos impactos ambientales. Finalmente, los impactos ambientales han de jerarquizarse para conocer su importancia relativa y, finalmente, hay que realizar una evaluación global de la incidencia del proyecto.

En definitiva, el reglamento exige valorar los impactos ambientales, si es posible de forma cuantitativa (si no se asume que la valoración será cualitativa), introducir en dicha valoración la repercusión social, jerarquizar los impactos ambientales a través del establecimiento de su importancia relativa (que equivale a ponderar los impactos ambientales) y agregar los impactos ambientales en un impacto ambiental global.

La literatura nacional sobre metodologías o guías(2) para realizar estudios de impacto ambiental ha utilizado el artículo del reglamento anteriormente citado para establecer tres tipos de métodos de valoración de impactos ambientales (3): simple enjuiciamiento o valoración directa en los términos que establece el reglamento (compatible, moderado, severo, crítico) o en otros términos, valoración cualitativa (basada escalas de medida de tipo ordinal) y valoración cuanti-

tativa (basada en indicadores de impacto y en funciones de transformación). De estos tres tipos, el simple enjuiciamiento suele adolecer de ser menos riguroso por no estar basado en escalas objetivas.

El método que se presenta en esta comunicación, denominado con las siglas del autor y fruto del trabajo e investigación de varios años, profundiza en la valoración de impactos ambientales según los términos que expresa el reglamento con rigor.

## Metodología

El procedimiento que se expone parte de la identificación de efectos por interacción de acciones del proyecto con los aspectos ambientales afectados. A partir de aquí, la metodología sobre la que se basa este procedimiento puede dividirse en las siguientes etapas:

- Secuencia lógica en la caracterización de efectos.
- Valoración de impactos ambientales elementales.
- Agregación de impactos ambientales y valoración.

La secuencia lógica en la caracterización de efectos consiste en una serie de preguntas, a modo de lista de chequeo, que ha de responderse para cada efecto. El resultado de la caracterización de un efecto como notable, implica la identificación de un impacto ambiental y de dicho resultado deriva la valoración en los términos del reglamento (compatible, moderado, severo o crítico) más un valor, en su caso, positivo. Cada efecto a caracterizar lo denominamos elemental porque se corresponde con el efecto expresado al nivel mínimo de desagregación. Este nivel se corresponde con la interacción entre una acción del proyecto (la cual se integra dentro de un elemento del proyecto y éste a su vez en una fase del mismo) y el último nivel de desagregación del medio. De acuerdo con la metodología IMPRO (4), este último nivel de descomposición sería subfactor ambiental (o aspecto ambiental en que se divide cada factor ambiental, entendiendo por éste el agua, el aire, el suelo, etc.). La secuencia lógica para caracterizar efectos se concreta en las siguientes preguntas:

- ¿Existe incidencia inmediata sobre algún factor ambiental? en caso afirmativo tendremos un efecto directo, si no, indirecto.
- ¿Es importante el efecto? en caso afirmativo tendremos un efecto notable, si no se trata de un efecto mínimo (y por tanto despreciable).
- ¿Hay pérdida de valor ambiental? en cuyo caso tendremos un efecto negativo, si no, positivo.
- Si el efecto es positivo hay que preguntarse si induce nuevos efectos (positivos o negativos). Si la respuesta es positiva (induce) entonces es, además, sinérgico. En caso contrario es simple.

  - Si el efecto es negativo, hay que preguntarse por un lado si incrementa su gravedad y, por otro, si induce nuevos efectos. Las posibilidades son:
    * Efecto negativo y simple: no incrementa su gravedad ni induce nuevos impactos
    * Efecto negativo y acumulativo: incrementa su gravedad pero no induce nuevos impactos
    * Efecto negativo y sinérgico: induce nuevos impactos pero no incrementa su gravedad
    * Efecto negativo, acumulativo y sinérgico: incrementa la gravedad e induce nuevos impactos (normalmente en el sentido negativo y rara vez en el positivo).

- ¿Cuando se manifiesta el efecto? De acuerdo con el reglamento de EIA, puede manifestarse a corto (en menos de un año), medio (entre 2 y 5 años) o largo plazo (más de 5 años).
- ¿Cuánto permanece en el tiempo? Si permanece indefinidamente en el tiempo es permanente. Si no, es temporal. Dentro de esta última posibilidad, es decir, temporal, cabe que su aparición sea predecible, por tanto periódico, según el reglamento de EIA, o bien imprevisible, en cuyo caso será de aparición irregular.
- ¿Varía la alteración en el tiempo? Si el efecto es permanente y acumulativo (por tanto negativo) siempre será discontinuo. Si el efecto es permanente y simple, entoces será continuo. Si el efecto es temporal, siempre será discontinuo (en el tiempo).
- ¿Se recupera el medio por sí mismo? Evidentemente, sólo cabe hablar de reversibilidad si se trata de un efecto negativo y simple (no acumulativos ni sinérgicos en el sentido negativo). Si el efecto es irreversible (negativo, acumulativo y/o sinérgico en el sentido negativo) hay que preguntarse por la posibilidad de incorporar medidas. Si se pueden adoptar medidas para recuperar la situación o bien establecer otra situación distinta de la inicial pero aceptable, entonces el efecto será irreversible pero recuperable. En caso contrario será irreversible e irrecuperable.

La identificación de impactos ambientales requiere comparar las situaciones "con" y "sin" proyecto. La situación "con" se caracteriza suficientemente a través de los efectos correspondientes. La situación "sin" se caracteriza a través del inventario ambiental.

La caracterización de efectos debe haberse realizado racionalmente. Igual de racional debe ser el proceso de determinación si un impacto ambiental es compatible, moderado, severo o crítico. En este método adoptamos que todo efecto notable, constituye un impacto ambiental. Para valorar los Impactos ambientales según las categorías negativas del Reglamento de EIA seguiremos lo siguiente:

- Sólo los efectos reversibles darán lugar a impactos ambientales compatibles.

- Sólo los efectos irreversibles y recuperables requieren medidas y por tanto darán lugar a impactos ambientales moderados o severos (dependiendo del tipo de medidas y el tiempo de recuperación).
- Sólo los efectos irreversibles e irrecuperables darán lugar a Impactos ambientales críticos.

Cada impacto ambiental valorado procede, como hemos explicado, de cada efecto elemental. Se trata pues de impactos ambientales también elementales. A continuación hay que agregar los impactos ambientales, primero a nivel de subfactor, segundo a nivel de factor, tercero a nivel de grupo de factores (medio inerte, medio biótico, etc.) y al nivel superior (subsistema físico y subsistema humano). La propuesta metodológica que se hace aquí es la siguiente: Los impactos ambientales elementales verificados sobre un subfactor han de agregarse semánticamente a nivel de este subfactor para cada fase del proyecto. Para ello, se propone comenzar el nombre de cada impacto ambiental con las expresiones "disminución de calidad ambiental ..." o "disminución del valor ambiental..." (si son negativos) y a continuación unir o sintetizar las frases de cada efecto elemental. Lógicamente no se pueden agregar impactos ambientales que proceden de efectos con distinto signo, por lo que se separarán los impactos ambientales positivos de los negativos (compatible, moderado, severo o crítico). Cada impacto ambiental de carácter negativo agregado a este nivel integrará impactos ambientales de distinto tipo, excepto los impactos ambientales calificados como críticos. La valoración que se propone para el impacto ambiental agregado negativo es la de mayor incidencia que tengan los impactos ambientales elementales. Así, si el impacto ambiental agregado procede de un impacto ambiental compatible, uno moderado y otro severo, el valor agregado será severo. No se agregan, por tanto, los impactos ambientales críticos, los cuales deben tratarse aparte modificando, variando o, si es posible, anulando las acciones que los producen (en caso contrario, sólo cabe adoptar medidas compensatorias). A continuación se ha de agregar al nivel superior (factor ambiental) para cada fase del proyecto del mismo modo, es decir, redactando el impacto ambiental ambiental juntando y sintetizando las frases que especifican el impacto ambiental que se produce sobre cada subfactor ambiental. A niveles superiores (grupo de factores y subsistemas) puede operarse de este modo, o bien simplemente especificar el nombre de los impactos ambientales de forma más genérica como "pérdida de valor ambiental sobre el medio inerte en la fase de ejecución".

## Resultados

El método CMH-EIA, ha sido utilizado a modo de prueba en diversos proyectos de carácter agrario. Los resultados obtenidos son satisfactorios de acuerdo con las exigencias del reglamento de EIA. Sin embargo, puede ser utilizado en

cualquier tipo de proyecto. Únicamente exige calificar cada efecto con rigor para su correcta caracterización. Igualmente, requiere proceder con bastante orden y apoyarse en una matriz de relación causa-efecto que suele ser extensa. Igualmente, los resultados siempre separan la fase de ejecución de la fase de explotación del proyecto.

## Discusión y conclusiones

El método CMH-EIA, de carácter semántico resulta sencillo y a la vez riguroso con el reglamento de EIA. La principal discusión que se plantea es la cuestión de hasta dónde valorar los impactos ambiental agregados, cuestión esta no especificada en el reglamento. Parece lógico, y así se expuesto, que la valoración de impactos ambientales se produzca a nivel de factor ambiental (agua, aire, etc.) a un nivel superior (medio inerte, por ejemplo), la valoración sería poco precisa y arrojaría el valor de severo (recuérdese que con haber un impacto ambiental severo a nivel de subfactor, el valor superior también será severo).

Otra discusión interesante es cómo proceder en la jerarquización de impactos ambientales. En efecto, al no existir valoraciones numéricas de cada impacto ambiental, no pueden realizarse productos entre el valor de cada impacto ambiental y el peso ponderado de cada subfactor ambiental. En este sentido, parece lógico hacer una jerarquización por grado de incidencia de impactos ambientales a nivel de subfactor y fase del proyecto. Así, si se procede a ponderar cada subfactor ambiental (y por suma, cada factor ambiental) es posible ordenar los impactos ambientales dentro cada grado de incidencia negativa (compatible, moderado y severo) según el peso del subfactor ambiental que afectan.

## Referencias bibliográficas

(1) Real Decreto 1131/1988, de 30 de septiembre, por el que se aprueba el Reglamento, para la ejecución del Real Decreto Legislativo 1302/1986, de 28 de junio, de Evaluación de Impacto ambiental. BOE de 5 de octubre de 1988.
(2) Conesa Fernández-Vítora, V. 1997. Guía Metodológica para la Evaluación del Impacto Ambiental. Ed. Mundi-Prensa. Madrid.
(3) Gómez Orea, D. 1999. Evaluación de Impacto Ambiental. Editorial Mundi-Prensa. Madrid.
(4) Gómez Orea, D. 1991. Modelo Informatizado para la Evaluación de Impacto Ambiental. Ed. Agrícola Española.

# Efecto de la población en las emisiones de $CO_2$ según la identidad de Kaya

## *Effect of Population in $CO_2$ Emissions by the Identity of Kaya*

**G. TUDELA MARTÍN**
Departamento de Informática, Escuela Politécnica.
Universidad Europea Miguel de Cervantes, Valladolid

**L. J. DE MIGUEL GONZÁLEZ**
Departamento de Ingeniería de Sistemas y Automática.
EII Universidad de Valladolid, Valladolid

### Resumen

En este estudio se pretende analizar las emisiones de $CO_2$ en España hasta el 2020 según la Identidad de Kaya, atendiendo a las diferentes variables tenidas en cuenta en dicha identidad como población (como escenario multievaluado por diferentes métodos), PIB per cápita, intensidad energética y la intensidad de carbonización, las cuales son tratadas a través de un único escenario, planteado en las previsiones del gobierno en el Plan Energético Nacional de Energías Renovables (PANER 2011-2020).

### Palabras clave

Identidad de Kaya, emisiones de $CO_2$, población, PANER, PIB, intensidad energética, intensidad de carbonización.

### Abstract

This study aims to analyze the $CO_2$ emissions in Spain until 2020 as the Kaya Identity, according to different variables considered in this population identity (as multivalued setting by different methods), GDP per capita, energy intensity and the intensity of charring, which are handled through a single stage, raised in estimates of government in the National Energy Plan Renewable Energy (PANER 2011-2020).

### Key words

Kaya Identity, $CO_2$ emissions, population, PANER, GDP, energy intensity, intensity of carbonization.

## Introducción

Las discusiones en torno al papel jugado por el crecimiento de la población en los impactos ambientales en general, y en las emisiones de $CO_2$ y otros gases

de efecto invernadero en particular, no son nuevas. No obstante, las consecuencias que los distintos enfoques y conclusiones en los análisis del problema, a tenor de las preferencias metodológicas y políticas de los distintos autores, llevan muchas veces a posiciones irreconciliables (1). En este trabajo se intenta abordar el análisis de la evolución de las emisiones en España de $CO_2$ centrándose en la población, según estimaciones de expertos como la ONU a través de modelos de dinámica de sistemas y según otras variables puestas en juego que afectan a las emisiones en la identidad de Kaya (2) como son la economía, la demanda energética y la intensidad de carbonización.

Una vez obtenido las emisiones de $CO_2$ en Kilotoneladas, cuyos datos históricos se han recogido del Banco Mundial, se compara con los datos del sumario de resultados del Ministerio de Medio Ambiente, y Medio Rural y Marino, donde se señala que las emisiones estimadas para el año 2008 se sitúan en 405.740 kilo/toneladas de $CO_2$-eq, cifrándose las correspondientes a las verificadas en el año base para la determinación de la cantidad asignada en 289.773 kilotoneladas de $CO_2$-eq[1], y las correspondientes al año 2007 en 438.677 kilotoneladas, también de $CO_2$-eq, por lo tanto, como se comprobara finalmente, todavía muy alejadas en el cumplimiento de emisiones del protocolo de Kioto (3).

## Material y métodos

Analizando los datos históricos en emisiones de $CO_2$ per cápita según el Banco mundial para los países vecinos de la UE15[2], se aprecia como la población está íntimamente unida a las emisiones de $CO_2$, pero ésta a su vez varía dependiendo del nivel de desarrollo (Identidad de Kaya), ya que mientras nuestros demás vecinos de la UE-15 sus emisiones per cápita disminuyen en España ha aumentado desde el 1995 de forma paulatina, debido al desarrollo productivo y económico, estacándose estos últimos años por la coyuntura de crisis económica que padecemos.

La contribución de la población a las emisiones de $CO_2$ (ver Figura 1), en la variable emisiones de $CO_2$ per cápita, donde el estado actual para España es de menos de 8 toneladas por habitante frente a las más de 10 de media de la UE15 (4). Pero si atendemos a la evolución de nuestros países vecinos más desarrollados, vemos como Alemania, Francia y Reino Unido sus valores van disminuyendo de manera relativa, aunque en valor absoluto se van acercando a

[1] Las emisiones totales incluyen las correspondientes a $CO_2$, $CH_4$ y $N_2O$ ponderadas en función de sus potenciales de calentamiento atmosférico: 1 para el $CO_2$, 21 para el $CH_4$ y 310 para el $N_2O$.

[2] Las emisiones de dióxido de carbono son las que provienen de la quema de combustibles fósiles y de la fabricación del cemento. Incluyen el dióxido de carbono producido durante el consumo de combustibles sólidos, líquidos, gaseosos y de la quema de gas. Fuente: Centro de Análisis de Información sobre Dióxido de Carbono, División de Ciencias Ambientales del Laboratorio Nacional de Oak Ridge, Tennessee, los Estados Unidos. Fuentes Indicadores del desarrollo mundial.

España. La tendencia en valores relativos para España ha sido al igual que para Italia y Portugal la de ir en aumento. Ahora estamos en un periodo de crisis y esto hace que las emisiones de $CO_2$ disminuyan o se mantengan (relación económica con el PIB en la identidad de Kaya), ahora nos planteamos qué va a pasar.

| Country name | 1990 | 1991 | 1992 | 1993 | 1994 | 1995 | 1996 | 1997 | 1998 | 1999 | 2000 | 2001 | 2002 | 2003 | 2004 | 2005 | 2006 | 2007 | 2008 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Alemania | | 12,00 | 11,49 | 11,20 | 11,10 | 11,00 | 11,25 | 10,94 | 10,89 | 10,04 | 10,11 | 10,39 | 10,06 | 10,12 | 10,03 | 9,81 | 9,85 | 9,57 | |
| UE | 8,84 | 8,95 | 8,66 | 8,47 | 8,36 | 8,52 | 8,72 | 8,49 | 8,48 | 8,04 | 8,08 | 8,24 | 8,15 | 8,30 | 8,28 | 8,20 | 8,20 | 8,05 | |
| Francia | 7,03 | 7,50 | 6,93 | 6,77 | 6,40 | 6,79 | 7,03 | 6,51 | 7,00 | 6,33 | 6,20 | 6,51 | 6,38 | 6,44 | 6,44 | 6,44 | 6,20 | 6,00 | |
| España | 5,86 | 6,03 | 6,27 | 5,79 | 6,22 | 6,53 | 6,44 | 6,68 | 6,91 | 7,07 | 7,31 | 7,31 | 7,61 | 7,64 | 7,94 | 8,14 | 7,95 | 8,00 | 7,38 |
| R. Unido | 9,95 | 10,33 | 10,19 | 9,82 | 9,73 | 9,72 | 9,97 | 9,50 | 9,47 | 9,12 | 9,24 | 9,34 | 8,96 | 9,10 | 9,10 | 9,02 | 9,13 | 8,84 | |
| Italia | 7,49 | 7,66 | 7,64 | 7,43 | 7,24 | 7,70 | 7,53 | 7,59 | 7,75 | 7,67 | 7,85 | 7,85 | 7,87 | 8,08 | 8,03 | 7,98 | 7,89 | 7,68 | |

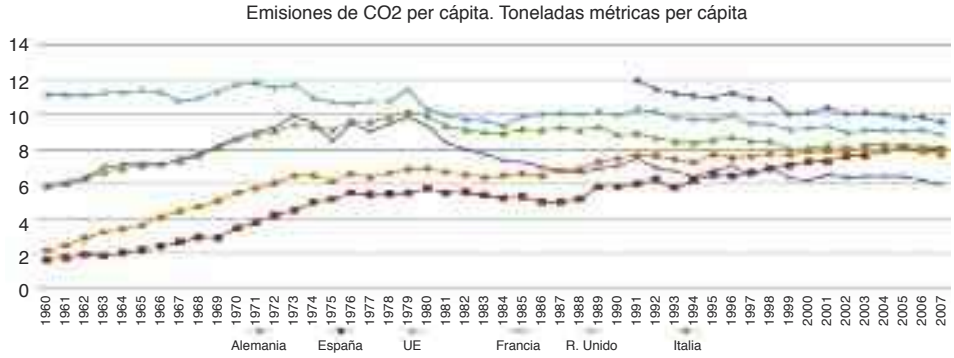



*Figura 1. Emisiones de $CO_2$ per cápita en kilotoneladas datos recogidos del Banco Mundial. Fuente: elaboración propia*

Como vamos analizar ahora, la población en España va a ir disminuyendo frente a las estimaciones de crecimiento para la población tanto del INE como en el PANER, y esto va a influir en las emisiones de $CO_2$, aunque esta variable está sujeta a mas factores influyentes, no solo la población, como es la demanda energética y el crecimiento económico (avance tecnológico) como vemos en la identidad de Kaya.

Las estimaciones de la población según el INE es de un crecimiento del 2,46% hasta el 2019 y a partir de entonces un crecimiento menor del 1,20%, donde la población residente en España superará los 49 millones de personas en el año 2018 (5) el cual se contrapone con la estimación de la ONU y con el modelo de dinámica de sistemas planteado en este estudio.

El compromiso alcanzado en diciembre de 2008 en la Comisión Europea, exige que España reduzca un 10% hasta 2020 la emisión de $CO_2$ en los secto-

res que no están incluidos en el sistema de comercio de emisiones, como son el transporte, los hogares y la agricultura, entre otros. En materia de renovables la CE pide a España que alcance un 20% de consumo de este tipo de energía en 2020 (6).

## Resultados

Identidad de Kaya:

$$\text{Emisiones } CO_2 = P * PIB/P * IE * IC$$

P = Población
PIB / P = PIB per cápita
IE = Intensidad Energética (Energía Primaria / PIB per cápita)
IC = Intensidad de Carbonización (Emisiones de $CO_2$ / Energía Primaria)

Ahora analizamos cada variable puesta en juego en dicha identidad, empezando por la población y estableciendo 3 escenarios para su estudio, según 3 metodologías:

- Estimaciones del Instituto Nacional de Estadística (INE). Informes.
- Método Matemático de estimación por mínimos cuadrados, según su evolución datos históricos. Hoja de cálculo.
- Dinámica de sistemas, software informático para la simulación.

*Tabla 1. Resumen de las previsiones del INE y del método de tendencias para la población Española para el 2020, 2 escenarios INE y tendencias por mínimos cuadrados. Fuente: elaboración propia*

| Año | 2009 | 2010 | 2011 | 2012 | 2013 | 2014 | 2015 | 2016 | 2017 | 2018 | 2019 | 2020 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Población INE | 45,83 | 45,94 | 46,05 | 46,17 | 46,28 | 46,39 | 46,50 | 46,61 | 46,73 | 46,84 | 46,95 | 47,51 |
| Población Tendencias | 44,08 | 44,33 | 44,59 | 44,84 | 45,10 | 45,35 | 45,61 | 45,86 | 46,12 | 46,37 | 46,63 | 46,88 |

Para la elaboración del modelo (3º escenario) se han obtenido estos datos actuales de partida. Hipótesis datos 2010. Datos INE (7).

Contraste del modelo con la comparativa de previsiones de la ONU para la población en España en el 2050 con 31 millones de habitantes (8). En la simulación del modelo la población no llegan a esta cantidad, pero si al 39,03 millones de habitantes, muy lejos de las previsiones de crecimiento para España de 48 millones para el 2050 según el INE.

*Tabla 2. Datos previos de las variables objeto a estudio para el modelo de simulación de la población según dinámica de sistemas. Fuente: elaboración propia*

| | |
|---|---|
| Tasa de natalidad 2009 | 10,74 cada 1.000 habitantes |
| Tasa de natalidad 2011-2020 | 1,074% crecimiento relativo |
| Población (millones de habitantes). Inicial | 46.597.657 |
| Esperanza de vida 2010 | 81,1 año |
| Inmigración 2009-2010 | 0,2% |
| Emigración 2008 | 0,42% |

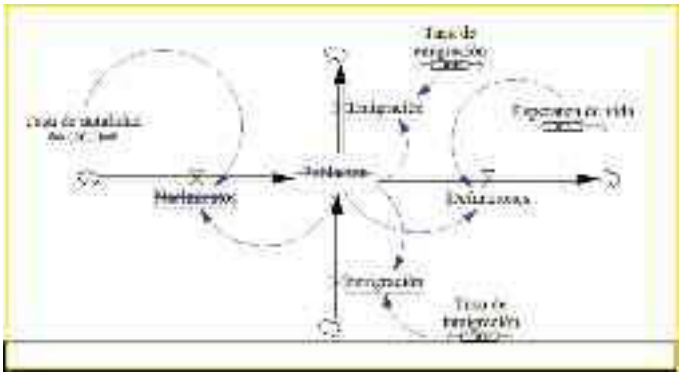


*Figura 2. Modelo y resultados de la población en España para el 2020 según dinámica de sistemas. Fuente: elaboración propia*

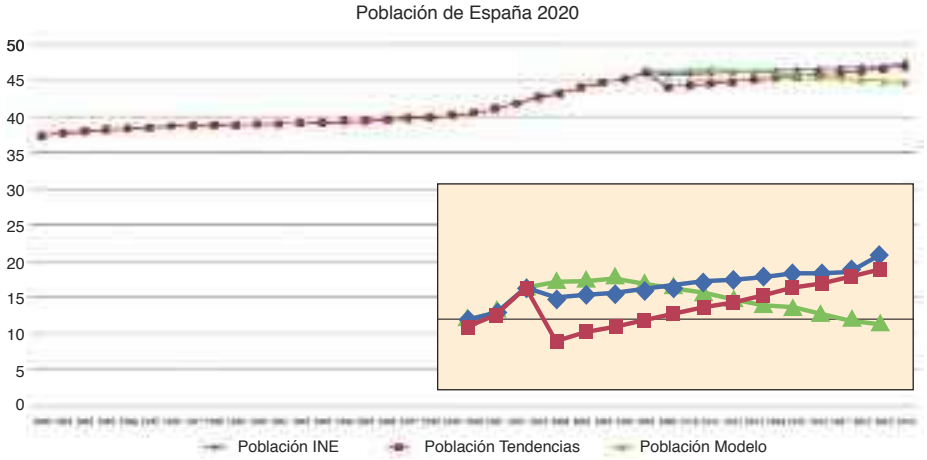



*Gráfico 1. Resumen de los 3 escenarios planteados para la previsión de la población en España. Fuente: elaboración propia*

*Tabla 3. Datos resumen de la Población para España según diferentes métodos de cálculo. Fuente: elaboración propia*

| **Población (millones de habitantes 2020)** | |
|---|---|
| INE | 47,41 |
| TENDENCIAS | 46,88 |
| MODELO POBLACIÓN | 44,73 |

## Emisiones de $CO_2$. Identidad de Kaya

Una vez analizado la población se estudia el resto de variables puestas en juego para la obtención de las emisiones de $CO_2$, que son el PIB, la intensidad energética y la intensidad de carbonización para únicos escenarios, por simplificar el objeto de estudio que son las emisiones de $CO_2$. A nivel general el descenso de las emisiones se ha producido en un entorno de crecimiento económico del PIB del 0,9% y se ha debido principalmente a una mejora de la intensidad energética y a un cambio en el 'mix' de producción de energía.

**Escenario para el PIB: PANER 2011-2020.** Por lo que se refiere al PIB, tras dos años de recesión, se contemplan variaciones positivas de esta variable a partir de 2011, con un crecimiento anual medio cercano al 2,2% entre 2011, 2012 y 2013, y con un incremento anual del 2,5% desde 2014 hasta 2020 (9).

*Tabla 4. Evolución del PIB según PANER. Fuente: elaboración propia*

| Año | 2009 | 2010 | 2011 | 2012 | 2013 | 2014 | 2015 | 2016 | 2017 | 2018 | 2019 | 2020 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| España PANER | –3,6 | –0,8 | 2,2 | 2,2 | 2,2 | 2,5 | 2,5 | 2,5 | 2,5 | 2,5 | 2,5 | 2,5 |

La relación emisiones y PIB han ido variando, lo lógico y la tendencia seria ir evolucionando con emisiones acordes a su PIB comparando a niveles de nuestros países vecinos (UE-15) por la coyuntura económica, donde a un PIB elevado, las emisiones de $CO_2$ disminuyen fruto de aumento de tecnología (captadores de $CO_2$) y en eficiencia energética. Ahora con la crisis han caído las dos variables el PIB y las emisiones, aunque esta última no lo suficiente para un país avanzado, con lo que la pendiente es a aumentar como vemos a partir del 2007, siendo la mejor situación una curva relación Emisiones de $CO_2$ - PIB decreciente (Gráfico 2), como en otros momentos de la historia se ha dado en España.

En este Gráfico 3 se aprecia como al igual que el PIB grafico 3, la energía y las emisiones van íntimamente relacionadas (de ahí la utilización de la Identidad de Kaya), al igual que ha pasado con la demanda energética (curva verde) las emisiones también se han mantenido, incluso disminuido como ocurre con la energía a partir del 2007.

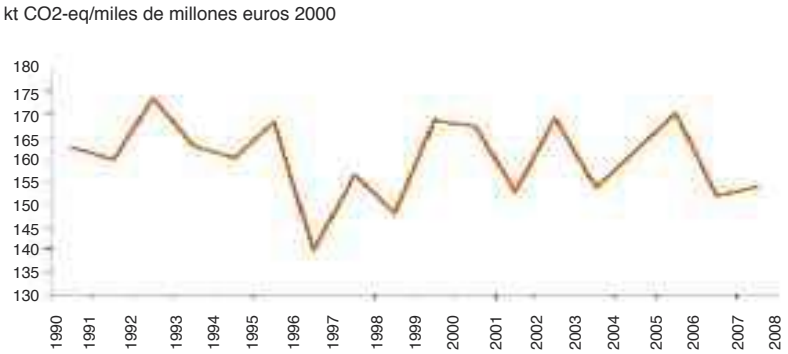



*Gráfico 2. Relación PIB y Emisiones de CO2. Fuente: MARM,MITyC*

| Intensidad de las emisiones de $CO_2$ de origen energético $CO_2$/PIB (kt/miles de millones de euros corrientes de 2000) | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| *1990* | *1991* | *1992* | *1993* | *1994* | *1995* | *1996* | *1997* | *1998* |
| 162,58 | 160,00 | 173,49 | 163,13 | 160,35 | 168,07 | 139,93 | 156,62 | 148,02 |
| *1999* | *2000* | *2001* | *2002* | *2003* | *2004* | *2005* | *2006* | *2007* |
| 168,53 | 167,22 | 152,66 | 169,00 | 153,62 | 161,92 | 170,16 | 151,95 | 153,79 |

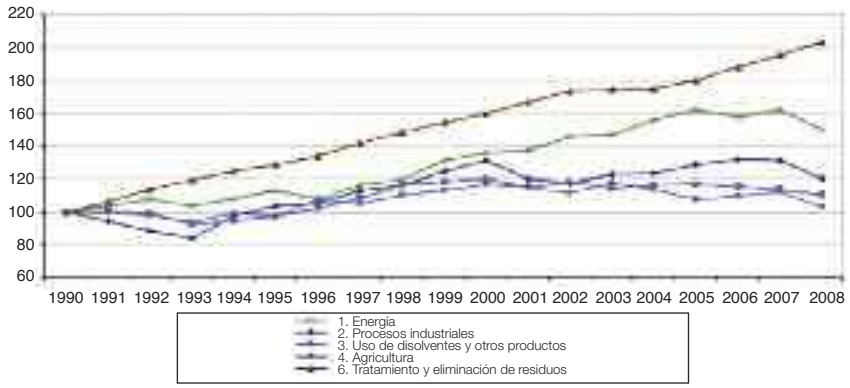



*Gráfico 3. Evolución de las emisiones por grupos de actividad. Fuente: Ministerio de Medio Ambiente y Medio Rural y Marino*

Como primera reflexión cabe señalar que el patrón meritorio es el del año 2006, año en el que se redujeron las emisiones en un 1,8% mientras que el PIB creció un 3,9% (10).

Para el cálculo de la **intensidad energética** se han obtenido los datos de energía primaria y de PIB de las previsiones del gobierno dentro del PANER 2011-2020, para dos escenarios el de referencia, sin tomar ninguna medida energética a partir de ahora o el de Escenario de Eficiencia Energética Adicional, con nuevas medidas energéticas para cada sector económico y por cada fuente energética.

Nos encontramos con la última variable a tener en cuenta en el cálculo de las emisiones de $CO_2$ (dato obtenido del Banco Mundial) que es la **intensidad de**

*Tabla 5. Escenario de Referencia (ER) en la tabla de arriba y Escenario de Eficiencia Energética Adicional (EEEA) en la tabla de abajo, dos escenarios. Fuente: PANER 2011-2020*

| ktep | 2005 | 2010 | 2015 | 2020 |
|---|---|---|---|---|
| Carbón | 21.183 | 9.198 | 10.641 | 10.533 |
| Petróleo | 71.765 | 60.594 | 58.132 | 59.360 |
| Gas Natural | 29.116 | 32.314 | 38.402 | 45.141 |
| Nuclear | 14.995 | 14.594 | 14.490 | 14.490 |
| Energías Renovables | 8.371 | 13.966 | 19.798 | 28.095 |
| Saldo eléctrico (Imp.+Exp.) | –116 | –688 | –688 | –688 |
| **Total Energía Primaria** | **145.314** | **129.978** | **140.775** | **156.930** |

| ktep | 2005 | 2010 | 2015 | 2020 |
|---|---|---|---|---|
| Carbón | 21.183 | 9.198 | 10.641 | 10.533 |
| Petróleo | 71.765 | 60.441 | 54.100 | 49.680 |
| Gas Natural | 29.116 | 32.314 | 35.486 | 39.118 |
| Nuclear | 14.995 | 14.594 | 14.490 | 14.490 |
| Energías Renovables | 8.371 | 13.966 | 19.798 | 28.095 |
| Saldo eléctrico (Imp.+Exp.) | –116 | –688 | –971 | –2.167 |
| **Total Energía Primaria** | **145.314** | **129.825** | **133.544** | **139.749** |

**carbonización** (emisiones de $CO_2$ entre energía primaria datos obtenidos según el PEE 2008-2012 (11)), con un único escenario, el cual vemos que decrece.

Los resultados finales se ven en la Tabla 6 (abajo) donde se unen todos los resultados anteriormente analizados y se calcula las emisiones de $CO_2$.

Las emisiones de gases de efecto invernadero del año 2008 se sitúan en 405.740 kilotoneladas de $CO_2$ equivalentes, lo que supone una reducción del 9,25% respecto a 2007 y se sitúan en un 39,8% por encima de las del año base del Protocolo de Kioto (1990) según se refleja en el Inventario Nacional de Emisiones de Contaminantes Atmosféricos', correspondiente a la serie temporal 1990-2008, que la Secretaría de Estado de Cambio Climático del Ministerio de Medio Ambiente y Medio Rural y Marino ha remitido a Bruselas.

## Discusión y conclusiones

En esta tabla se muestra las emisiones totales del inventario para la serie formada por el año base utilizado para la determinación de la cantidad asignada del Protocolo de Kioto (Año Base PK) y para cada uno de los años del periodo 1990-2008.

*Tabla 6. Resultados de las emisiones de $CO_2$ según la identidad de Kaya en los dos escenarios del PANER (ER, EEEA). Fuente: elaboración propia*

| | 1980 | 1983 | 1986 | 1989 | 1992 | 1995 | 1998 | 2001 | 2004 | 2006 | 2007 | 2008 | 2009 | 2010 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Población millones de habitantes | 37,39 | 38,18 | 38,67 | 38,89 | 39,11 | 39,38 | 39,85 | 41,12 | 43,20 | 44,41 | 45,20 | 46,13 | 45,83 | 45,94 |
| PIB millón de € CTES del 200 | 353,20 | 363,60 | 391,70 | 459,20 | 494,30 | 515,40 | 572,80 | 653,30 | 713,80 | 767,58 | 797,00 | 806,34 | 777,31 | 771,09 |
| PIB/Población | 9,45 | 9,52 | 10,13 | 11,81 | 12,64 | 13,09 | 14,37 | 15,89 | 16,52 | 17,17 | 17,63 | 17,48 | 16,96 | 16,78 |
| Energía primaria ktep ER/PIB | 194,65 | 185,61 | 188,01 | 186,87 | 185,94 | 189,50 | 193,22 | 190,06 | 193,52 | 183,07 | 179,36 | 170,94 | | 168,56 |
| Energía primaria ktep EEEA/PIB | 194,65 | 185,61 | 188,01 | 186,87 | 185,94 | 189,50 | 193,22 | 190,06 | 193,52 | 183,07 | 179,36 | 170,94 | | 168,56 |
| Índice año 1980=100) | 100,00 | 95,36 | 96,59 | 96,00 | 95,52 | 97,36 | 99,26 | 97,64 | 99,42 | 94,05 | 92,15 | 87,82 | | |
| Energía primaria ktep ER | 68750 | 67488 | 73644 | 85811 | 91910 | 97668 | 110676 | 124166 | 138135 | 140521 | 142950 | 137836 | | 129978 |
| Energía ktep EEA | 68750 | 67488 | 73644 | 85811 | 91910 | 97688 | 110676 | 124166 | 138135 | 140521 | 142950 | | | 129825 |
| Emisiones/Energía | 312 | 3,03 | 2,58 | 2,64 | 2,66 | 2,63 | 2,48 | 2,40 | 2,46 | 2,49 | 2,51 | 2,40 | | 2,39 |
| **EMISIONES ER KILOTONELADAS** | **214501** | **204488** | **190000** | **226540** | **244481** | **256868** | **274478** | **297999** | **339811** | **349897** | **358804** | **330806** | **2,40** | **310647** |
| **EMISIONES EEEA KILOTONELADAS** | **214501** | **204488** | **190000** | **226540** | **244481** | **256868** | **274478** | **297999** | **339811** | **349897** | **358804** | **330806** | | **310282** |

| | | *Estimación población modelo PANER* | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | 2010 | 2011 | 2012 | 2013 | 2014 | 2015 | 2016 | 2017 | 2018 | 2019 | 2020 |
| Población millones de habitantes | 45,94 | 46,60 | 46,39 | 46,18 | 45,97 | 45,76 | 45,55 | 45,35 | 45,14 | 44,94 | 44,73 |
| PIB millón de € CTES del 200 | 771,09 | 788,06 | 805,39 | 823,11 | 843,69 | 864,78 | 886,40 | 908,56 | 931,28 | 954,56 | 978,42 |
| PIB/Población | 16,78 | 16,91 | 17,36 | 17,83 | 18,35 | 18,90 | 19,46 | 20,04 | 20,63 | 21,24 | 21,87 |
| Energía primaria ktep ER/PIB | 168,56 | | | | | 162,79 | | | | | 160,39 |
| Energía primaria ktep EEEA/PIB | 168,36 | | | | | 154,42 | | | | | 142,83 |
| Índice año 1980=100) | | | | | | | | | | | |
| Energía primaria ktep ER | 129978 | | | | | 140775 | | | | | 156930 |
| Energía ktep EEA | 129825 | | | | | 133544 | | | | | 139749 |
| Emisiones/Energía | 2,39 | 2,38 | 2,37 | 2,36 | 2,35 | 2,34 | 2,33 | 2,32 | 2,31 | 2,30 | 2,29 |
| **EMISIONES ER KILOTONELADAS** | **310647** | | | | | **329414** | | | | | **359370** |

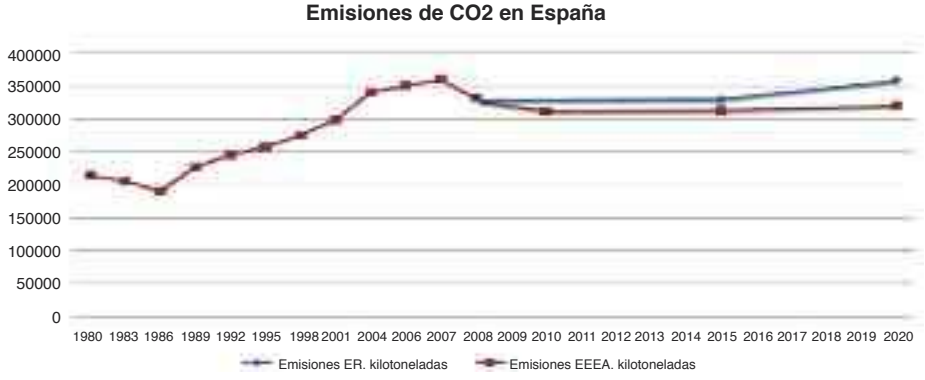



*Gráfico 4. Emisiones de $CO_2$ en kilotoneladas en los dos escenarios del PANER. Fuente: elaboración propia*

*Tabla 7. Emisiones de $CO_2$ en kilotoneladas equivalente de $CO_2$ en España. Fuente: Ministerio de Medio Ambiente y Medio Rural y Marino*

| Año Base PK | 1990 | 1991 | 1992 | 1993 | 1994 | 1995 | 1996 | 1997 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 289.773 | 285.123 | 291.552 | 298.780 | 287.339 | 303.125 | 314.967 | 307.752 | 328.280 |

| 1998 | 1999 | 2000 | 2001 | 2002 | 2003 | 2004 | 2005 | 2006 | 2007 | 2008 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 338.741 | 367.322 | 380.797 | 380.500 | 397.390 | 404.601 | 420.447 | 435.112 | 427.281 | 438.677 | 405.740 |

En 2008 las emisiones de $CO_2$ representaron el 82,5% de las emisiones brutas de gases de invernadero en España, sin incluir los sumideros (11). Viendo la relación de $CO_2$ respecto del 2008 que es de un 82,5% del total de GEI en España, las emisiones equivalentes de $CO_2$ quedan:

*Tabla 8. Resultados de emisiones de $CO_2$ en kilotoneladas equivalente de $CO_2$, para los dos escenarios del PANER. Fuente: elaboración propia*

| Año | 2010 | 2015 | 2020 |
|---|---|---|---|
| ER | 376.542 | 399.290 | 435.479 |
| EEEA | 376.100 | 378.779 | 387.909 |

Partimos en el año 2010 de un escenario de crisis que ha llevado a un descenso en el PIB, y por lo tanto en nuestro crecimiento económico, lo cual se ha reflejado en un descenso de las emisiones de $CO_2$. Posteriormente según las estimaciones económicas para el PIB y de las políticas energéticas vemos que en el escenario de referencia las emisiones son equivalentes a las del 2005, frente al escenario de EEEA en el cual estamos en niveles cercanos al 2001, siendo insuficiente para el compromiso de Kioto y con la UE de la reducción del 20% respecto al año base 1990.

## Referencias bibliográficas

(1] Alcántara, V., Roca, J. 1999. "CO2 emissions and the occupation of the 'environmental space'. An empirical exercise", *Energy Policy*, 27: 505-508.

(2] Kaya, Y. 1989. "*Impact of Carbon Dioxide Emission Control on GNP Growth: Interpretation of Proposed Scenarios*," paper presented to the Energy and Industry Subgroup, Response Strategies Working Group, Intergovernmental Panel on Climate Change, París, Francia.

(3] Inventario de gases de efecto invernadero de España edición 2010 (serie 1990-2008) sumario de resultados ministerio de medio ambiente, y medio rural y marino secre-

taría de estado de cambio climático dirección general de calidad y evaluación ambiental unidad de información ambiental estratégica. Madrid, abril de 2010.
[4] http://www.vidasostenible.org/observatorio/f2_final.asp?idinforme=156
[5] Contabilidad Nacional Trimestral de España. Base 2000 Segundo trimestre de 2009. INE. 27 de agosto de 2009.
[6] http://www.elcomerciodigital.com/prensa/20061114/sociedad/espana-cuarto-pais-europeo_20061114.html
[7] Proyección de la Población de España a Corto Plazo, 2008-2018. 21 de enero de 2009.
[8] http://www.lavozdegalicia.es/hemeroteca/2002/12/03/1348986.shtml
(9) Plan de Acción Nacional de Energías Renovables (PANER) 2011-2020. http://www.idae.es/index.php/mod.pags/mem.detalle/idpag.520/relcategoria.1021/relmenu.169
(10) Llorenç Serrano i Giménez, Secretario de Medio Ambiente de CC.OO., y José Santamarta, director de la edición española de la revista World Watch. Evolución de las emisiones de gases de efecto invernadero en España (1990-2008).
(11) Plan energético español 2008. http://www.mityc.es/energia/es-ES/Paginas/index.aspx

# Propuesta metodológica para la caracterización y valoración cualitativa de impactos ambientales en los procedimientos de evaluación de impacto ambiental

## *Proposed Methodology for Characterization and Qualitative Evaluation in Environmental Impact Assessment Processes*

**J. GRANERO CASTRO**
**M. SÁNCHEZ ARANGO**
**C. PÉREZ BURGOS**
Área Medio Ambiente y Sostenibilidad,
TAXUS MEDIO AMBIENTE, Oviedo, Asturias

**M. FERRANDO SÁNCHEZ**
Área Consultoría, TAXUS MEDIO AMBIENTE

**Resumen**

Durante la redacción de un Estudio de Impacto Ambiental resulta necesario caracterizar y describir los impactos ambientales para, posteriormente, proceder a su valoración.
Los criterios de clasificación de los diferentes impactos detectados deben tener en cuenta las consideraciones establecidas en el Decreto 1131/1988, que servirán de base a la metodología propuesta en el presente artículo para su valoración y posterior jerarquización.
Se propondrá una metodología completa, útil y sencilla que permitirá abordar al redactor del EsIA el proceso de caracterización y valoración de los impactos ambientales para poder estimar el grado de importancia de cada uno de ellos y el impacto ambiental del proyecto en su conjunto.

**Palabras clave**

Caracterización y valoración de impactos ambientales, valoración cualitativa, procedimiento de EIA.

## Introducción

Durante la redacción de un Estudio de Impacto Ambiental (EsIA) resulta necesario caracterizar y describir los impactos ambientales para proceder a su valoración. Dicha valoración se realizará sobre la base de los criterios establecidos en el Decreto 1131/1988.

Tal y como establece la legislación, será necesario realizar una jerarquización de los impactos para que sea posible identificar aquellos cuya incidencia es mayor sobre el medio ambiente.

## Objetivos

La presente propuesta pretende plantear una metodología completa, útil y sencilla que permita abordar al redactor del EsIA el proceso de caracterización y valoración de los impactos ambientales para poder estimar el grado de importancia de cada uno de ellos y el impacto ambiental del proyecto en su conjunto.

## Material y métodos

### Proceso de Identificación

Una parte fundamental de los estudios de impacto ambiental radica en la correcta definición de las acciones impactantes del proyecto, así como la identificación de los impactos ambientales relacionados con éstas. Utilizando esta información, se realizará una primera matriz denominada Matriz de Identificación de Impactos, sobre la que se marcarán aquellos cruces en los que se detecte algún impacto, así como su signo (positivo o negativo).

### Proceso de Caracterización y Valoración

Una vez identificados los impactos significativos o notables, se procederá a la caracterización y valoración de todos ellos para proceder su clasificación según los siguientes parámetros:

*SIGNO (+, -)*

El signo positivo se aplicará a todos aquellos impactos que supongan algún beneficio sobre los factores del medio considerados.

El signo negativo se aplicará sobre aquellos impactos detectados cuyo efecto sea perjudicial para el medio (Tabla 1).

*Tabla 1*

| Signo | |
|---|---|
| Impacto positivo | + |
| Impacto negativo | – |

*PLAZO DE MANIFESTACIÓN (PM): CP, MP o LP*

Según el plazo que tarda en manifestarse el impacto, podemos hablar de efectos a corto plazo (cuando se manifiesta en el periodo de un año), medio plazo

(cuando lo hace antes de cinco años) o largo plazo (cuando el periodo de manifestación es superior a cinco años).

Es este sentido resulta interesante matizar que no resulta útil el adjudicar diferentes valoraciones a un impacto por el hecho de manifestarse antes o después, por lo que este criterio utilizará las letras CP, MP y LP para corto plazo, medio plazo y largo plazo respectivamente (Tabla 2).

*Tabla 2*

| (PM) Plazo de manifestación | | |
|---|---|---|
| Largo plazo | ≥ 5 años | LP |
| Medio plazo | < 5 años | MP |
| Corto plazo | < 1 año | CP |

*EFECTO (E) Relación causa-efecto*: directo o Indirecto

En función de la relación causa-efecto, se consideran directos todos aquellos impactos que provoquen una incidencia inmediata sobre algún aspecto ambiental.

Por el contrario, serán indirectos, aquellos impactos cuyo efecto esté relacionado además, con otro aspecto ambiental.

Todos los impactos tendrán al menos un efecto directo sobre el medio, pero no tienen por qué tener efectos indirectos (Tabla 3).

*Tabla 3*

| (E) Efecto | | |
|---|---|---|
| Descripción relación causa-efecto | | Impactos negativos y positivos |
| Directo | Incidencia inmediata/directa | 3 |
| Indirecto | Incidencia secundaria | 1 |

*ACUMULACIÓN (A) simple, acumulativo o sinérgico*

Serán impactos simples aquellos que se manifiestan sobre un solo componente ambiental, sin inducir nuevos efectos o cuyo modo de acción es individualizado.

Los impactos tendrán un efecto acumulativo cuando al prolongarse en el tiempo, la acción del agente inductor incrementa progresivamente su gravedad. No obstante, podrán considerarse sinérgicos cuando el impacto producido induce en el tiempo la aparición de otros nuevos.

Además, se considerará que un impacto es sinérgico cuando el efecto conjunto de la presencia simultánea de varios agentes supone un impacto ambiental mayor que el efecto suma de los impactos individuales (Tabla 4).

*Tabla 4*

| (A) Acumulación | | | |
|---|---|---|---|
| Descripción acumulación/relación con otros impactos | | | Impactos negativos y positivos |
| Sinérgico | Muy sinérgico | Induce > 5 impactos nuevos | 10 |
| | Sinérgico | Induce 3-5 impactos nuevos | 8 |
| | Poco sinérgico | Induce ≤ 2 impactos nuevos | 6 |
| Acumulativo | | Incremento progresivo | 2 |
| Simple | | Afecta a un único elemento | 1 |

*DURACIÓN (D): permanente o temporal*

Se considera que un impacto ambiental es permanente cuando la alteración producida es de carácter indefinido, o por lo menos de una duración superior a 10 años. Por otro lado, los impactos temporales son aquellos cuya alteración no es permanente en el tiempo (Tabla 5).

*Tabla 5*

| (D) Duración | | | |
|---|---|---|---|
| Descripción tiempo de permanencia del impacto | | | Impactos negativos y positivos |
| Permanente | | > 10 años | 6 |
| Temporal | Larga | años | 3 |
| | Media | meses | 2 |
| | Corta | días | 1 |

*REVERSIBILIDAD (RV):* reversible o irreversible

Un determinado impacto ambiental se considera reversible cuando el propio entorno, mediante el funcionamiento de los procesos naturales, es capaz por sí solo, de volver a las condiciones iniciales antes de cinco años.

Por el contrario, será irreversible cuando supone la imposibilidad o dificultad extrema de retornar a esas condiciones iniciales (Tabla 6).

*Tabla 6*

| (RV) Reversibilidad | | | |
|---|---|---|---|
| Descripción Impacto reversible de forma natural | | | Impactos negativos |
| Irreversible | | ≥ 5 años | 6 |
| Reversible | Largo plazo | < 5 años | 4 |
| | Medio plazo | < 2,5 años | 3 |
| | Corto plazo | < 1 año | 2 |
| | Inmediato | < 1 mes | 1 |

Resulta necesario aclarar en este punto que, por lo general, los impactos de carácter positivo no se adecuan bien a este parámetro, por lo que se les aplicará el valor 1.

*RECUPERABILIDAD (RC):* recuperable o irrecuperable

Este criterio tiene mucha similitud con el anterior (reversibilidad), si bien en este caso se refiere a la posibilidad de eliminar una alteración mediante la intervención humana y la implementación de medidas preventivas o correctoras.

En función de lo que tarda el medio en recuperar las condiciones iniciales, se puede hablar de recuperabilidad inmediata, a corto, medio o largo plazo.

Si un impacto es reversible también es recuperable y normalmente se puede acelerar su recuperación mediante la intervención humana, acortando los plazos. En este caso, habrá que considerar los costes de ejecución de las medidas correctoras para determinar su viabilidad (Tabla 7).

*Tabla 7*

| (RV) Reversibilidad | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| Descripción Impacto recuperable mediante la intervención humana | | | Impactos negativos | Coste de las medidas correctoras | |
| Irrecuperable | | ≥ 5 años | 10 | Insignificante | +0 |
| Recuperable | Largo plazo | < 5 años | 4 | < 0,1% coste proyecto | +1 |
| | Medio plazo | < 2,5 años | 3 | 0,1-1% coste proyecto | +2 |
| | Corto plazo | < 1 año | 2 | 1-5% coste proyecto | +4 |
| | Inmediato | < 1 mes | 1 | > 5% coste proyecto | +6 |

Al igual que en el caso de la reversibilidad, los impactos positivos por lo general no se adecuan a este parámetro, por lo que serán valorados con un 1.

*PERIODICIDAD (PR):* periódico o irregular y continuo o discontinuo

Los impactos ambientales pueden producirse de forma periódica, con una manifestación intermitente y continua en el tiempo.

Por otro lado, pueden ser de aparición irregular, cuando se manifiestan de forma imprevisible en el tiempo. En este caso, se puede incluir en este apartado la probabilidad de ocurrencia de accidentes o incidentes (Tabla 8).

*EXTENSIÓN (EX):* puntual, parcial, media, extensa, total o prolongada

Los impactos pueden afectar a una zona más o menos amplia dentro del ámbito de acción de un proyecto. Esta superficie se determinará y se identificará

como: puntual, cuando afecte a menos del 5% de la superficie total del proyecto; parcial cuando afecte entre un 5 y un 25%, media entre un 26 y un 50%, extensa entre un 51 y un 90%, total entre un 91% y un 100% y prologada cuando el efecto sea superior al 100% de la superficie o se produzca fuera de los límites de ésta (Tabla 9).

*Tabla 8*

| (PR) Periodicidad | | | |
|---|---|---|---|
| Descripción Tipo de manifestación del impacto | | | Impactos negativos y positivos |
| Continuo | | | 7 |
| Periódico | | | 5 |
| Discontinuo o irregular | Cierto o muy probable | > 10 veces/año | 4 |
| | Probable | 5-10 veces/año | 3 |
| | Poco probable | 1-4 veces/año | 2 |
| | Improbable | < 1 vez/año | 1 |

*Tabla 9*

| (EX) Extensión del impacto | | | |
|---|---|---|---|
| Descripción % de superficie/población afectada | | Impactos negativos (% sup. afectada en la sup. de acción del proyecto) | Impactos positivos (% población afectada en el ámbito de proyecto) |
| Prolongada | > 100% o fuera de límites | 9 | |
| Total | 91-100% | 7 | |
| Extensa | 51-90% | 5 | |
| Media | 26-50% | 3 | |
| Parcial | 5-25% | 2 | |
| Puntual | < 5% | 1 | |

Cabe señalar en este punto que ciertos impactos relacionados fundamentalmente con el medio socioeconómico, no se ajustan bien a este criterio de extensión, por lo que en este caso podrá ser considerada como influencia sobre la población del municipio utilizando los mismos porcentajes comentados para la extensión. En función del tipo de proyecto se podrá considerar la provincia, la comunidad autónoma, etc.

*INTENSIDAD (IT):* máxima, muy alta, alta, media, baja y muy baja

Finalmente resulta precisa la inclusión de un criterio que permita establecer el grado de destrucción/afección o mejora del medio ambiente afectado mediante

un parámetro que denominaremos Intensidad del impacto. Dicho parámetro estará referido al área (o la población en el caso de ciertos impactos positivos) considerada para definir la extensión del proyecto, y al impacto concreto que se evalúa (Tabla 10).

*Tabla 10*

| (IT) Intensidad del impacto | | | |
|---|---|---|---|
| Descripción<br>% de destrucción/<br>afección al factor | | Impactos negativos<br>(Grado de destrucción-<br>afección) | Impactos positivos<br>(Grado de mejora) |
| Máxima | > 91% | 12 | |
| Muy alta | 76-90% | 8 | |
| Alta | 51-75% | 6 | |
| Media | 26-50% | 4 | |
| Baja | 5-25% | 2 | |
| Muy baja | < 5% | 1 | |

*IMPORTANCIA DEL IMPACTO (I)*

Para terminar el proceso de caracterización y valoración cualitativa de cada uno de los impactos ambientales detectados en un determinado proyecto, será necesario definir la importancia que dichos impactos tienen sobre el entorno, mediante la siguiente expresión:

$$I = +(E + A + D + RV + RC + PR + EX + IT)$$

Si por ejemplo se caracteriza un impacto como: positivo (+), a corto plazo (CP), indirecto (1), poco sinérgico (6), temporal-duración media (2), Reversible a medio plazo (3), recuperable a corto plazo con medidas muy baratas (2), continuo (7), de extensión media (3) y cuya intensidad es media (4), su valoración sería de +28CP.

$$I = + (1 + 6 + 2 + 3 + 2 + 7 + 3 + 4)\ CP$$
$$I = +28CP$$

La importancia del impacto podrá tomar valores comprendidos entre: 7 y 63.

Posteriormente cada uno de los impactos deberá ser clasificado en alguna de las categorías siguientes: compatible, moderado, severo o crítico.

- **Impactos compatibles**
  Serán compatibles aquellos impactos cuya recuperación sea inmediata tras el cese de la actividad y no precise prácticas protectoras o correctoras, por

lo que se sobreentiende que deberán ser reversibles de forma inmediata, es decir RV=1.

- **Impactos moderados**
  Serán moderados aquellos impactos que no precisen prácticas protectoras o correctoras intensivas y en el que el plazo de recuperación requiere cierto tiempo.
  Se incluyen aquí impactos reversibles de corto y medio plazo (RV = 2, 3 y 4), así como los recuperables de forma inmediata, a corto y medio plazo (RC = 1, 2 y 3).
- **Impactos severos**
  Serán severos aquellos impactos en el que la recuperación de las condiciones del medio exige la adecuación de medidas protectoras o correctoras, y en el que, aún con esas medidas, la recuperación precisa un periodo de tiempo dilatado.
  Los impactos severos serían aquellos irreversibles (RV = 6) y recuperables a largo plazo (RC = 4).
- **Impactos críticos**
  Los impactos críticos serán aquellos cuya magnitud es superior al umbral aceptable. Con ellos se produce una pérdida permanente de la calidad de las condiciones ambientales, sin posible recuperación, incluso con la adopción de medidas protectoras o correctoras.
  Serán, por tanto, impactos críticos aquellos irreversibles e irrecuperables (RV = 6 y RC = 10).

Finalmente, una vez calculada la importancia de los impactos y clasificados éstos en función de su reversibilidad y recuperabilidad como compatibles, moderados, severos o críticos, el proceso finaliza con la realización de una matriz de valoración de impactos que, tomando como base la matriz de identificación, procederá a caracterizar según los criterios indicados anteriormente cada uno de los impactos detectados.

Hay que destacar en este punto, que aquellos impactos caracterizados como recuperables, presentan la posibilidad de aplicación de medidas preventivas o correctoras.

En la matriz de valoración de impactos se podrá considerar este hecho, suponiendo la aplicación de las medidas planteadas y volviendo a caracterizar el impacto. De esta forma, se presentarán dos valoraciones, la primera sin aplicar ningún tipo de medida correctora; y la segunda, con el resultado de la importancia que tendría el impacto, una vez aplicadas las medidas planteadas.

En este caso, los criterios de valoración que podrían modificarse por el hecho de aplicar medidas correctoras serían fundamentalmente: A (Acumulación), D (Duración), RC (Recuperabilidad) e IT (Intensidad).

En la matriz de valoración de impactos, la introducción de medidas preventivas o correctoras se puede realizar introduciendo la nueva valoración del criterio en forma de fracción, de tal forma que el numerador será la valoración sin medidas y el denominador la valoración que incluye las medidas correctoras.

**Proceso de Jerarquización**

Para realizar una evaluación completa y poder estimar qué impactos tienen un mayor efecto sobre la calidad ambiental de la zona, es necesario llevar a cabo una ponderación de la importancia de los elementos del medio en cuanto a su mayor o menor contribución a la calidad general del medio ambiente. Para ello se debe atribuir a cada elemento del medio un peso o índice ponderal, expresado en Unidades de Importancia (UI), de forma que el valor asignado a cada elemento resulta de la distribución de 100 unidades asignadas al total de elementos ambientales.

La metodología para asignar las Unidades de Importancia que corresponden a cada elemento del medio puede ser extraída del método Delphi o mediante la participación aislada de varios expertos.

Finalmente se elaborará una matriz de importancia utilizando datos de la matriz de identificación de impactos y de la matriz de valoración de impactos. Partiendo del modelo de la matriz de identificación de impactos realizada, se procederá a introducir el valor numérico de cada impacto obtenido en la matriz de valoración, de tal forma que todas las casillas que antes tenían una cruz, ahora pasen a tener el valor de la importancia calculada para ese impacto.

En este punto, si se procede a la suma absoluta de los valores por filas o por columnas, dichos valores no serán comparables entre sí, pero serán útiles en el caso de comparar varias alternativas sobre un elemento concreto, de forma que valores absolutos mayores, supondrán mayores afecciones.

El objetivo de la realización de una matriz de importancia es poder determinar qué acciones son las más impactantes y qué elementos del medio se verán más afectados y esto se conseguirá si incluimos las UI asignadas.

Cada valor de importancia introducido en la matriz será multiplicado por su UI correspondiente y dividido por el total de las UI (es decir 100). El sumatorio de todos los valores por filas y por columnas dará como resultado la importancia relativa.

En este caso, los valores obtenidos serán comparables unos con otros, por lo que los valores más altos, supondrán mayores afecciones. De esta forma será posible determinar el orden de los impactos más importantes y las acciones del proyecto más agresivas con el medio.

En el ejemplo anterior, se puede apreciar cómo el impacto sobre la calidad de las aguas es mayor que la alteración de la geología. Por otro lado, atendiendo a las columnas, la acción más impactante del proyecto será la instalación de apoyos.

En un ejemplo completo, será posible además, identificar las acciones más impactantes en cada una de las fases del proyecto (obra, funcionamiento y abandono).

Con estos datos el equipo evaluador de impacto ambiental, deberá determinar el impacto global del proyecto como compatible, moderado, severo o crítico según las definiciones de dichos conceptos en un contexto global y teniendo en cuenta especialmente aquellos impactos caracterizados como severos o críticos, cuyos valores de importancia sean relevantes de forma absoluta y sobre todo de forma relativa.

*Tabla 11. Ejemplo parcial de una matriz de importancia*

| Matriz importancia | | Acciones de proyecto | | | | Suma absolutoria | Importancia relativa |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Elementos del medio | Impactos ambientales | UI | Construcción de accesos | Instalación de apoyos | ⋮ | | |
| Geología | Alteración de la geología | 7 | -33 | -38 | ... | 71 | 4,97 |
| ... | ... | ... | ... | ... | ... | ... | ... |
| Hidrología | Alteración de la calidad del agua | 16 | -18 | -16 | ... | 34 | 5,44 |
| ... | ... | ... | ... | ... | ... | ... | ... |
| **Suma absoluta** | | | 51 | 54 | ... | **105** | |
| **Importancia relativa** | | | 5,19 | 5,22 | ... | | **10,41** |

$I \times \frac{UI}{100}$

33x7/100 + 38x7/100

18x6/100 + 16x16/100

33x7/100 + 18x16/100

38x7/100 + 16x16/100

Si un impacto es crítico, su valor de importancia es muy alta y además, ejerce su impacto sobre el elemento del medio más afectado por el proyecto, la valoración global del impacto podrá ser crítica y por lo tanto no asumible ambientalmente.

## Conclusión

La propuesta metodológica planteada presenta las siguientes características generales:

- Constituye un método sencillo y de fácil utilización para caracterización, valoración y jerarquización de los impactos en los EsIA.
- Introduce numerosas mejoras sobre los métodos existentes en lo relativo a los criterios de valoración de los impactos.
- La propuesta se basa en la experiencia obtenida a lo largo de muchos años de redacción de EsIA.
- La metodología se adapta perfectamente a todo tipo de proyectos e impactos ambientales tanto positivos como negativos.

## Referencias bibliográficas

(1) Canter, L. W. 1998. Manual de evaluación de impacto ambiental. Técnicas para la elaboración de los estudios de impacto. McGraw-Hill/Interamericana de España, S.A.U., Madrid.

(2) Conesa Fernández-Vítora, V. 2003. *Guía metodológica para la evaluación del impacto ambiental. Ediciones Mundi-Prensa*, Madrid.
(3) Garmendia, A., Salvador A., Crespo, C., Garmendia, L. 2006. *Evaluación de Impacto Ambiental. Pearson Prentice Hall*, España.
(4) Glasson, J., Therivel, R., Chadwick, A. 1999. *Introduction to environmental impact assessment. 2ª ed. Spon Press*, Londres.
(5) Granero Castro, J. *et al.*, 2010. *Evaluación de Impacto Ambiental. (ed.) FC Editorial*, Madrid.
(6) Gómez Orea, D. 1999. *Evaluación de impacto ambiental. Ediciones Mundi-prensa, Editorial agrícola Española, S.A.*; Madrid.

# Valoración de aspectos ambientales: propuesta de un modelo para el sector alimentario

## *Assessment of Environmental Aspects: A Proposed Model for the Food Sector*

**C. ATIENZA SAHUQUILLO**
Escuela de Ingenieros Industriales de Albacete.
Universidad de Castilla-La Mancha

**V. BARBA SÁNCHEZ**
Escuela Superior de Ingeniería Informática de Albacete.
Universidad de Castilla-La Mancha

## Introducción

El desarrollo e implantación de la legislación en materia de Evaluación de Impacto Ambiental (EIA) está cumpliendo un importantísimo papel en el desarrollo sostenible de nuestros proyectos e instalaciones, en los últimos años. Sin embargo, una vez cumplidos todos los trámites y establecido el sistema de vigilancia, los promotores y las empresas en general necesitan un sistema de autocontrol que les oriente a la hora de establecer los objetivos ambientales y así poder priorizar los esfuerzos en aquellos aspectos ambientales que tengan una mayor importancia desde el punto de vista del impacto ambiental (1).

Por otro lado, hay instalaciones de nueva creación que no están contempladas en el anexo I o Anexo II del RDL 1/2008 (2) y, por lo tanto, no deben presentar Declaración de Impacto Ambiental. Así mismo, las instalaciones que ya estaban en funcionamiento, con fechas anteriores al desarrollo de la legislación, tampoco deben presentar Declaración de Impacto Ambiental, si bien tienen que solicitar la Autorización Ambiental Integrada. En ambos casos, si cabe, todavía sería de mayor ayuda el establecimiento de dicho sistema de autocontrol al valorar los distintos aspectos ambientales y orientar en la ordenación de los objetivos ambientales de la instalación.

Tal y como queda desarrollado en el presente trabajo de investigación, para establecer este sistema de autocontrol y poder verificación su validez, sería necesario seguir los siguientes pasos:

- Identificar los distintos aspectos ambientales en la industria alimentaria y agruparlos en grupos de aspectos ambientales.
- Establecer los criterios de valoración en función de los distintos parámetros.
- Implantar dicha valoración en distintas plantas industriales del sector.
- Ordenar los aspectos ambientales en función de su importancia (significancia) en todas las plantas objeto de estudio.

- Canalizar los objetivos ambientales en función de dicha significancia para cada una de las plantas.
- Medir los resultados de la implantación para poder establecer la validación de la fórmula de cálculo establecida.

En este sentido, en el siguiente apartado recogemos el material y métodos empleados, que se basan fundamentalmente en el estudio en profundidad de 5 plantas productivas a lo largo de 6 años. A continuación, se exponen los resultados obtenidos, haciendo especial énfasis en los aspectos ambientales identificados y en los criterios para evaluarlos. Por último, se recogen las principales conclusiones y recomendaciones para la dirección en el sector alimentario.

## Material y métodos

Para la realización del presente trabajo de investigación, se ha optado por la metodología del estudio del caso. Este tipo de metodología se utiliza para documentar las experiencias realizadas en determinadas empresas, donde previamente se ha implantado un modelo teórico, siendo válida la revisión de esta documentación para analizar la viabilidad del modelo teórico y realizar las mejoras oportunas (3). Así mismo, permite profundizar en las relaciones existentes entre la implantación y el desarrollo del modelo teórico, antes de su formalización definitiva (4) (5).

Para poder concretar el sistema de autocontrol se ha elegido el sector industrial y, dentro de este sector, la industria alimentaria, por ser uno de los subsectores que tiene un mayor peso económico en el ámbito nacional. Además, dentro del contexto de la industria alimentaria se ha elegido la industria cárnica para realizar el estudio, por ser la más representativa, en cuanto a volumen de producción e impacto ambiental (6). Para ello se ha seleccionado una planta representativa, con una integración lineal de los distintos procesos: sacrificio de animales de abasto, despiece de canales y fabricación (elaboración) de derivados cárnicos. Esta planta prototipo (Planta 1), situada en Albacete, cuyo Sistema de Gestión Ambiental cumple los requisitos de la Norma ISO 14001 y está certificada desde el año 2000 por la Asociación Española de Normalización y Certificación (AENOR), ha servido para describir los aspectos ambientales implicados.

Así, en primer lugar, se ha realizado la identificación de los aspectos ambientales, para, una vez identificados, proceder a la valoración o evaluación de los mismos. La evaluación del impacto ambiental[1] es, según (7), un procedimiento analítico orientado a formar un juicio objetivo sobre las consecuencias de los impactos derivados de la ejecución de una determinada actividad. La valoración de

[1] El impacto ambiental es la alteración que la ejecución de un proyecto o la puesta en marcha de una actividad, así como su desmantelamiento introduce en el medio natural (8).

los distintos aspectos ambientales, en situación normal y de emergencia, se agrupan en consumos, residuos, vertidos y emisiones. Así, en este trabajo de investigación se propone la siguiente fórmula para calcular la significatividad de cada aspecto:

$$\text{Significatividad del aspecto} = F \times C\,A \times C\,R \times T$$

siendo:

F = Valoración del aspecto en función de la frecuencia con la que se presenta.
CA = Valoración del aspecto en función de la cantidad absoluta de unidades generadas.
CR = Valoración del aspecto en función de la cantidad relativa de unidades generadas.
T = Valoración del aspecto en función de la toxicidad que presenta.

Sin embargo, para que este modelo tenga una mayor solidez y a fin de validarlo, en 2004 se exportó a otras cuatro plantas industriales (Tabla 1). En estas plantas se han realizado las correspondientes etapas de la investigación que han servido, a su vez, para establecer nuevas mejoras en el desarrollo del modelo (9). Con la comprobación adicional de las hipótesis de trabajo en estas plantas, queda validado el modelo propuesto de valoración de aspectos ambientales en la industria alimentaria.

*Tabla 1. Descripción de las Plantas industriales implicadas en la validación del Modelo*

| Identificación | Planta 1 | Planta 2 | Planta 3 | Planta 4 | Planta 5 |
|---|---|---|---|---|---|
| Nº empleados | 245 | 281 | 222 | 225 | 190 |
| Matadero de porcino | Sí | Sí | Sí | Sí | Sí |
| Despiece de porcino | Sí | Sí | Sí | Sí | Sí |
| Matadero de bovino | Sí | Sí | Sí | Sí | No |
| Despiece de bovino | Sí | Sí | Sí | Sí | No |
| Derivados cárnicos | Sí | No | No | No | No |
| Expedición | Sí | Sí | Sí | Sí | Sí |

Fuente: elaboración propia.

## Resultados

Una vez analizados los diagramas de proceso y comprobado *in situ* los distintos aspectos, se han identificado los siguientes aspectos ambientales agrupados de la siguiente forma:

- Consumos: agua, energía eléctrica, anhídrido carbónico, fuel, propano, cloro, envases.
- Residuos no peligroso: estiércol, tripas y huesos, decomisos, sangre cocida, lodos de depuradora, desechos metálicos, residuos sólidos urbanos (RSU), cartón y papel, cartuchos y cintas de impresora, tóner de fotocopiadoras y desechos de palés. Residuos peligrosos: aceite usado, trapos impregnados de aceite usado, filtros de aceite usados, disolvente de limpieza, envases de plástico, envases metálicos, envases de cristal, tubos fluorescentes usados, pilas salinas, baterías de plomo, cenizas de caldera y material médico.
- Emisiones: gases de combustión, olores, amoníaco y ruido.
- Vertidos: agua residual.

Por otro lado, se han establecido los criterios para desarrollar los parámetros para poder calcular la significatividad:

- **Frecuencia (Fr).** Se asigna una puntuación a cada aspecto medioambiental identificado, en función de la frecuencia con la que se presenta el aspecto. Esta puntuación oscila desde 1 punto hasta 5 puntos. Este criterio de valoración se aplica por igual a todos los aspectos medioambientales (Tabla 2).

*Tabla 2. Criterios para calcular la frecuencia*

| Frecuencia | Descripción | Valor |
|---|---|---|
| Muy elevada | Se presenta por lo menos una vez al día. | 5 |
| Elevada | Se presenta por lo menos una vez a la semana. | 4 |
| Media | Se presenta por lo menos una vez al mes. | 3 |
| Baja | Se presenta por lo menos una vez al trimestre. | 2 |
| Muy baja | Se presenta por lo menos una vez al año. | 1 |

Fuente: elaboración propia.

- **Cantidad absoluta (CA).** Se asigna una puntuación a cada aspecto medioambiental, en función de la cantidad de unidades que genera el aspecto durante un año fiscal. Esta puntuación oscila desde 1 punto hasta 5 puntos y se encuentra definida por separado para las diferentes categorías de aspectos medioambientales.
- **Cantidad relativa (CR).** La cantidad relativa de unidades generadas es un indicador, sensible a las mejoras producidas en el comportamiento medioambiental, que representa la mejora (valor inferior a 1) o empeoramiento (valor superior a 1) obtenido de un determinado aspecto medioambiental respecto al calculado en el año anterior. En algunas ocasiones es difícil encontrar los valores por lo que para no distorsionar el resultado de la eva-

luación se asigna el valor de 1. Para su obtención, se calcula el ratio del año anterior (Ratio AA) y del año en curso (Ratio AC) para cada aspecto ambiental, en base a las siguientes fórmulas:

*Ratio AA= Unidades generadas en el último año/kilos producidos en el último año*

*Ratio AC = Unidades generadas en el año en curso/kilos producidos en el año en curso*

Después se calcula el valor final de cantidad relativa mediante la fórmula:

*Cantidad relativa = Ratio AC/Ratio AA*

- **Toxicidad (Tx).** Se asigna una puntuación a cada aspecto medioambiental, en función del índice de toxicidad asignado a cada tipo de aspecto medioambiental. En el caso de los consumos podemos asignar el valor de 1 para no distorsionar los resultados de la evaluación.

Una vez establecidos los criterios de valoración, se calculan su significatividad, a partir de la fórmula propuesta, y se realiza la correspondiente ordenación para determinar aquellos que deben ser tratados de forma preferente en función de dicha valoración.

En relación a los resultados de aplicación de la fórmula de cálculo para la valoración de los aspectos ambientales, a continuación se recoge un ejemplo: la obtenida en la planta 1 durante el periodo de estudio (Tabla 3).

Así mismo, los resultados de aplicación del estudio completo los podemos seguir en la siguiente gráfica (Figura 1).

## Discusión y conclusiones

Una vez realizado el seguimiento en las 5 plantas y, a la vista de los resultados obtenidos, se pueden obtener las siguientes conclusiones:

- La significatividad disminuyó un 2,55%, como media anual, en cada una de las Plantas. En este sentido hay que decir que los equipos directivos de todas ellas se han involucrado en la implantación y desarrollo del sistema de control con lo cual se ha facilitado la consecución de los objetivos.
- La implantación y seguimiento de un sistema de autocontrol (vigilancia) de los aspectos ambientales establece una valoración objetiva de los distintos aspectos.
- La valoración de los distintos aspectos ambientales establece una jerarquización para poder dirigir los objetivos empresariales.
- El establecimiento del sistema de vigilancia disminuye el impacto ambiental.

*Tabla 3. Significatividad de los aspectos ambientales en la Planta 1 (2001-2006)*

| Aspectos ambientales Planta 1 | 2001 | 2002 | 2003 | 2004 | 2005 | 2006 |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Vertido de agua residual | 125,00 | 98,10 | 87,30 | 69,84 | 83,60 | 59,22 |
| Residuo de lodos depuradora (categoría 3) | 50,00 | 46,85 | 49,65 | 39,72 | 42,68 | 31,80 |
| Residuos de aceite usado | 32,00 | 37,76 | 35,12 | 18,24 | 19,68 | 17,58 |
| Consumo de agua | 25,00 | 22,25 | 23,25 | 22,40 | 21,28 | 21,28 |
| Emisión de gases de combustión | 25,00 | 20,40 | 19,44 | 20,84 | 23,56 | 26,95 |
| Residuo de estiércol (categoría 3) | 25,00 | 22,23 | 22,13 | 19,06 | 19,72 | 17,72 |
| Emisión de olores | 20,00 | 13,54 | 14,49 | 14,07 | 15,68 | 14,69 |
| Residuo de trapos contaminados | 15,00 | 17,85 | 18,90 | 15,75 | 14,61 | 15,51 |
| Consumo de energía eléctrica | 15,00 | 15,60 | 14,70 | 15,75 | 15,06 | 16,56 |
| Residuo de tripas y huesos (categoría 3) | 15,00 | 15,99 | 14,45 | 15,54 | 16,13 | 17,63 |
| Residuo de sólido urbano | 15,00 | 15,15 | 15,15 | 15,51 | 15,21 | 14,70 |
| Residuo de sangre cocida (categoría 3) | 15,00 | 13,85 | 13,85 | 13,50 | 14,81 | 14,70 |
| Residuo de tubos fluorescentes | 12,00 | 12,00 | 19,48 | 9,12 | 9,07 | 11,83 |
| Emisión de amoníaco | 12,00 | 8,93 | 9,72 | 8,73 | 7,59 | 9,39 |
| Emisión de ruido | 10,00 | 9,03 | 9,66 | 9,38 | 10,45 | 9,80 |
| Residuo de disolvente limpieza | 8,00 | 7,22 | 7,76 | 7,82 | 8,02 | 8,82 |
| Residuo de envases de plástico contaminados | 8,00 | 8,06 | 6,72 | 7,99 | 7,63 | 7,95 |
| Residuo de envases metálicos contaminados | 8,00 | 7,76 | 7,44 | 8,78 | 7,39 | 7,63 |
| Residuo de envases de cristal contaminados | 8,00 | 6,40 | 9,84 | 8,78 | 9,85 | 8,25 |
| Residuo de material médico | 8,00 | 10,40 | 9,20 | 9,66 | 8,67 | 9,67 |
| Residuo de filtros de aceite usados | 5,00 | 4,51 | 4,83 | 3,13 | 2,61 | 2,61 |
| Residuos de baterías de plomo | 5,00 | 1,50 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| Residuo de cartón y papel | 5,00 | 4,90 | 5,20 | 4,97 | 5,27 | 5,77 |
| Consumo de anhídrido carbónico | 0,00 | 0,00 | 5,00 | 5,44 | 4,91 | 4,66 |
| Residuo de fuga de fuel (situación de emergencia) | 5,00 | 5,00 | 5,00 | 5,00 | 5,00 | 5,00 |
| Vertido de aguas sin depurar (situación de emergencia) | 5,00 | 5,00 | 5,00 | 5,00 | 5,00 | 5,00 |
| Emisión de fuga de amoníaco (situación de emergencia) | 5,00 | 5,00 | 5,00 | 5,00 | 5,00 | 5,00 |
| Consumo de cloro | 5,00 | 4,41 | 4,50 | 4,39 | 4,89 | 4,89 |
| Consumo de fuel | 5,00 | 6,15 | 5,65 | 4,94 | 4,54 | 4,54 |
| Consumo de propano | 5,00 | 5,80 | 4,95 | 4,78 | 4,98 | 4,98 |
| Consumo de envases | 5,00 | 4,65 | 4,45 | 8,39 | 3,39 | 8,39 |
| Residuo de decomisos (categoría 2) | 5,00 | 4,86 | 5,52 | 4,84 | 3,99 | 4,49 |
| Residuo de pilas salinas | 5,00 | 1,35 | 2,80 | 1,71 | 1,71 | 0,00 |
| Residuo de cenizas de calderas | 5,00 | 6,45 | 4,40 | 6,84 | 4,84 | 6,34 |
| Residuo de desechos metálicos | 3,00 | 2,97 | 2,94 | 2,53 | 2,23 | 3,07 |
| Residuo de desechos de palé | 2,00 | 1,60 | 2,20 | 1,35 | 1,55 | 2,75 |
| Residuo de tóner de fotocopiadora | 2,00 | 6,58 | 2,66 | 1,52 | 1,60 | 2,07 |
| Residuo de cartuchos y cintas-impresoras | 2,00 | 5,56 | 2,60 | 1,10 | 1,50 | 2,10 |
| **Total** | **525,00** | **485,66** | **480,92** | **421,40** | **433,67** | **413,32** |

Fuente: elaboración propia.

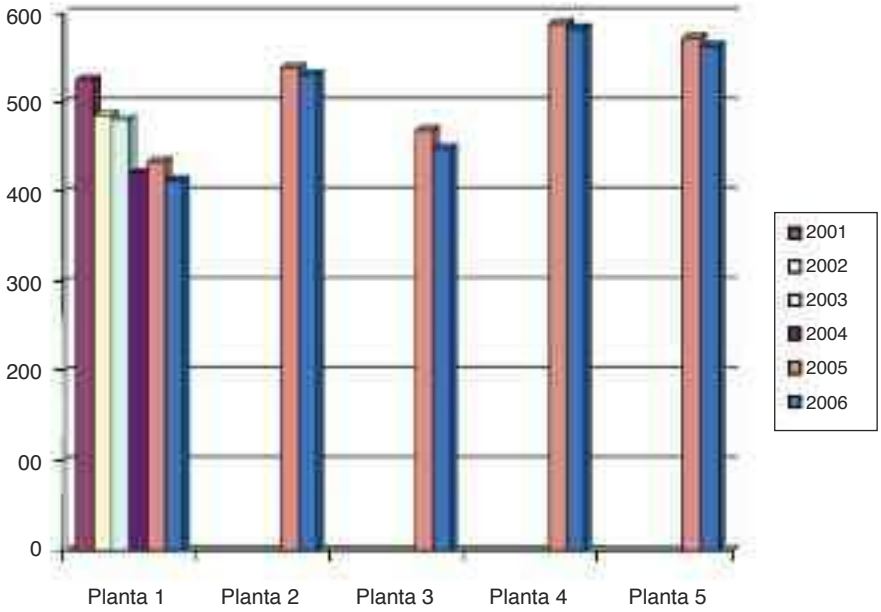



*Figura 1. Seguimiento de la significatividad total anual.*
*Fuente: elaboración propia*

Por último y como recomendaciones para la dirección de las empresas que ven en la implantación de un Sistema de Gestión Ambiental (SGA) una oportunidad en su gestión, se debe resaltar que:

- La implantación y seguimiento de un SGA, como la certificación ISO 14001, ayuda a la disminución del impacto ambiental de los centros de producción.
- El establecimiento de un SGA ayuda a optimizar los costes de gestión debido a los ahorros producidos en la disminución de consumos y en el resto de aspectos ambientales.

## Referencias bibliográficas

(1) Barba-Sánchez, V., Atienza-Sahuquillo, C. 2010. Integration of the environment in managerial strategy: application of the resource-based theory of competitive advantage, dynamic capabilities, and corporate social responsibilities. *African Journal of Business Management*., 4(6): 1.155-1.165.

(2) REAL DECRETO LEGISLATIVO 1/2008, de 11 de enero, por el que se aprueba el texto refundido de la Ley de Evaluación de Impacto Ambiental de proyectos.

(3) Lee, A. S. 1989. A scientific methodology for MIS case studies. *MIS Quarterly*, 13(1): 33-50.

(4) Eisenhardt, K. M. 1989. Building theories from case study research. *Academy of Management Review*, 4(4): 532-550.
(5) Bonache, J. 1999. El estudio de casos como estrategia de construcción teórica: características, críticas y defensas. *Cuadernos de Economía y Dirección de la Empresa*, 3: 123-140.
(6) Fiab. 2010. *Informe Económico de la industria alimentaria 2009*. Federación Española de Industrias de la Alimentación y Bebidas, Madrid.
(7) Ruesga, S. M., Durán, G. (Coord.). 1995. *Empresa y medio ambiente*. Pirámide, Madrid.
(8) Ludevid, M. 2000. *La gestión ambiental de la empresa*. Ariel Economía, Barcelona.
(9) Neuman, W. L. 1991. *Social research methods: qualitative and quantitative approaches*. Ally & Bacon, Boston.

# Bloque IV:

# Vigilancia ambiental: propuestas metodológicas e innovación

# La "Dirección ambiental de obra" en los proyectos de ingeniería civil sometidos a evaluación de impacto ambiental

## *The "Environmental Management Team" in Civil Engineering Projects Submitted to Environmental Impact Assessment*

**S. RUIZ ARRIAGA**
**M. R. GARCÍA SÁNCHEZ-COLOMER**
Centro de Estudios de Técnicas Aplicadas del CEDEX
Ministerio de Fomento

## Introducción

La Dirección Ambiental de Obra (DAO) apareció por primera vez en una Declaración de Impacto Ambiental (DIA) en 1996, diez años después de haber sido publicada en el BOE la primera norma legislativa que regulaba el procedimiento de Evaluación de Impacto Ambiental (EIA) (Real Decreto Legislativo 1302/1986, de 28 de junio).

La DAO (denominada también Director o Coordinador Ambiental) es designada por el promotor y es la responsable del cumplimiento del Estudio de Impacto Ambiental (EsIA) y de la DIA, *sin perjuicio de las funciones atribuidas al Director facultativo de las obras en la legislación de contratos de las Administraciones Públicas* [1].

En este estudio, considerando que no existen referencias bibliográficas al respecto, se analizan los beneficios que la DAO puede reportar a los diferentes agentes implicados en el procedimiento de EIA. Además, se realiza un análisis sobre la presencia de la figura de la dirección ambiental en las DIA publicadas en el BOE, en función de:

1) el año de publicación de la DIA
2) la tipología de los proyectos de ingeniería civil
3) la comunidad autónoma donde se ejecuta el proyecto.

## Material y métodos

Con el objeto de analizar las referencias a la figura de la DAO en proyectos de ingeniería civil que se ejecutan en España y que deben ser sometidos a EIA, se ha seguido la metodología aplicada por Barbero y Espigares [2], basada en el análisis de *todas las Declaraciones de Impacto Ambiental (DIAs) publicadas en el BOE durante el periodo 1989-2008*. No obstante, se ha calculado de nuevo el

número total de DIA publicadas desde 1989, y se ha ampliado el análisis hasta 2010.

## Resultados

### Beneficios que la DAO puede reportar a los agentes competentes en la EIA

A partir de las funciones que se le atribuyen normalmente a la DAO (véase, entre otros, [1, 3, 4, 5 y 6]) se puede concluir que su intervención en los proyectos sometidos a EIA contribuye a facilitar la labor tanto del promotor, como del órgano ambiental y del órgano sustantivo. A continuación, se exponen los beneficios que la dirección ambiental puede reportar a dichos agentes [7]:

- *Promotor*: la DAO permite descentralizar las funciones asumidas por el Director de Obra relacionadas con el cumplimiento de los condicionados de la DIA. Se encarga de redactar los informes de seguimiento que correspondan, si así se exige en el PVA o en la DIA.

- *Órgano sustantivo*: la DAO actúa como interlocutor entre el órgano sustantivo y el Director de Obra. El órgano sustantivo le comunica a la DAO las consideraciones y propuestas relacionadas con las cuestiones ambientales durante el PVA. Por su parte, la DAO se encarga de transmitirlas al Director de Obra con un enfoque operativo dirigido a la ejecución en la obra. Asimismo el Director de Obra comunica a la DAO sus propuestas para que las ponga en conocimiento del órgano sustantivo.

- *Órgano ambiental*: la DAO puede contribuir a facilitar y a agilizar el acceso a la información sobre el seguimiento y la vigilancia del cumplimiento de la DIA y de la normativa ambiental aplicable. El órgano ambiental puede recabar información a este respecto (artículo 18.1 del Real Decreto Legislativo 1/2008, de 11 de enero) y la DAO puede favorecer que esta información se comunique al órgano ambiental de manera eficaz.

### Resultados en función de la evolución temporal del número de DIA

A partir del análisis de la Figura 1 se concluye que no se detectan regularidades en relación con el número de DIA que exigen en sus condicionados el disponer de una DAO, durante el período de 1996 (año en el que se publica en el BOE la primera DIA en la que se cita a la DAO) a 2010. En 2003 se publica el mayor número de DIA en las que se hace referencia a esta figura y en los años sucesivos, aunque de manera irregular, se ha experimentado un descenso, alcanzando un mínimo en 2008 y produciéndose un ligero aumento en 2009.

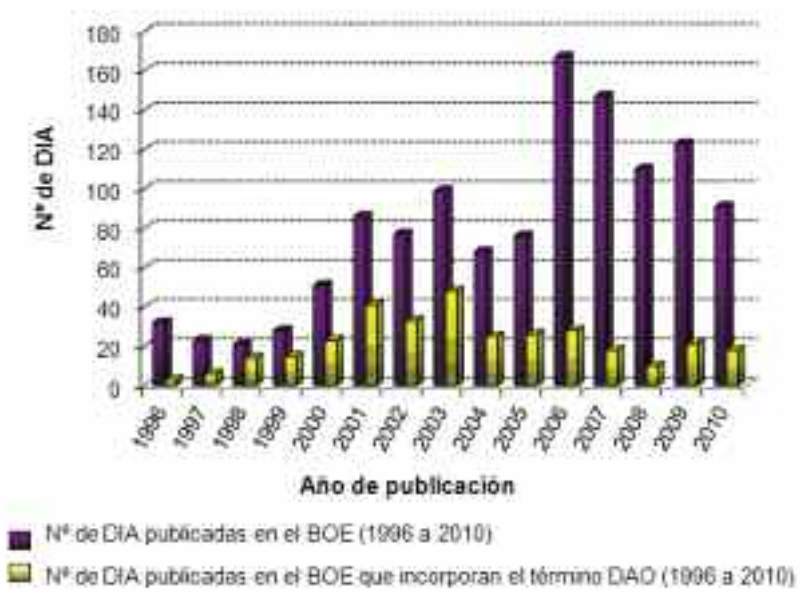



*Figura 1. Evolución temporal del número de DIA publicadas en el BOE y número de DIA que hacen referencia a la DAO durante el período de 1996 a 2010 (www.boe.es)*

## Resultados en función de la tipología de proyectos

La primera DIA en la que cita a la DAO fue sobre el proyecto de trazado de la autovía de la Costa del Sol (BOE nº 141 de 11/06/1996). El promotor era la Dirección General de Carreteras, que en conformidad con la DIA, sería la que debería disponer de una dirección ambiental de obra que se responsabilizara *de la adopción de las medidas correctoras, de la ejecución del programa de vigilancia ambiental y de la emisión de informes técnicos periódicos sobre el grado de cumplimiento de la presente declaración.*

Desde 1999 (aunque no de manera continua) ha aumentado la variedad de tipologías de proyectos en cuyas DIA se hace referencia a esta figura (Gráfico 2).

De las tipologías de proyectos cuyas declaraciones ambientales incorporan el término DAO, se ha omitido, para el presente estudio, la referida a *Campo de prácticas de Protección Civil*. A pesar de que en ella se hace referencia a la figura del "Director Ambiental", sólo se ha publicado una DIA, lo que no resulta significativo.

Es necesario considerar que, en otras declaraciones ambientales sobre proyectos de las mismas tipologías que las del Gráfico 2 o de otras diferentes, aunque no se haga referencia a la DAO, puede que se considere la necesidad de disponer de un equipo o persona encargada de las cuestiones ambientales (a diferencia de la DAO será designado por el Director de Obra, y no por el promotor).

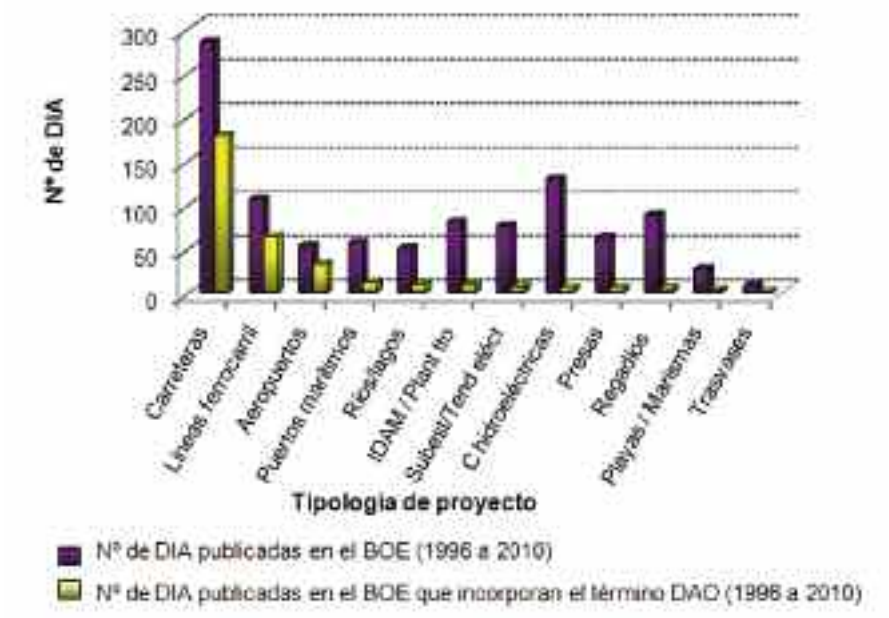



*Figura 2. Número de DIA y número de DIA en las que cita a la DAO, en función de la tipología del proyecto (www.boe.es)*

## Resultados en función de la comunidad/ciudad autónoma donde se ejecuta el proyecto

Para realizar el análisis del número de DIA en función de la comunidad autónoma, ha sido necesario adoptar como premisa, que si la ejecución de un proyecto afecta a más de una comunidad autónoma, se considera una DIA por cada una de las comunidades afectadas [7].

Ejemplo. *Resolución de 30 de enero de 2006, de la Secretaría General para la Prevención de la Contaminación y el Cambio Climático, por la que se formula declaración de impacto ambiental sobre la evaluación del proyecto "Corredor Ferroviario Noreste de Alta Velocidad. Tramo: Castejón-Logroño (Navarra-La Rioja)", promovido por la Dirección General de Ferrocarriles del Ministerio de Fomento.*

En este caso, se considera una DIA de un proyecto que se ejecuta en la Comunidad Foral de Navarra, y otra de un proyecto que se ejecuta en La Rioja.

Durante el período de 1996 a 2010 el 56 % de las DIA publicadas han sido de proyectos que se ejecutan en Castilla y León, Andalucía, Comunidad Valenciana, Castilla-La Mancha y Cataluña. Asimismo, en estas comunidades autónomas es donde se ejecuta el mayor número de proyectos en cuyas DIA se cita a la DAO (Gráfico 3).

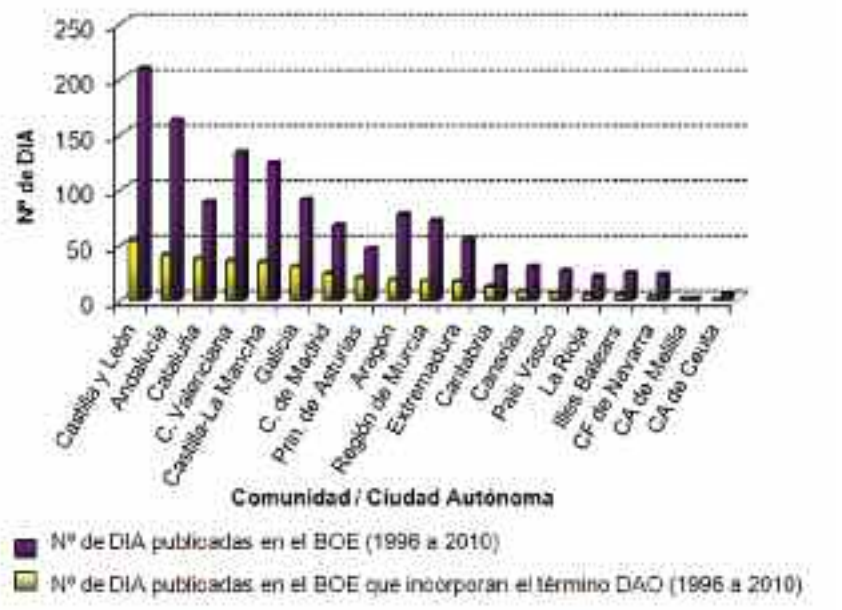



*Figura 3. Número de DIA y número de DIA en las que se cita a la DAO, en función de la comunidad ciudad autónoma donde se ejecuta el proyecto (www.boe.es)*

## Discusión y conclusiones

La figura de la DAO se comenzó a integrar en las DIA de proyectos hace más de 10 años.

Entre 1996 y 1998 el número de DIA publicadas en el BOE experimenta un ligero descenso, sin embargo en dicho período se incrementa el número de declaraciones en las que se hace referencia a la figura de la DAO (Gráfico 1).

*Durante los siguientes años hasta 2005,* aunque no de manera proporcional, *aumentos o reducciones del número de DIA publicadas en el BOE, se corresponden, respectivamente, con aumentos o reducciones del número de DIA en las que se cita a la DAO. Esto demuestra que paulatinamente los agentes implicados en el procedimiento de EIA de los proyectos (promotor, órgano sustantivo y órgano ambiental) comenzaban a tomar conciencia de los beneficios que les podía reportar el disponer de una DAO* [7].

Estos resultados se pueden justificar en parte por el hecho de que durante el período de 1996 a 2005 *los proyectos de carreteras y en menor medida los de líneas de ferrocarril son las principales tipologías de proyectos sobre los que el órgano ambiental formula las DIA y es en este tipo de proyectos en los que existe una trayectoria prolongada en considerar la presencia de las DAO* [7].

En el período de 2006 a 2010 se acentúa la diferencia entre el número de DIA publicadas respecto de aquellas en las que se cita a la DAO. Esto puede estar

motivado por el hecho de que *aunque continúa aumentando el número de DIA de carreteras, también lo hacen otros proyectos de ingeniería civil como: centrales hidroeléctricas, regadíos, tendidos eléctricos, etc. en los que todavía no está consolidada la incorporación de la DAO* [7].

A partir de los resultados obtenidos en función de la tipología de proyectos se puede concluir que los porcentajes más elevados de DIA en las que se considera la necesidad de disponer de una DAO se alcanzan en los proyectos de carreteras, líneas de ferrocarril y aeropuertos (Gráfico 2).

Para la tipología de proyectos de carreteras cabe destacar: 1) el elevado número de DIA publicadas (casi el 28 % de las DIA publicadas –de las tipologías de estudio, gráfico 2- son de carreteras) y 2) las DIA de carreteras fueron las primeras en las que se hizo referencia a la DAO.

Se puede considerar que existe similitud entre las tipologías de proyectos "carreteras" y "líneas de ferrocarril" debido a que ambas son infraestructuras lineales de transporte. Esta consideración ha podido motivar que la *experiencia acumulada en la ejecución de proyectos de carreteras*, en relación con la DAO, haya facilitado la consideración de esta figura en las líneas de ferrocarril [7].

Con respecto a las DIA de aeropuertos, destacar que a pesar de ocupar la novena posición en relación con el número de DIA publicadas, representan la tercera tipología de proyectos con mayor número de declaraciones en las que se exige la presencia de la DAO.

A partir del análisis del número de DIA en función de la comunidad o ciudad autónoma donde se ejecuta el proyecto se comprueba que existe una relación positiva entre el número de DIA en las que se hace referencia a la DAO y el número de proyectos sometidos a EIA en cada comunidad o ciudad autónoma (Gráfico 3).

Por lo expuesto anteriormente sobre los gráficos 1, 2 y 3 se concluye que todavía no es frecuente que los promotores consideren la figura de la DAO en los EsIA, ni que el órgano ambiental la exija en los condicionados de la DIA.

La intervención de la DAO en los proyectos de ingeniería civil puede contribuir a incrementar la eficacia en el cumplimiento de: 1) la normativa ambiental aplicable y 2) los requisitos dispuestos en la DIA y en el PVA. Facilita, además, la labor de los agentes responsables en la EIA.

Estas consideraciones junto con la premisa de que la DAO no es un requisito legal, sino que es el resultado de su aplicación práctica, llevan a:

- proponer que se considere con mayor asiduidad la intervención de la DAO, al menos, en determinados proyectos, como por ejemplo en aquéllos que sean complejos por sus dimensiones, que afecten a Red Natura 2000, a Espacios Naturales Protegidos, etc.
- plantear que la figura de la DAO se regule a nivel normativo en los proyectos sometidos a EIA.

## Referencias bibliográficas

(1) Castro Fresnedo, D., Aja Setién, J. L. 2005. *Organización y control de obras*. Servicio de Publicaciones de la Universidad de Cantabria. Cantabria.
(2) Barbero Rodríguez, J., Espigares Pinilla, T. 2010. Aplicación de la evaluación de impacto ambiental en España en el período 1989-2008: El caso de los proyectos de carreteras. *Ingeniería Civil*, 157: 57-67.

(3) Álvarez Llovera, R. 2002. *Integración de los planes de vigilancia ambiental en el sistema de gestión ambiental*. I Congreso de Ingeniería Civil, Territorio y Medio Ambiente, Madrid. pp. 1.733-1.744.
(4) Gómez Orea, D., Gómez Villariño, M. 2007. *Consultoría e Ingeniería Ambiental: Planes, programas, proyectos, estudios, instrumentos de control ambiental, dirección y ejecución ambiental de obra, gestión ambiental de actividades*. Mundi- Prensa. Madrid.
(5) MINISTERIO DE MEDIO AMBIENTE Y MEDIO RURAL Y MARINO. 2008. *Prescripciones técnicas para el seguimiento y evaluación de la efectividad de las medidas correctoras del efecto barrera de las infraestructuras de transporte*. Documentos para la reducción de la fragmentación de hábitats causada por infraestructuras de transportes, número 2. O. A. Parques Nacionales. Ministerio de Medio Ambiente y Medio Rural y Marino. Madrid.
(6) Gil-Albarellos Marcos, R. 2009. *Fase de construcción. Prevención, minimización y corrección de impactos. Dirección Ambiental de Obra*. Jornadas sobre Evaluación de Impacto Ambiental de las Infraestructuras en el Medio Natural, Madrid.
(7) Ruiz Arriaga, S., García Sánchez-Colomer, M. R. 2010. Análisis descriptivo de la "Dirección Ambiental de Obra" en las Declaraciones de Impacto Ambiental de proyectos de Ingeniería Civil. *Ingeniería Civil*, 160: 92-101.

## Direcciones de Internet

www.boe.es/aeboe/consultas/bases_datos/texto_boe_avanzada.php

# Protocolo normalizado para la revisión y análisis de los documentos de seguimiento ambiental de proyectos sometidos a tramitación ambiental

## *Standard Protocol for the Review and Analysis of Environmental Monitoring Documents of Projects Submitted t to Environmental Processing*

**M. J. CARRASCO GARCÍA**
**A. ENRÍQUEZ DE SALAMANCA SÁNCHEZ-CÁMARA**
**J. J. RODRÍGUEZ**
DRABA Ingeniería y Consultoría Medioambiental, SL

**M. GARCÍA-SÁNCHEZ**
**J. M. VARELA**
AIAConsult, Análisis e Información Ambiental, SL, Madrid

## Introducción

El marco legal del seguimiento ambiental queda definido en el Real Decreto Legislativo 1/2008, de 11 de enero, por el que se aprueba el texto refundido de la Ley de Evaluación Ambiental de Proyectos, donde se establece la necesidad de efectuar una vigilancia y seguimiento de las obras, tanto para los proyectos que deben ser sometidos al procedimiento de evaluación de impacto ambiental como de aquellos que puedan ser eximidos del mismo. En su artículo 7 señala que el estudio de impacto ambiental de los proyectos sometidos a procedimiento de evaluación de impacto ambiental ha de contener un programa de vigilancia ambiental (PVA); en el artículo 16 indica que los documentos ambientales de proyectos sometidos a consulta deben especificar la forma de realizar el seguimiento ambiental (1).

Las declaraciones de impacto ambiental suelen prescribir que el proyecto contenga un PVA, a la vez que incluyen condiciones para la redacción del proyecto y obra de obligado cumplimiento que es necesario verificar. Las resoluciones de exención de procedimiento de evaluación de impacto ambiental pueden establecer que el proyecto contenga un PVA y también pueden establecer condiciones de obligado cumplimiento a verificar durante las obras o durante el funcionamiento.

Según lo establecido en las disposiciones legales citadas y en algunos trabajos específicos (2) y la experiencia en vigilancia ambiental, los documentos de seguimiento ambiental que suelen generarse son:

- Fases de planificación y construcción: PVA, Informes ambientales previos al Acta de Replanteo, Informes ordinarios sobre la marcha de las obras e Informes ambientales previos al Acta de Recepción.

- Fase de explotación: Informes ordinarios e Informe final del PVA.

La responsabilidad de efectuar la vigilancia y seguimiento ambiental y por tanto, de la redacción de estos documentos es, para los proyectos del Estado, del Órgano Sustantivo. Estos documentos son enviados con frecuencia al órgano ambiental.

Algunos responsables del seguimiento han efectuado esfuerzos para homogeneizar los documentos generados en la vigilancia ambiental de sus obras, pudiendo destacarse el Manual de la Dirección General de Carreteras del Ministerio de Fomento (2) o las instrucciones del ADIF para la redacción de proyectos de plataforma y vigilancia ambiental de obras. En otros casos no se cuenta con directrices técnicas acerca del contenido o aspectos formales que han de incluirse en los documentos de vigilancia ambiental.

Recientes análisis de la documentación generada durante la vigilancia ambiental de obras han puesto de manifiesto la existencia de una serie de problemas frecuentes:

- Falta de uniformidad en contenidos, siendo muy dispar la información que se incluye en los distintos documentos de vigilancia ambiental.
- Gran cantidad de información repetitiva e innecesaria que enmascara las singularidades del seguimiento.
- Informes que no cumplen sus objetivos, generalistas y con escasa concreción.

Para solucionarlos se plantean unos protocolos de análisis, basados en el empleo de listas de revisión adaptadas a los diferentes controles y documentos a desarrollar en las distintas fases de la vigilancia ambiental. Sus objetivos son:

- Verificar la conformidad de los documentos recibidos por la supervisión (Órgano ambiental, Órgano sustantivo, etc.). También sirven de base para la redacción de los documentos por parte del responsable de la ejecución de la vigilancia y seguimiento ambiental.
- Establecer los criterios o aspectos a analizar para determinar la necesidad de medidas adicionales o complementarias o incluso de informes específicos sobre la repercusión de ciertas obras imprevistas sobre el medio ambiente en el estudio de impacto ambiental o documento ambiental del proyecto.

## Material y métodos

Este trabajo forma parte de un estudio realizado para el CEDEX en el ámbito de un convenio con la Dirección General de Calidad y Evaluación Ambiental del Ministerio de Medio Ambiente y Medio Rural y Marino, que tuvo por objeto establecer los alcances de los documentos que se generan en el procedimiento de EIA del Estado, aplicado a los ferrocarriles (3).

Se basa en el análisis de la normativa vigente, en la consulta a bibliografía y fuentes documentales específicas en el tema (2, 4), y concretamente de informes generados durante la vigilancia ambiental de obras. Esto unido a la experiencia en vigilancia ambiental del equipo redactor, ha permitido finalmente confeccionar los protocolos de análisis donde se refleja una propuesta sobre los aspectos formales y de contenido que deberían reunir los documentos de vigilancia ambiental de obras en todas las fases. Ya ha sido aplicado para el caso de puertos y para desaladoras (5).

## Resultados

Seguidamente se recogen los protocolos que pueden ser adaptados para distintas infraestructuras. Se incluye en primer término, una lista de chequeo de los aspectos formales común para todos los informes que se generen en las obras.

Cabe concluir que su utilización como un estándar adaptado en cada caso al tipo de obra concreto de que se trate permitirá verificar si todos los aspectos de la vigilancia están siendo convenientemente abordados y gestionados desde todos los puntos de vista, tanto de la administración como de los promotores.

### I. ANÁLISIS FORMAL

### I.1. PROGRAMA DE VIGILANCIA AMBIENTAL

| Aspecto a analizar | Sí | No | No aplicable |
|---|---|---|---|
| ¿Existe un P.V.A.? | | | |
| El P.V.A. de la obra, ¿Coincide con el incluido en el proyecto de construcción? | | | |
| Si el proyecto cuenta con D.I.A. ¿Se ha incluido la referencia con copia de la misma? | | | |
| Si el proyecto no cuenta con D.I.A. ¿Se incluye un resumen de la tramitación ambiental con copia del documento acreditativo de la decisión de no sometimiento a evaluación? | | | |
| El P.V.A., ¿Recoge la frecuencia y duración del seguimiento en fase de obras? | | | |
| El P.V.A. ¿Ha recogido la frecuencia y duración del seguimiento en la fase de explotación? | | | |
| ¿Es coincidente lo indicado al respecto de la frecuencia y duración del seguimiento con lo establecido en la D.I.A. o resolución de exención? | | | |
| ¿Se ha detallado la tipología de informes a redactar durante las distintas fases? | | | |
| ¿Coincide lo indicado acerca de la tipología de informes a redactar durante las distintas fases con lo requerido en la D.I.A. o resolución de exención? | | | |
| ¿Se ha incluido una relación con el personal que formará parte del Equipo de vigilancia ambiental para cada fase del Programa? | | | |
| El P.V.A. ¿Está fechado y tiene, al menos, las firmas del Responsable de la vigilancia ambiental y del Director de las obras y está diligenciado por el Órgano Sustantivo? | | | |

## I.2. INFORMES DE OBRA

| Aspecto a analizar | Sí | No | No aplicable |
|---|---|---|---|
| El informe ¿Tiene fecha y, al menos, las firmas del Responsable de la vigilancia ambiental y del Director de las obras y está diligenciado por el Órgano Sustantivo? | | | |
| ¿Se ha indicado el personal del Equipo de Vigilancia, con su titulación y atribuciones, que ha realizado el seguimiento? | | | |
| ¿Se ha incluido un cronograma de los trabajos realizados, indicando la frecuencia y duración del seguimiento en la fase de replanteo? | | | |
| ¿Se ha incluido un resumen de los requerimientos específicos de la D.I.A. | | | |

## II. ANÁLISIS DE CONTENIDOS

## II.1. REVISIÓN DEL P.V.A.

| Aspecto a analizar | Sí | No | No aplicable |
|---|---|---|---|
| ¿Se han incluido los controles a realizar durante la fase de construcción? | | | |
| ¿Se han incluido los seguimientos a realizar durante la fase de explotación? | | | |

## II.2. INFORMES PREVIOS AL ACTA DE REPLANTEO

| Aspecto a analizar | Sí | No | No aplicable |
|---|---|---|---|
| ¿Se ha incluido la verificación del replanteo de la obra y sus elementos auxiliares? | | | |
| Si están previstos trabajos arqueológicos y paleontológicos previos al inicio de las obras ¿Se han incluido los resultados de la verificación de su correcta ejecución? | | | |
| ¿Se incluye documentación suficiente que garantice la coordinación con la Administración competente en materia de protección del Patrimonio Cultural? | | | |
| ¿Se incluye toma de muestras o mediciones (según la D.I.A. y/o resolución de Exención y/o P.V.A, para tener umbrales de referencia de los aspectos ambientales a vigilar? | | | |
| El informe, ¿Incluye todos los requerimientos específicos incluidos en la D.I.A. o resolución de exención para el informe previo al Acta de Replanteo? | | | |
| Según el contenido analizado, ¿En la obra se han cumplido las condiciones | | | |

## II.3. INFORMES ORDINARIOS DE OBRA

| Aspecto a analizar | Sí | No | No aplicable |
|---|---|---|---|
| ¿Se incluye un resumen del desarrollo de las obras y de la vigilancia ambiental efectuada? | | | |
| ¿Se incluye un resumen sobre el desarrollo de los trabajos de restauración ecológica y/o paisajística y evolución de los efectuados con anterioridad? | | | |
| ¿Se indica el desarrollo de las unidades de obra de protección ambiental y corrección de impactos ambientales y su resultado? | | | |
| ¿Se indica la evolución de los parámetros de calidad ambiental según se hayan medido en la fase preoperacional? | | | |
| ¿Se recoge una estimación objetiva de los niveles de impacto provocados realmente durante el periodo de seguimiento objeto del informe? | | | |
| ¿Hay referencias a las posibles incidencias de las obras no previstas con repercusión sobre el medio ambiente? | | | |
| ¿Se documentan gráficamente y fotográficamente las verificaciones realizadas? | | | |
| ¿Se recogen todos los seguimientos necesarios o falta alguno? | | | |
| ¿Se incluyen los requerimientos específicos incluidos en la D.I.A. o resolución de exención? | | | |
| ¿Se indica expresamente si se adecuan los trabajos al condicionado ambiental de la D.I.A. o documento de exención? | | | |
| Del análisis del documento ¿Puede concluirse si las obras cumplen la D.I.A. o documento de exención? | | | |
| ¿Se indican las labores pendientes de comprobación en el siguiente informe, adjuntando un cronograma de los trabajos a realizar? | | | |
| ¿Se incluyen, en su caso, los ensayos de contraste realizados? | | | |
| A la vista del informe, ¿Es necesario proponer medidas de protección, corrección y/o compensación de impactos ambientales? | | | |

## II.4. INFORMES PREVIOS AL ACTA DE RECEPCIÓN

| Aspecto a analizar | Sí | No | No aplicable |
|---|---|---|---|
| ¿Se incluye un resumen del desarrollo de las obras y de la vigilancia ambiental efectuada? | | | |
| ¿Se incluyen conclusiones referentes a la adecuación ambiental de la obra? | | | |
| ¿Se indica el desarrollo de las unidades de obra de protección ambiental realmente ejecutadas? | | | |
| ¿Se indica la evolución de los parámetros de calidad ambiental según se hayan medido en fases anteriores? | | | |
| ¿Se recoge una estimación de los niveles de impacto provocados realmente durante la fase de obras? | | | |
| ¿Hay una estimación de la eficacia de las medidas protectoras, correctoras y/o compensatorias realmente ejecutadas? | | | |

| Aspecto a analizar | Sí | No | No aplicable |
|---|---|---|---|
| ¿Se incluyen referencias a incidencias no previstas con repercusión sobre el medio ambiente, las medidas de corrección ejecutadas y su estado al término de las obras? | | | |
| ¿Se incluye un listado de las obras de adecuación ambiental pendientes de ejecución? | | | |
| ¿Se incluyen referencias al control final de no afección a zonas de exclusión para instalaciones auxiliares de obras? | | | |
| ¿Se incluyen referencias al desmantelamiento y restauración de las áreas correspondientes a elementos auxiliares de las obras definidos como temporales? | | | |

## II.5. INFORMES ORDINARIOS EN FASE DE EXPLOTACIÓN

| Aspecto a analizar | Sí | No | No aplicable |
|---|---|---|---|
| ¿Se incluye un resumen sobre el desarrollo de los trabajos de restauración ecológica y evolución? | | | |
| ¿Se recoge una estimación de los niveles de impacto provocados realmente durante el periodo de seguimiento objeto del informe? | | | |
| ¿Se incluyen referencias a las posibles incidencias de las obras no previstas con repercusión sobre el medio ambiente? | | | |
| ¿Se documentan gráficamente y fotográficamente las verificaciones realizadas? | | | |
| ¿Se recogen todos los seguimientos necesarios o, por el contrario, falta alguno? | | | |
| ¿Se indica la evolución de los parámetros de calidad ambiental según se hayan medido en fases anteriores y su evolución? | | | |
| ¿Se incluyen todos los requerimientos específicos incluidos en la D.I.A. o documento de exención para un informe ordinario en la fase de explotación? | | | |
| ¿Se indica expresamente si se adecua lo observado al condicionado ambiental de la D.I.A. o documento de exención? | | | |
| ¿Se indican claramente las labores pendientes de comprobación en el siguiente informe, adjuntando un cronograma de los trabajos a realizar? | | | |
| ¿Se incluyen, en su caso, los ensayos de contraste realizados? | | | |
| A la vista del informe, ¿Es necesario proponer medidas de protección, corrección y/o compensación de impactos ambientales? | | | |

### II.6. INFORME FINAL DEL P.V.A.

| Aspecto a analizar | Sí | No | No aplicable |
|---|---|---|---|
| ¿Se incluye un resumen del desarrollo de las obras y de la vigilancia ambiental efectuada sobre las mismas, diferenciando entre fase de obras y fase de explotación? | | | |
| ¿Se indica el desarrollo de las unidades de obra de protección ambiental realmente ejecutadas y su grado de eficacia? | | | |
| ¿Se indica la evolución de los parámetros de calidad ambiental en la fase de obras y/o de explotación, comparando con las mediciones efectuadas en la fase preoperacional? | | | |
| ¿Se recoge una estimación de los niveles de impacto provocados realmente por la actuación, ya sea durante la fase de obras o durante la fase de explotación? | | | |
| ¿Se recoge una estimación de los niveles de impacto provocados realmente por la actuación, ya sea durante la fase de obras o durante la fase de explotación? | | | |
| ¿Se incluyen referencias a incidencias no previstas con repercusión sobre el medio ambiente, las medidas de corrección ejecutadas y su estado al término de las obras? | | | |
| ¿Se incluye un listado de las obras de adecuación ambiental pendientes de ejecución? | | | |
| ¿Se incluye un listado de las obras de adecuación ambiental que sea necesario implementar por bajo grado de eficacia de las ejecutadas? | | | |
| ¿Se incluye un resumen de todas las actuaciones de vigilancia y seguimiento desarrolladas? | | | |
| ¿Se incluye un resumen de todos los informes emitidos en las distintas fases? | | | |
| ¿Se incluyen las conclusiones sobre la adecuación de la obra al medio? | | | |
| | | | |

## Referencias bibliográficas


(1) Carrasco, MJ y Enríquez de Salamanca, A. (2010). *Evaluación de impacto ambiental de infraestructuras. Redacción y tramitación de documentos*. AENOR. Madrid.

(2) Ruza Tarrio, F, Carrasco, MJ, Enríquez de Salamanca, A et al. (1999). *Manual para la redacción de informes de los Programas de vigilancia y seguimiento ambiental en carreteras*. Ministerio de Fomento. Informe publicado en www.fomento.gob.es

(3) CEDEX (2008). *Definición de criterios y protocolos para la evaluación ambiental de ferrocarriles: Elaboración, análisis y seguimiento*. Informe inédito.

(4) Álvarez, G et al (2008). *Prescripciones técnicas para el seguimiento y evaluación de la efectividad de las medidas correctoras del efecto barrera de las infraestructuras de transporte*. Ministerio de Medio Ambiente y Medio Rural y Marino. Madrid.

(5) Ruiz, S. et al. (2010). Metodología para el análisis de los documentos de seguimiento ambiental de las instalaciones de agua marina. *Ingeniería Civil*, 159. CEDEX. Madrid.

# Seguimiento de fauna en proyectos sometidos a evaluación de impacto ambiental

## *Wildlife Monitoring in Projects Subject of Environmental Impact Assessment*

**A. JIMÉNEZ RAYADO**
Ingenieros Consultores Medio Ambiente, SL

**E. URQUIJO RUBIO**
Santander Global Sport, SA

## Introducción

El principal objetivo de esta comunicación es describir la metodología que se ha desarrollado para confeccionar el inventario y análisis de la fauna existente en uno de los proyectos de notable importancia desarrollados en la Comunidad de Madrid en la última década.

Para la buena ejecución de este seguimiento es imprescindible la capacitación profesional tanto para la identificación de especies y hábitats existentes (zonificación), como para evaluar el estado de conservación de los mismos e identificar las amenazas existentes o potenciales (tendidos eléctricos, viales de acceso, carreteras, etc.).

Como ejemplo, se expone el seguimiento de la avifauna que ICMA S.L., y Santander Global Sport S.A., han realizado en el campo Golf Santander desde el mismo inicio de su actividad (2006), ubicado en el término municipal de Boadilla del Monte (Madrid)

## Material y métodos

La metodología para el seguimiento de la fauna depende básicamente de la amplitud, morfología y fragmentación del territorio donde se ubica la actividad, y de la categoría taxonómica que se pretende comprender en el seguimiento (micromamíferos, mamíferos, aves, peces, anfibios, reptiles, etc.). La elección de la metodología debe ser factible en su desarrollo, proporcionar numerosa información en un periodo corto de tiempo, generar una adecuada base de datos y facilitar la participación local en las campañas de campo.

Existe numerosa metodología aplicable a la hora de realizar un estudio de identificación y reconocimiento de la fauna. Si lo que se pretende es realizar una estimación del índice de abundancia de especies en una determinada zona, el registro de huellas, las estaciones de escucha, los puntos fijos de observación y los transeptos han demostrado ser métodos eficaces.

Para las aves, a priori la fauna más representativa del caso que nos ocupa, los métodos de detección e identificación vienen definidos por la movilidad natural de las mismas. Entre ellos figuran:

- Observación directa en puntos fijos. Consiste en la anotación de presencia/ausencia de especies o del número de observaciones por especie que se localizan alrededor de distintas zonas de observación durante un periodo de tiempo determinado. Al igual que los transeptos, los puntos de observación han de ser representativos del número de hábitats presentes en la zona de estudio, han de estar georreferenciados y deben durar como mínimo unos 10 minutos.
- Estaciones de escucha: consistente en la identificación de especies mediante su canto o trino. El empleo de esta técnica es recomendable para estudios de presencia / ausencia de especies cuyo comportamientos dificulta su observación directa (paseriformes). Es una técnica complementaria a la anterior y el tiempo estandarizado por cada escucha suele estar entre los 5 y 10 minutos.

La campaña de visita de campo en Golf Santander ha consistido en una visita mensual, alternando campañas por la mañana y por la tarde, a partir de una hora después del amanecer, y una hora antes de la hora de anochecer. Con este programa de visitas conseguimos:

- Tres muestras/anuales por estación.
- Muestras dentro y fuera del horario de apertura de la actividad.

El recorrido en cada campaña recorre la totalidad de formaciones vegetales existentes en el campo de golf. El número de puntos de muestreo en cada formación vegetal es directamente proporcional a la representatividad que ese hábitat tiene en la zona de estudio, resultando:

- Pradera cespitosa (zonas de juego), zonas ajardinadas con presencia de ejemplares arbóreos aislados: 4 MUESTREOS por visita.
- Pastizal con presencia de encinas y olivos, retamas y romero: 4 MUESTREOS por visita.
- Vegetación palustre asociada a los lagos y cursos de agua (juncares, espadañares y carrizales): 3 MUESTREOS por visita.
- Bosque de galería, que comunican los distintos lagos del campo: 2 MUESTREOS por visita.
- Pinares de pino piñonero y halepensis: 2 MUESTREOS por visita.

El tiempo en cada punto de muestreo es de 10 minutos de observación directa y 5 minutos de estación de escucha, anotando en el cuaderno de campo las especies identificadas y el número de observaciones de la misma. Tras los 15 minutos de observación, se procede a la toma de fotografías de los ejemplares que lo permitan en ese momento.

Con los datos obtenidos en el campo se elabora un informe mensual en el que se adjunta el listado de las especies observadas, el número de observaciones de cada especie, las características y condiciones bajo las cuales se ha desarrollado el muestreo, y un reportaje fotográfico de algunas de las especies observadas. Cada tres meses se elabora y actualiza una matriz de riqueza acumulada de especies, que contiene la totalidad de especies observadas en Golf Santander desde el inicio de las campañas de campo. Los datos obtenidos son utilizados para elaborar diversas gráficas como la probabilidad de observación de cada especie; riqueza acumulada de especies; uso de hábitats, etc.

El material utilizado en cada visita ha consistido en un cuaderno de campo, guía de aves, equipo fotográfico consistente en equipo réflex equipado con objetivo de 300 mm, trípode y prismáticos.

## Resultados

### Evolución de las comunidades animales en "Golf Santander" (Boadilla del Monte) 2006-2011

Según el inventario del Estudio de Impacto Ambiental, la vegetación real antes de la construcción de Golf Santander se caracterizaba por la presencia de ejemplares aislados de encina (*Quercus rotundifolia*) y pequeñas agrupaciones arbustivas (retama, tomillo, lavandas, y escoba negra) en grandes extensiones de pastizal, huella de la vegetación autóctona y los usos tradicionales del suelo. También se describe la existencia de pequeñas agrupaciones de pino piñonero de repoblación (forman parte del arbolado actual del campo) y vegetación asociada a cauces en la ribera del Arroyo de los Majuelos, principalmente juncos churreros y en menor medida espadañas, zarzamoras majuelos y rosas silvestres con la presencia de ejemplares aislados de chopos y fresnos.

Con la construcción del campo de golf, la composición y distribución de las unidades de vegetación han sufrido cambios, veamos como lo hace en las especies de avifauna.

Durante el seguimiento en la fase operacional, en Golf Santander se han identificado 72 especies de aves diferentes. Este valor supera al número de especies reflejadas en el inventario publicado en el Estudio de Impacto Ambiental perteneciente al Proyecto de Campo de Golf en el Campus Financiero del Banco Santander.

Comparando ambos listados de especie (Figuras 1 y 2), observamos que la construcción y posterior naturalización de los márgenes de los cursos de agua y lagos ha permitido la presencia de órdenes de aves ligadas a la presencia de agua no presentes en el inventario original del Estudio de Impacto. Entre estas destacan la familia de las ardeidas (garzas, garcetas y garcillas), el orden gruiformes (grullas y fochas), el orden caradrifome (gaviotas y gaviones) y sobre todo las anátidas (azulones, cucharas y porrones), que pueden ser contempladas todos los meses del año.

**LISTADO DE AVES INVENTARIADAS EN GOLF SANTANDER 2006-2011**

| *Nombre científico* | Nombre común |
|---|---|
| **Orden CICONIIFORMES.** | |
| **Familia CICONIDAE** | |
| *Ciconia ciconia* | Cigüeña común |
| **Familia ARDEIDAE** | |
| *Egretta garzetta* | Garceta común |
| *Bubulcus ibis* | Garcilla bueyera |
| *Ardea cinerea* | Garza real |
| **Orden PODICIPEDIFORMES** | |
| **Familia PODICIPEDIDAE** | |
| *Tachybaptus ruficollis* | Zampullín común |
| **Orden ANSERIFORMES** | |
| **Familia ANATIDAE** | |
| *Anas platyrhynchos* | Anade real |
| *Anas clypeata* | Cuchara común |
| *Aythia ferruginea* | Porrón moñudo |
| *Aythia ferina* | Porrón europeo |
| *Tadurna ferruginea* | Tarro canelo |
| **Orden GRUIFORMES** | |
| **Familia RALLIDAE** | |
| *Fulica altra* | Focha común |
| *Gallinula chloropus* | Gallineta común |
| **Familia GRUIDAE** | |
| *Grus grus* | Grulla común |
| **Orden PELECANIFORMES** | |
| **Familia PHALACROCOCIDAE** | |
| *Phalacrocórax aristotelis* | Cormorán grande |
| **Orden CHARADRIIFORMES** | |
| **Familia LARIDAE** | |
| *Larus marinus* | Gavión atlantico |
| *Larus argentatus* | Gaviota argentea |
| *Larus cachinnans* | Gaviota patiamarilla |
| **Familia CHARADRIIDAE** | |
| *Charadrius dubius* | Chorlitejo chico |
| **Familia SCOLOPACIDAE** | |
| *Actitis hypoleucos* | Andarrios chico |
| **Orden ACCIPITRIFORMES** | |
| **Familia ACCIPITRIDAE** | |
| *Milvus milvus* | Milano real |
| *Milvus migrans* | Milano negro |
| *Buteo buteo* | Busardo ratonero |

| *Nombre científico* | Nombre común |
|---|---|
| **Orden FALCONIFORMES** | |
| **Familia FALCONIDAE** | |
| *Falco tinnunculus* | Cernícalo vulgar |
| **Orden GALLIFORMES** | |
| **Familia PHASIANIDAE** | |
| *Alectoris rufa* | Perdiz roja |
| *Coturnix coturnix* | Codorniz |
| **Orden COLUMBIFORMES** | |
| **Familia COLUMBIDAE** | |
| *Columba palumbus* | Paloma torcaz |
| *Columba domestica* | Paloma domestica |
| *Streptotelia turtur* | Tórtola europea |
| **Orden CUCULIFORMES** | |
| **Familia CUCULIDAE** | |
| *Cuculus canorus* | Cuco |
| **Orden STRIGIFORMES** | |
| **Familia STRIGIDAE** | |
| *Athene noctua* | Mochuelo común |
| **Orden APODIFORMES** | |
| **Familia APODIDAE** | |
| *Apus apus* | Vencejo común |
| **Orden CORACIIFORMES** | |
| **Familia MEROPIDAE** | |
| *Merops apiaster* | Abejaruco europeo |
| **Familia UPUPIDAE** | |
| *Upupa eops* | Abubilla |
| **Orden PICIFORMES** | |
| **Familia PICIDAE** | |
| *Picus viridis* | Pito real |
| **Orden PSITTACIFORMES** | |
| **Familia PSITTACIDAE** | |
| *Myopsitta monachus* | Cotorra argentina |
| *Psittacula krameri* | Cotorra de kramer |
| **Orden PASSERIFORMES** | |
| **Familia EMBERIZIDAE** | |
| *Milaria calandra* | Triguero común |

| *Nombre científico* | Nombre común |
|---|---|
| **Orden PASSERIFORMES** | |
| **Familia HIRUNDINIDAE** | |
| *Hirundo rustica* | Golondrina común |
| *Hirundo daurica* | Golondrina daurica |
| *Delinchon urbica* | Avión común |
| **Familia MOTACILLIDAE** | |
| *Motacilla alba* | Lavandera blanca |
| *Motacilla cinerea* | Lavandea cascadeña |
| *Motacilla flava* | Lavandera boyera |
| *Anthus pratensis* | Bisbita común |
| *Anthus trivialis* | Bisbita arborea |
| **Familia TURDIDAE** | |
| *Erithacus rubicola* | Petirrojo |
| *Luscinia megarhynchos* | Ruiseñor común |
| *Saxicola torquata* | Tarabilla común |
| *Turdus merula* | Mirlo común |
| *Phoenicurus phoenicurus* | Colirojo real |
| **Familia SYLVIDAE** | |
| *Cettia cetti* | Ruiseñor batardo |
| *Sylvia atricapita* | Curruca capirotada |
| *Acrocephalus scirpaceus* | Carricero común |
| *Acrocephalus arundinaceus* | Carricero tordal |
| *Phylloscopus trochilus* | Mosquitero musical |
| *Phylloscopus colybita* | Mosquitero común |
| *Hippolais polyglota* | Zarcero común |
| **Familia PARIDAE** | |
| *Parus caeruleus* | Herrerillo común |
| *Parus major* | Carbonero común |
| **Familia LANIIDAE** | |
| *Lanius excubitor* | Alcaudón norteño real |
| **Familia CORVIDAE** | |
| *Pica pica* | Urraca |
| *Corvus monedula* | Grajilla |
| **Familia STURNIDAE** | |
| *Sturnus unicolor* | Estornino negro |
| **Familia PASSERIDAE** | |
| *Passer domesticus* | Gorrión común |
| *Passer montanus* | Gorrión molinero |
| *Petronia petronia* | Gorrión chillón |
| **Familia FRINGILLIDAE** | |
| *Fringilla coelebs* | Pinzón vulgar |
| *Serinus serinus* | Verdecillo |
| *Carduelis chloris* | Verderón común |
| *Carduelis carduelis* | Jilguero |
| *Carduelis cannabina* | Pardillo común |
| **Familia MUSCIPIDAE** | |
| *Ficedula hipoleuca* | Papamoscas cerrojillo |

*Figura 1. Lista de especies inventariadas en fase preoperacional (Fuente: Estudio de Impacto Ambiental)*

En la fase de funcionamiento, el orden más representado es, como cabía esperar, el de los paseriformes y entre éstos las familias de motacílidos (lavanderas), fringílidos (pinzones, verdecillos y verderones), silbidos (mosquiteros y ruiseñores) y los omnipresentes páridos (herrerillos y carboneros) y paséridos (gorriones).

La diversidad de rapaces disminuye significativamente, evidenciándose la presencia de milanos y ratoneros como representantes de la familia Accipitridae; el cernícalo vulgar como único representante de los falcónidos, y el mochuelo europeo como rapaz nocturna.

Como cabe esperar, los datos de campo también correlacionan la observación de ciertas especies con la presencia de determinados microhábitats existentes en el campo, generalmente siguiendo un patrón alimenticio (disponibilidad de alimento), de protección ante depredadores (disponibilidad de refugios naturales) e incluso reproductivo en determinadas aves acuáticas.

Con los inventarios realizados hasta la fecha, enumeramos a continuación las especies más características (con mayor probabilidad de observación) de cada una de las zonas o microhábitats presentes en la zona:

- Praderas cespitosas sin presencia de estrato arbustivo/subarbustivo. Durante todo el año, en las zonas sin presencia o con pies aislados de arbustos, se observan frecuentemente especies insectívoras y granívoras, entre los que destacan el mirlo (*Turdus merula*), la lavandera blanca (*Motacilla alba)* y con menos frecuencia sus dos especie hermanas *(M. cinerea y M. flava*) y la abubilla (*Upupa epops*).
  Con mayor frecuencia en los meses primaverales y estivales es habitual observar la cigüeña blanca (*Ciconia ciconia*), bandadas de estornino negro (*Sturnus unicolor*) y de avión común (*Delinchon urbica*) y golondrina común (*Hirundo rustica*) en los meses de primavera.
- Pastizal con presencia de estrato arbustivo-subarbustivo o herbáceas altas. La mayor naturalidad de estas zonas, la posibilidad de encontrar refugio y de alimento permite observar las dos especies de mamíferos característicos de Golf Santander: la liebre ibérica (*Lepus granatensis*) y el conejo de monte (*Oryctolagus cuniculus*).
  En estas zonas es común observar aves como la perdiz roja (*Alectoris rufa*), la paloma torcaz (*Columba palumbus*), la tórtola europea (*Streptotelia turtur*), las dos especies de bisbita (*Anthus pratensis y A. trivialis*) y de mosquitero (*Phylloscopus trochilus y P. collybita*) que armonizan el silencio dominante con sus trinos y cantos.
- Zonas arboladas (bosques de galería, pinares). Las formaciones de árboles en Golf Santander se encuentran muy bien recreadas diferenciándose tres formaciones principales: pinares de pino carrasco y pino piñonero, encinares con presencia de olivo y algunas frondosas (acacia, olmo y chopo) y bosques de galería en torno a los cursos de agua con la presencia de álamos, fresnos, alisos y sauces. Estas formaciones ofrecen refugio y alimento para gran cantidad de pequeñas aves insectívoros y granívoras como el go-

**LISTADO DE AVES INVENTARIADAS EN GOLF SANTANDER 2006-2011**

| *Nombre científico* | Nombre común |
|---|---|
| **Orden CICONIIFORMES.** | |
| **Familia CICONIDAE** | |
| *Ciconia ciconia* | Cigüeña común |
| **Familia ARDEIDAE** | |
| *Egretta garzetta* | Garceta común |
| *Bubulcus ibis* | Garcilla bueyera |
| *Ardea cinerea* | Garza real |
| **Orden PODICIPEDIFORMES** | |
| **Familia PODICIPEDIDAE** | |
| *Tachybaptus ruficollis* | Zampullín común |
| **Orden ANSERIFORMES** | |
| **Familia ANATIDAE** | |
| *Anas platyrhynchos* | Anade real |
| *Anas clypeata* | Cuchara común |
| *Aythia ferruginea* | Porrón moñudo |
| *Aythia ferina* | Porrón europeo |
| *Tadurna ferruginea* | Tarro canelo |
| **Orden GRUIFORMES** | |
| **Familia RALLIDAE** | |
| *Fulica altra* | Focha común |
| *Gallinula chloropus* | Gallineta común |
| **Familia GRUIDAE** | |
| *Grus grus* | Grulla común |
| **Orden PELECANIFORMES** | |
| **Familia PHALACROCOCIDAE** | |
| *Phalacrocórax aristotelis* | Cormorán grande |
| **Orden CHARADRIIFORMES** | |
| **Familia LARIDAE** | |
| *Larus marinus* | Gavión atlantico |
| *Larus argentatus* | Gaviota argentea |
| *Larus cachinnans* | Gaviota patiamarilla |
| **Familia CHARADRIIDAE** | |
| *Charadrius dubius* | Chorlitejo chico |
| **Familia SCOLOPACIDAE** | |
| *Actitis hypoleucos* | Andarrios chico |
| **Orden ACCIPITRIFORMES** | |
| **Familia ACCIPITRIDAE** | |
| *Milvus milvus* | Milano real |
| *Milvus migrans* | Milano negro |
| *Buteo buteo* | Busardo ratonero |

| *Nombre científico* | Nombre común |
|---|---|
| **Orden FALCONIFORMES** | |
| **Familia FALCONIDAE** | |
| *Falco tinnunculus* | Cernícalo vulgar |
| **Orden GALLIFORMES** | |
| **Familia PHASIANIDAE** | |
| *Alectoris rufa* | Perdiz roja |
| *Coturnix coturnix* | Codorniz |
| **Orden COLUMBIFORMES** | |
| **Familia COLUMBIDAE** | |
| *Columba palumbus* | Paloma torcaz |
| *Columba domestica* | Paloma domestica |
| *Streptotelia turtur* | Tórtola europea |
| **Orden CUCULIFORMES** | |
| **Familia CUCULIDAE** | |
| *Cuculus canorus* | Cuco |
| **Orden STRIGIFORMES** | |
| **Familia STRIGIDAE** | |
| *Athene noctua* | Mochuelo común |
| **Orden APODIFORMES** | |
| **Familia APODIDAE** | |
| *Apus apus* | Vencejo común |
| **Orden CORACIIFORMES** | |
| **Familia MEROPIDAE** | |
| *Merops apiaster* | Abejaruco europeo |
| **Familia UPUPIDAE** | |
| *Upupa eops* | Abubilla |
| **Orden PICIFORMES** | |
| **Familia PICIDAE** | |
| *Picus viridis* | Pito real |
| **Orden PSITTACIFORMES** | |
| **Familia PSITTACIDAE** | |
| *Myopsitta monachus* | Cotorra argentina |
| *Psittacula krameri* | Cotorra de kramer |
| **Orden PASSERIFORMES** | |
| **Familia EMBERIZIDAE** | |
| *Milaria calandra* | Triguero común |

| *Nombre científico* | Nombre común |
|---|---|
| **Orden PASSERIFORMES** | |
| **Familia HIRUNDINIDAE** | |
| *Hirundo rustica* | Golondrina común |
| *Hirundo daurica* | Golondrina daurica |
| *Delinchon urbica* | Avión común |
| **Familia MOTACILLIDAE** | |
| *Motacilla alba* | Lavandera blanca |
| *Motacilla cinerea* | Lavandea cascadeña |
| *Motacilla flava* | Lavandera boyera |
| *Anthus pratensis* | Bisbita común |
| *Anthus trivialis* | Bisbita arborea |
| **Familia TURDIDAE** | |
| *Erithacus rubicola* | Petirrojo |
| *Luscinia megarhynchos* | Ruiseñor común |
| *Saxicola torquata* | Tarabilla común |
| *Turdus merula* | Mirlo común |
| *Phoenicurus phoenicurus* | Colirojo real |
| **Familia SYLVIDAE** | |
| *Cettia cetti* | Ruiseñor batardo |
| *Sylvia atricapita* | Curruca capirotada |
| *Acrocephalus scirpaceus* | Carricero común |
| *Acrocephalus arundinaceus* | Carricero tordal |
| *Phylloscopus trochilus* | Mosquitero musical |
| *Phylloscopus colybita* | Mosquitero común |
| *Hippolais polyglota* | Zarcero común |
| **Familia PARIDAE** | |
| *Parus caeruleus* | Herrerillo común |
| *Parus major* | Carbonero común |
| **Familia LANIIDAE** | |
| *Lanius excubitor* | Alcaudón norteño real |
| **Familia CORVIDAE** | |
| *Pica pica* | Urraca |
| *Corvus monedula* | Grajilla |
| **Familia STURNIDAE** | |
| *Sturnus unicolor* | Estornino negro |
| **Familia PASSERIDAE** | |
| *Passer domesticus* | Gorrión común |
| *Passer montanus* | Gorrión molinero |
| *Petronia petronia* | Gorrión chillón |
| **Familia FRINGILLIDAE** | |
| *Fringilla coelebs* | Pinzón vulgar |
| *Serinus serinus* | Verdecillo |
| *Carduelis chloris* | Verderón común |
| *Carduelis carduelis* | Jilguero |
| *Carduelis cannabina* | Pardillo común |
| **Familia MUSCIPIDAE** | |
| *Ficedula hipoleuca* | Papamoscas cerrojillo |

*Figura 2. Lista de especies observadas en Golf Santander durante el Seguimiento en la fase de funcionamiento*

rrión molinero (*Passer montanus*), especies de gran colorido como el jilguero (*Carduelis carduelis*), el carbonero común (*Parus major*), el herrerillo común (*Parus caureleus*), los ruiseñores (*Cettia cetti* y *Luscinia megarhynchos*), el verderón (*Carduelis chloris*), el ruidoso verdecillo (*Serinus serinus*), y el bonito petirrojo (*Erithacus rubicola*).

En la zona con presencia de pino es posible observar el pito real (*Picus viridis*), mientras que en las formaciones de galería cercanas a los lagos es posible contemplar el abejaruco europeo (*Merops apiaster*) y el alcaudón norteño real (*Laxinus excubitor*). Entre las rapaces habituales destacan el busardo ratonero (*Buteo buteo*), el cernícalo (*Falco tinnunculus*), el milano (*Milvus migrans y Milvus milvus*) y el mochuelo europeo (*Athene noctua*).

- Zonas con presencia de vegetación palustre (lagos y cursos de agua). La presencia de agua y la profusión de la vegetación asociada en las orillas, principalmente juncos, carrizos y espadañas, permite la observación de numerosas especies características de avifauna acuática durante todas las estaciones del año. En estas zonas, muy bien mantenidas en Golf Santander, se evidencia la reproducción de varias de éstas aves, como por ejemplo el azulón o ánade real (*Anas platyrynchos*), el zampullín común (*Aythia ferina*), la gallineta común (*Gallinula chloropus*) y la focha común (*Fulica altra*). Es muy frecuente contemplar otras especies como el porrón moñudo (*Aythia fuligula*), el porrón europeo (*Aythia ferina*), la cuchara común (*Anas clypeata*) y el tarro canelo (*Tadurna ferruginea*).

  En torno a los lagos del campo y en determinados meses es posible ser testigo del uso de éstos por parte de diversas aves migratorias como grullas, garzas, gaviones y gaviotas. Entre éstas aves, han podido observarse con mayor frecuencia ejemplares de grulla común (*Grus grus*), cormorán grande (*Phalacocrórax aristotelis*), gaviota argéntea (*Larus argentatus*), gavión atlántico (*Larus marinus*); garza real (*Ardea cinerea*), garceta común (*Egretta garzetta*) y garcilla bueyera (*Larus cachinnans*).

Con el objetivo de divulgar los trabajos realizados en Golf Santander y hacer público los resultados, y dentro de un marco de divulgación y sensibilización ambiental de sus clientes, se decide diseñar un folleto interpretativo de la fauna y flora presente en Golf Santander, donde se destacan las especies de avifauna más comunes y las formaciones vegetales recreadas en el campo.

Además, Golf Santander pone a disposición del público los resultados de los inventarios realizados por ICMA, S.L. en la dirección electrónica de la organización: *http://www.golfsantander.es/ESP/Documentos/UltimoCenso.pdf*

## Discusión y conclusiones

La composición de la fauna presente en una determinada zona supone un indicador ecológico del estado de conservación de dicha zona o ámbito. Por lo tanto es lógico deducir que el estudio de lo cambios que se producen en la fauna

a raíz de la construcción de un proyecto de las características de un campo de golf es clave a la hora de diagnosticar el impacto real que el proyecto tiene sobre su entorno inmediato.

Un control y vigilancia de la fauna en la fase de construcción, dentro del marco de Plan de Vigilancia Ambiental (PVA) son determinantes para garantizar que las medidas diseñadas se instauran adecuadamente y permiten el diseño de medidas correctoras adicionales. Algunas de las medidas relacionadas con la fauna, establecidas en Golf Santander han sido las siguientes:

1. Designación de zonas alejadas de las zonas de juego con intervención antrópica mínima, constituyendo zonas de refugio, cobijo, alimentación y nidificación.
2. Creación de corredores de conexión entre las zonas de refugio y con el resto del campo de golf mediante plantaciones de árboles y setos de forma discontinua creando un paisaje parcheado.
3. Creación de zonas "tampón" en torno a las zonas tranquilas para la fauna, que amortigüen las alteraciones sobre ellas.
4. Diseño de los bordes de los lagos, con poca profundidad e inclinados fomentando el establecimiento de la vegetación acuática y con ello la fauna asociada.
5. Establecimiento de vegetación flotante y sumergida favoreciendo la oxigenación del agua y el acceso a la fauna.

*Figuras 3 y 4. Instalación de islas vegetantes flotantes en Golf Santander*

6. Instalación de nidos prefabricados en los árboles para la anidación de diferentes especies de aves.

El seguimiento y evaluación durante los primeros años de la fase operacional, suponen una buena herramienta para la verificar la eficacia de las medidas compensatorias, correctoras y preventivas diseñadas en el proyecto original, y en caso de resultar necesario, permitir un rediseño a tiempo de dichas medidas.

Por otro lado, la aplicación de un sistema de evaluación de efectividad mediante la observación de indicadores faunísticos, puede soportar una inversión de futuro, que permite detectar las medidas con una óptima relación coste-beneficio e incorporar el principio de mejora continua de los diseños y proyectos futuros.

*Tabla 1. Tabla comparativa de los dos listados de avifauna*

| | Total | Acuáticas |
|---|---|---|
| Nº de spp inventariadas en ESIA (Fase preoperativa) | 64 | 0 |
| Nº de spp inventariadas en SEGUIMIENTO | 72 | 19 |
| Nº de spp observadas en ambos casos | 42 | 0 |
| Nº de spp inventariadas en ESIA no presentadas en fase operacional | 22 | 0 |
| Nº de spp inventariadas en SEGUIMIENTO no presentes en fase preoperacional | 30 | 19 |

En este caso concreto de Golf Santander, a la vista de los resultados reflejados en las Figuras 1, 2 y 5, se puede concluir que en lo que a avifauna se refiere, las actuaciones (medidas correctoras) llevadas a cabo durante la fase de construcción del campo han permitido observar un 65% de las aves inventariadas en la fase de preoperacional, valor al que hay que añadir las 30 especies inventariadas no presentes en el inventario del estudio de impacto, 19 de las cuales son las aves ya comentada muy ligadas a la presencia de cursos de agua y lagos.

## Referencias bibliográficas

(1) Hume, R. 2007. Guía de Campo de lA Aves de España y de Europa. Ed. Omega, Barcelona.
(2) Beaman, M., S. Madge, 1998. Aves de Europa, norte de África y Próximo Oriente. Ed. Omega, Barcelona.
(3) Tellería, J. L. 1986. Manual para el censo de vertebrados terrestres. Ed Raíces. Madrid.
(4) Iñigo, A., O. Infante, J. Valls, y J. C. Atienza, 2008. Directrices para la redacción de planes e instrumentos de gestión de Zonas de Especial Protección para las Aves. SEO/Birdlife, Madrid.
(5) Ministerio de Medio Ambiente. 2006. Prescripciones técnicas para el diseño de pasos de fauna y vallados perimetrales. Documentos para la reducción de la fragmentación de hábitats causados por infraestructuras de transporte, número 1. O.A. Parques Nacionales. Ministerio de de Medio Ambiente. 108 pp. Madrid.

(6) Joaquín S. Zuasti, Javier G. Fernández, Carlos S. Alonso. 2006. El Cernícalo Primilla (Falco naumanni) en Castilla y León. Distribución, población y tendencia. Junta de Castilla y León. Consejería de Medio Ambiente.155 pp.
(7) Estudio de Impacto Ambiental y Memoria de Síntesis del Proyecto de Campo de Golf del Campus Financiero del S.C.H. Boadilla del Monte (Madrid). Enero 2003.

# Vigilancia y seguimiento ambiental: conceptos y ámbitos de aplicación, esquema director y propuesta de comisión mixta de control

## *Environmental Surveillance and Monitoring: Concepts, Scoping, Structure Proposed Plan and Joint Control Commission*

**IGLESIAS MERCHÁN, C.[1 Y 8]; SOLIVERES CODINA, S.[2]; ALFAYA ARIAS, V[3].; ÁLVAREZ ARCOS, J.[4]; MOLA CABALLERO, I.[5]; MARTÍNEZ DE CASTILLA, J.[3]; ARTIGAS IRAEGUI, X.[6]; MALO ARRÁZOLA, J.E.[7]; GLARÍA GALCERÁN, G.[8]; ESCRIBANO BOMBÍN, R.[8]**

[1] ACCIONA Ingeniería, Departamento de Medio Ambiente
[2] U. Rey Juan Carlos, Departamento de Biología y Geología
[3] FERROVIAL, Dirección de Calidad y Medio Ambiente
[4] CINTRA, Calidad y Medio Ambiente
[5] OHL, Servicio de I+D+i
[6] Generalitat de Catalunya, Oficina Territorial de Evaluación Ambiental, Departamento de Medio Ambiente y Vivienda
[7] U. Autónoma de Madrid, Departamento de Ecología
[8] U. Politécnica de Madrid, Departamento de Proyectos y Planificación Rural

## Introducción

La vigilancia ambiental de los proyectos sometidos a evaluación de impacto ambiental (EIA) se identifica con frecuencia como una debilidad del procedimiento, con independencia de la tipología de los proyectos y del ámbito geográfico de los mismos. La forma habitual en que se desarrolla es motivo de preocupación en diferentes foros profesionales y, en particular, se ha puesto de manifiesto en anteriores ediciones del Congreso Nacional de Evaluación de Impacto Ambiental, como se recoge en las conclusiones de los mismos.

La legislación básica en materia de EIA sufre, en la actualidad, la paradoja de que el Reglamento que la desarrolla, el RD 1131/88 (1) es anterior al RDL 1/2008 (2) y a la Ley 6/2010 (3), de modificación del texto refundido de la Ley de Evaluación de Impacto Ambiental de proyectos, aprobado por el citado RDL 1/2008. Sin embargo, la lectura de ambos textos de referencia permite observar que en ningún caso se diferencia entre las tareas de seguimiento y vigilancia, aunque los objetivos de esta última se tratan de forma específica en el Reglamento:

1. Velar para que, en relación con el medio ambiente, la actividad se realice según el proyecto y según las condiciones en que se hubiere autorizado.
2. Determinar la eficacia de las medidas de protección ambiental contenidas en la declaración de impacto.
3. Verificar la exactitud y corrección de la evaluación de impacto ambiental realizada.

Aunque las citadas normas dejan claro que el seguimiento y la vigilancia son la herramienta que permite verificar la aplicación de las medidas preventivas, correctoras y, cuando proceda, compensatorias, durante la ejecución y fase de explotación de un proyecto sometido al procedimiento de EIA, se alternan las referencias a ambos términos (seguimiento y vigilancia) sin establecer las diferencias entre ellos, pese a que no tienen el mismo significado.

En el caso particular de las infraestructuras de transporte, tanto la declaración de impacto ambiental (DIA) como el conjunto de documentación generada durante el procedimiento de EIA se convierten en piezas básicas para la redacción del proyecto constructivo, ya que debe contemplar lo que establecen e incluir un programa de vigilancia ambiental (PVA) que sirva para controlar la ejecución de sus obras y, al menos, los primeros años de funcionamiento.

En el actual marco legislativo, los PVA son documentos de carácter obligatorio dentro del procedimiento de EIA, y deben servir para establecer el sistema que garantice el cumplimiento de las citadas indicaciones y medidas protectoras, correctoras y compensatorias, si proceden, contenidas en el estudio de impacto ambiental (EsIA). Tanto en lo referente a su ejecución como a su eficacia.

Algunas comunidades autónomas han establecido en sus respectivas normas que el desarrollo de la vigilancia ambiental será responsabilidad de la consejería competente en materia de Medio Ambiente, mientras que en otros casos continúa siendo responsabilidad del órgano sustantivo, sin perjuicio de la facultad del órgano ambiental para recabar la información que requiera para verificar dicho cumplimiento. Por otro lado, la particular distribución de competencias en materia de infraestructuras de transporte determina que, en función del promotor y del ámbito geográfico del proyecto, el papel de los órganos ambiental y sustantivo pueda recaer en la administración central, autonómica e incluso a nivel de diputación provincial.

## Material y métodos

### Vigilancia, Seguimiento Ambiental y ciclo de vida de las infraestructuras: Esquema Director

Como ya se ha indicado anteriormente, la legislación vigente no diferencia entre las funciones de la vigilancia y del seguimiento, refiriéndose indistintamente a ellas como si se tratara de la misma actividad. Sin embargo son referidas con la conjunción copulativa ‘’y’’, que coordina aditivamente elementos análogos. Es decir, consciente o inconscientemente, en la legislación básica vigente queda establecida una relación de semejanza entre dos conceptos análogos que tienen entre sí alguna coincidencia significativa (Tabla 1).

Teniendo en cuenta las matizaciones establecidas por el Diccionario de la Lengua Española, así como la duración limitada de la fase de obras frente a su posterior vida útil, sin olvidar la necesidad de vigilar y seguir distintos aspectos ambientales en ambas etapas (con participación de diferentes agentes), se pro-

*Tabla 1. Definiciones del Diccionario de la Lengua Española (4)*

| |
|---|
| Vigilancia (Del lat. *vigilant_a*): Cuidado y atención exacta en las cosas que están a cargo de cada uno. |
| Seguimiento: Acción y efecto de seguir. |
| Seguir (Del lat. **sequ_re*, de *sequi*, con la t. de *ire*): Proseguir o continuar en lo empezado. |

pone un esquema director (Figura 1) según el cual: El proyecto de construcción debería recoger el programa de vigilancia ambiental (PVA), que regirá durante la ejecución de las obras y también los criterios básicos para el seguimiento ambiental a medio y largo plazo, durante la fase de explotación, lo que constituiría el denominado programa de seguimiento (PS).

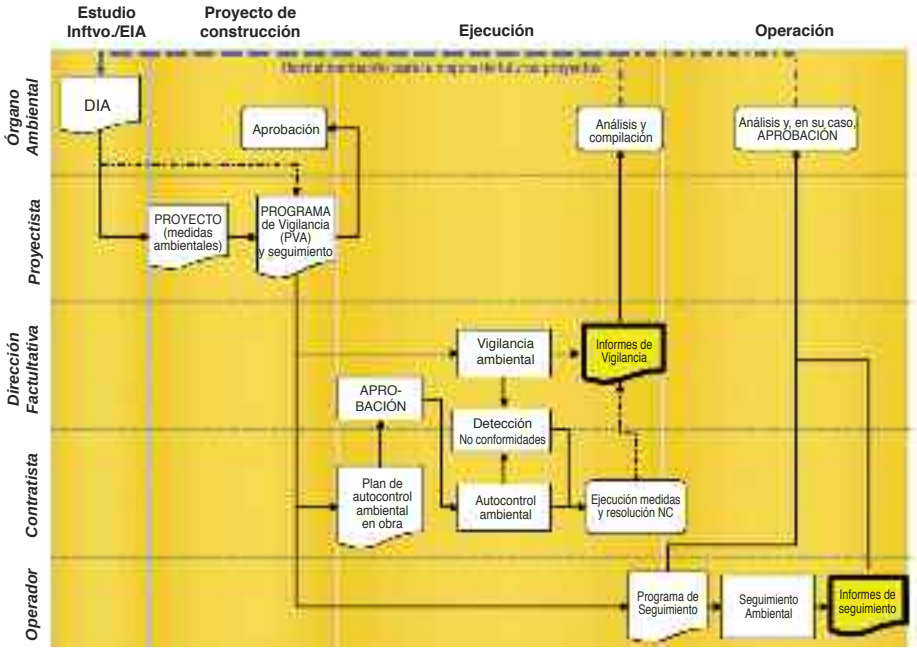



*Figura 1. Diagrama de flujo aplicado a las plantaciones en una infraestructura de transporte, los principales documentos que en cada caso se generan, así como los agentes implicados en su implementación (Fuente: Valladares* et al., *2011)*

El PVA sería de aplicación directa durante la fase de construcción (hasta la finalización del plazo de garantía de la obra) y correspondería, según el caso, a la dirección facultativa (actuando directamente o a través de una asistencia técnica) o, por ejemplo, al órgano ambiental en el caso de las Comunidades Autónomas donde la responsabilidad de esta competencia cambia de actor. Se supone que a lo largo de la ejecución de los trabajos, dirección facultativa y con-

tratista, identificarán no conformidades que serán resueltas por el último (incluyendo también aquéllas vinculadas a las medidas ambientales ejecutadas; marras, etc.). Durante la fase de construcción, las pautas y los resultados de la vigilancia ambiental deberían recogerse (como suele ser) en informes de vigilancia, redactados por la dirección facultativa según la legislación básica. De alguna forma, estos informes deberían acabar en manos del órgano ambiental, aspecto para el cual el modelo de las mencionadas comisiones mixtas se revela como un esquema eficaz de funcionamiento.

Durante la explotación de la infraestructura, el operador en el caso de carreteras o el administrador de la infraestructura en el caso de los ferrocarriles, estaría en disposición de asumir el seguimiento ambiental a medio y largo plazo, puesto que en algunas ocasiones ya realiza actividades equivalentes como consecuencia de la implantación de sus sistemas de control de la calidad. Ello permitiría optimizar los recursos disponibles en labores de seguimiento que actualmente no se realizan, e implicar a los administradores y operadores responsables de las infraestructuras en la elaboración de documentos e informes de interés para la redacción de nuevos proyectos.

## Responsabilidades y participación de los distintos agentes: Propuesta de Comisión Mixta de Concertación y Control

La amplia experiencia española en evaluación ambiental de infraestructuras de transporte, así como el nivel de desarrollo en su ejecución y puesta en servicio revela que, sin embargo, no siempre es fácil trasladar a los PVA, y menos aún a la obra y explotación de las infraestructuras, las condiciones y los objetivos y exigencias de la DIA. debido, entre otras razones, a que la fase en que se evacua la DIA es aún muy temprana en el diseño del proyecto. En ese momento es difícil tener una idea clara de cuáles van a ser las variables ambientales o las medidas correctoras que requerirán un mayor esfuerzo de monitorización en las fases de construcción y operación. Escenario que más recientemente se ha complicado, por ejemplo, con algunas de las medidas específicas contempladas en la Orden Ministerial FOM/3317/2010 (6), para la mejora de la eficiencia en la ejecución de las obras públicas de infraestructuras ferroviarias, carreteras y aeropuertos del Ministerio de Fomento. En dicha Orden se dificulta la inclusión, en fase de proyecto, de cuestiones constructivas que muchas veces no pueden definirse a nivel de estudio informativo y, por lo tanto, no se resuelven al detalle que exige la prevención, corrección o compensación de algunos impactos. En el actual contexto general, la eficacia y eficiencia de las medidas preventivas y correctoras, sí como su realización efectiva, depende en exceso del compromiso del promotor, órgano sustantivo, concesionarias, etc. circunstancia que con el tiempo, salvo honrosas excepciones, merma la confianza de agentes interesados e incluso de otros actores participantes en todo el procedimiento. Si a todo ello se le añade la dificultad de acceso a la información técnica sobre experiencias anteriores, incluso por parte de los propios actores respecto de fases aje-

nas a las que habitualmente intervienen, se intuye la generalizada demanda de mejoras en el procedimiento que contribuyan a incrementar el flujo de información. Información verificada de gran utilidad para mejorar la eficacia en la adopción de decisiones de un procedimiento de etapas tan marcadas con actores con competencias tan diferenciadas.

Como referencia positiva para la articulación de un esquema de estas características, cabe resaltar el caso de Cataluña que, en el texto de las propias DIA establece, como una condición más al proyecto, la necesidad de formalizar una Comisión Mixta de Concertación y Control (CMCC) entre el órgano ambiental y el órgano sustantivo. Esta CMCC tiene la finalidad de controlar el contenido, periodicidad, aplicación y época de realización de las medidas correctoras y de protección que señala la DIA. De esta forma, cualquier modificación sustancial del proyecto que haya de someterse a valoración, se dirime inicialmente en el seno de la CMCC: El promotor aporta los datos necesarios y justificativos del cambio solicitado, junto a una valoración ambiental y definición del grado de adecuación a la DIA realizada por la Dirección Ambiental de Obra (DAO), la CMCC se pronuncia sobre la modificación y propone al órgano ambiental la tramitación a seguir e informa sobre el cambio solicitado (Figura 2).

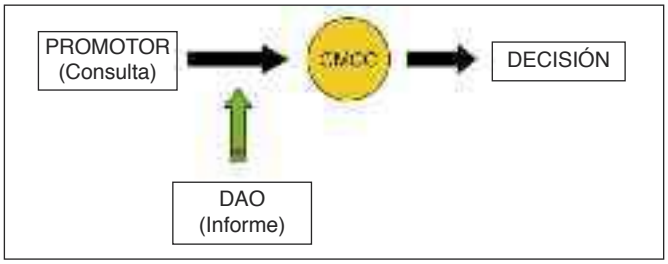



*Figura 2. Esquema de funcionamiento de la CMCC ante la consulta del promotor sobre una modificación sustancial del proyecto (Fuente: Valladares* et al., *2011)*

No obstante, en el anterior esquema de CMCC, se considera conveniente incorporar la figura de los redactores de los proyectos y de los EsIA a las citadas comisiones (Figura 3), con el objeto de lograr un flujo de información lo más eficaz posible entre todos los actores del proyecto y su procedimiento de EIA. De este modo se pondrían en valor los documentos que actualmente se generan en los trámites ambientales pero que, en el actual esquema, no son accesibles, facilitando el encuentro e intercambio de información entre actores que, de otra manera, no coincidirían. La utilidad práctica de la información así intercambiada resultaría indudable para su aplicación a futuros proyectos, tato en su redacción como para la definición de las medidas impuestas por las DIA.

El modelo propuesto para mejorar la retroalimentación del sistema y reforzar el papel de la DAO se considera compatible con las distintas normas en materia de evaluación ambiental, tanto la legislación básica como con la de aquéllas co-

munidades autónomas que, de acuerdo con sus competencias, han desarrollado ésta, quedado facultado el Ministerio de Medio Ambiente y Medio Rural y Marino para dictar cuantas disposiciones sean necesarias para el desarrollo de lo establecido en la legislación vigente, en particular en el actual Reglamento.

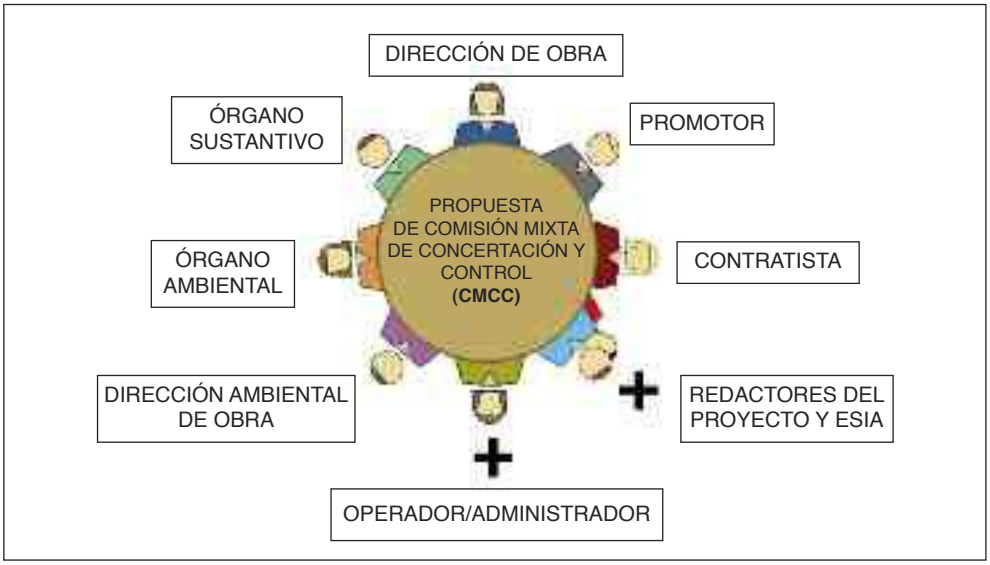



*Figura 3. Propuesta de composición de la CMCC (Fuente: Valladares* et al., *2011)*

## Discusión y conclusiones

En esta comunicación, fruto de un intenso trabajo interdisciplinar, se identifica la conveniencia de avanzar en el desarrollo de algunos aspectos normativos, como la diferenciación conceptual entre el seguimiento y la vigilancia ambiental, al objeto de promover un control más eficaz tanto en la ejecución de los proyectos como en sus primeros años de funcionamiento.

Se adoptan los proyectos de infraestructuras de transporte como marco de referencia (por la complejidad de los posibles escenarios de actores y distribución de competencias que ofrece) para plantear un esquema de comisiones mixtas de control que permita verificar el correcto desarrollo de esta etapa fundamental de la EIA, habiéndose prestado especial atención a la necesidad de optimizar los recursos realmente disponibles. El esquema director que se propone, también, permitiría que la experiencia y los conocimientos adquiridos revirtiesen sobre los mismos actores que participan en las diferentes fases, para contribuir a la mejora simultánea del procedimiento de EIA y de las técnicas aplicadas en los distintos proyectos.

## Referencias bibliográficas

(1) BOE. 1988. Real Decreto 1131/1988, de 30 de septiembre, por el que se aprueba el Reglamento para la ejecución de Real Decreto Legislativo 1302/1986, de 28 de junio, de Evaluación de Impacto Ambiental. Boletín Oficial del Estado nº 239, del miércoles 5 de octubre de 1988: 28.911-28.916.
(2) BOE. 2008. Real Decreto Legislativo 1/2008, de 11 de enero, por el que se aprueba el texto refundido de la Ley de Evaluación de Impacto Ambiental de proyectos. Boletín Oficial del Estado nº 23, del sábado 26 enero 2008: 4.986-5.000.
(3) BOE. 2010. Ley 6/2010, de 24 de marzo, de modificación del texto refundido de la Ley de Evaluación de Impacto Ambiental de proyectos, aprobado por el Real Decreto Legislativo 1/2008, de 11 de enero. Boletín Oficial del Estado nº 73, del jueves 25 de marzo de 2010: 28.590-28.597.
(4) RAE. 2001. Diccionario de la Lengua Española. 22ª edición. Espasa Calpe. Madrid.
(5) Valladares et al. 2011. Restauración ecológica de áreas afectadas por infraestructuras de transporte. Bases científicas para soluciones técnicas. Fundación Biodiversidad. Madrid.
(6) BOE. 2010. Orden FOM/3317/2010, de 17 de diciembre, por la que se aprueba la Instrucción sobre las medidas específicas para la mejora de la eficiencia en la ejecución de las obras públicas de infraestructuras ferroviarias, carreteras y aeropuertos del Ministerio de Fomento. Boletín Oficial del Estado nº 311, del jueves 23 de diciembre de 2010: 106.224-106.256.

# Propuesta metodológica para el seguimiento del impacto ambiental de parques eólicos sobre los vertebrados voladores

## *Methodological Proposal for Monitoring Wind Farm Impact over Flying Vertebrates*

**J. DOMÍNGUEZ DEL VALLE**
**F. CERVANTES PERALTA**
Ideas Medioambientales, SL, Albacete

## Introducción

En España la energía eólica ha experimentado un desarrollo continuado durante las últimas décadas pero, aunque los impactos básicos sobre los vertebrados voladores son conocidos y similares en cualquier parte del mundo (1, 2, 3, 4, 5, 6, 7); en nuestro país existe un importante vacío de información que se refleja en la falta de datos precisos sobre el número de ejemplares y proporción de especies afectadas, las ubicaciones o hábitats más conflictivos o las configuraciones más problemáticas. Esto es debido a que los protocolos de seguimiento ambiental no incluyen técnicas estandarizadas que faciliten la comparación entre centrales eólicas y permitan una coordinación global. Así, dependiendo del nivel de requerimiento de las administraciones, se aplican una amplia variedad de metodologías que en muchas ocasiones son erróneas, incompletas o que dedican escasos esfuerzos. Igualmente, es común la utilización de criterios de seguimiento generalistas y poco focalizados que estarían pasando por alto problemas específicos asociados a las características de cada proyecto. Esta situación podría estar condicionando una gestión inadecuada la energía eólica al aportar información sesgada y poco precisa de la realidad de los impactos (ver 7).

Se propone un protocolo para la evaluación del impacto sobre los vertebrados voladores cuya finalidad es: informar de las pautas mínimas que debe incluir cualquier seguimiento de parques eólicos en funcionamiento, favorecer la comparación de los resultados entre centrales y permitir la adaptación de los esfuerzos a las características individuales de las ubicaciones.

## Material y métodos

La información ha sido extraída de una revisión bibliográfica a partir de la fecha de publicación de (8). Se ha considerado los trabajos que cumplían con alguna de las siguientes premisas: 1) si se trataba de revisiones o manuales especiali-

zados publicados por instituciones o administraciones con competencias en materia de medio ambiente, 2) si eran artículos de revistas científicas indexadas, y 3) si eran trabajos especializados que por el número de citas de otros autores merecían ser tenidos en cuenta.

La bibliografía refleja que los impactos básicos de las centrales eólicas sobre los vertebrados voladores son: a) mortalidad por colisión con estructuras de la central, b) alteraciones y desplazamientos por molestias humanas, c) efecto barrera sobre las rutas migratorias o de desplazamiento local, y d) deterioro y pérdida de hábitat (e.g. 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7). La propuesta metodológica se ha centrado en la mortalidad por colisión por considerarse el más significativo de ellos y ser objeto común de seguimiento en los proyectos eólicos.

## Mortalidad por colisión

Es la consecuencia más significativa y afecta a aves y murciélagos cuando colisionan con partes de los aerogeneradores o estructuras asociadas. La incidencia de la mortalidad depende en gran medida de la ubicación de la central y varía de una especie a otra. Los taxones con mayor exposición al impacto son aquellos de baja maniobrabilidad en el vuelo, alta longevidad, baja tasas de renovación y con problemas de conservación (1, 2, 3, 4, 5, 6, 7). Así, determinar la magnitud del impacto supone estimar el número de colisiones producidas en los parques a través de la detección de cadáveres, restos o ejemplares heridos en el entorno de los aerogeneradores (4, 6, 7, 9, 10, 11, 12).

### Técnica de búsqueda

Como superficie de búsqueda se establecerán parcelas de terreno cuadradas o circulares con centro en la base del aerogenerador y cuyo lado o diámetro será como mínimo igual a la altura de la turbina (buje + rotor). La prospección se realizará a pie mediante transectos paralelos separados entre sí 6 metros, logrando una banda efectiva de búsqueda de 3 metros a cada lado del observador (Figura 1). En caso necesario, el ancho de banda podrá adaptarse a las características de las especies objetivo y/o a la cobertura de vegetación del suelo. Igualmente, la superficie de búsqueda podrá adecuarse a las condiciones del terreno en zonas inaccesibles o donde la prospección no sea rentable en términos de esfuerzo-eficacia, seleccionando subparcelas de búsqueda y extrapolando los resultados al área total. A cada aerogenerador se le dedicará entre 20 y 40 minutos de prospección según características del terreno y superficie a cubrir.

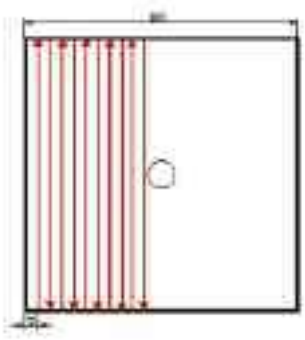


*Figura 1. Esquema de búsqueda de colisiones*

Dando que el cansancio del observador es un factor que afecta a la detección, es recomendable no prospectar más de 10-15 turbinas por jornada y persona (4, 6, 7, 9, 10, 11, 12).

### Tamaño y selección de la muestra

El número de aerogeneradores (muestra) que se prospectarán sobre el total del parque eólico (población) deberá quedar supeditado a la obtención de representatividad y robustez estadística. Para ello pueden aplicarse los procedimientos matemáticos habituales para el cálculo del tamaño muestral en función de las solicitudes del muestreo (nivel de probabilidad y error deseado) (4, 6, 9, 10). No obstante, proponemos unas pautas orientativas como punto de partida: a) en centrales con 10-15 aerogeneradores se prospectarán el 100%, b) en parques de entre 15-30 turbinas al menos un 70% de las máquinas, y c) en parques de más de 30 aerogeneradores como mínimo el 50%.

Tras establecer el tamaño muestral, los aerogeneradores se seleccionarán sobre el total (población) de forma aleatoria y se revisarán sistemáticamente en cada jornada de búsqueda. En el caso de que se conozcan aerogeneradores problemáticos o algún otro tipo de tendencia -estacional, estructural, etc.-, los esfuerzos podrán enfocarse considerando dichas variables. También puede ser de interés establecer una muestra estratificada en función de los hábitats dominantes, las distintas posiciones, configuraciones, etc. (4, 6, 7, 9, 10, 12).

El tiempo entre visitas de prospección a los aerogeneradores de la muestra se establecerá a partir de las tasas de desaparición de los cadáveres en cada parque y momento del año (si procede) (6). Por ejemplo, se puede determinar el periodo entre búsquedas de quirópteros como el intervalo en el que son depredados el 50 % de los señuelos (Figura 2). En los casos en los que no se disponga de información previa, recomendamos que la periodicidad mínima de prospección sea semanal y que esta se ajuste en función de los resultados de las tasas de desaparición obtenidas tras el primer año de vigilancia (e.g. permanencia del 30%-50% de señuelos).

### Estimación de la mortalidad

La detección de los cadáveres y la mortalidad real no presentan una relación directa pues se ven influenciados por factores como sucesos de mortalidad esporádicos, distintas tasas de desaparición, variabilidad en la detección del observador, características de la vegetación, densidad y tipo de depredadores, climatología, etc. Así, es necesario aplicar métodos estadísticos que aproximen la mortalidad real a la observada ajustando los sesgos en la localización de restos (4, 6, 9, 10, 13, 14, 15). En este sentido, las revisiones que han tratado el tema aconsejan aplicar las formulas estadísticas más actuales que vayan incorporando en su estructura las correcciones de los errores intrínsecos a la detec-

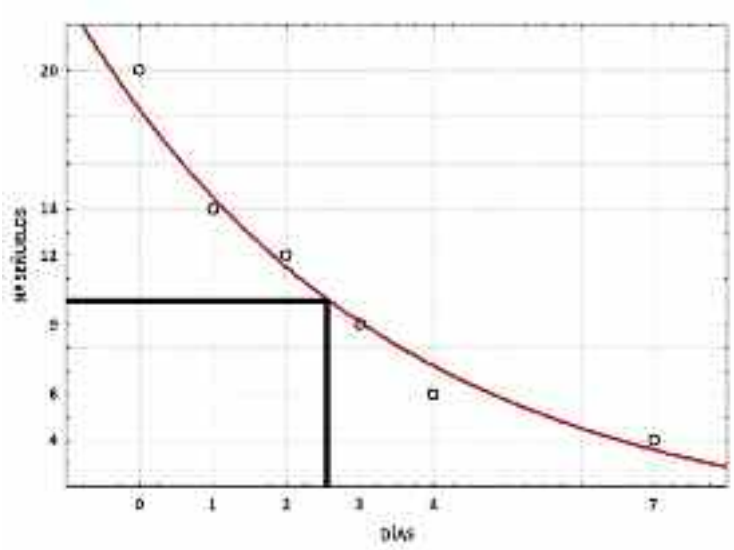



*Figura 2. Ejemplo del cálculo de desaparición del 50% de los señuelos a partir de la curva de depredación (línea roja)*

ción (6, 7, 13). Varios trabajos recientes han abordado la cuestión exponiendo alternativas matemáticas y soluciones para mejorar el ajuste (ver bibliografía). En esta metodología se propone el uso de la fórmula desarrollada por (16) para el cálculo de la mortalidad estimada, que incluyen índices/tasas de detección y desaparición de cadáveres (Tabla 1).

Esta fórmula asume que las prospecciones de la muestra son periódicas y equidistantes en el tiempo. De este modo la mortalidad observada ($\overline{c}$) es el número medio de colisiones por aerogenerador y año:

$$\overline{c} = \frac{\sum_{i=1}^{n} c_1}{k}$$

La estimación de la *tasa de desaparición de cadáveres* ($\overline{t}$) queda definida como el tiempo medio de permanencia de los cadáveres en el sitio hasta que desaparecen:

$$\overline{t} = \frac{\sum_{i=1}^{s} t_1}{s - s_c}$$

La *tasa de detección de incidencias* por parte de los observadores (*P*) se expresa como la proporción entre los cadáveres detectados en el experimento y los realmente colocados. Finalmente, la ecuación a partir de la cual se obtendrá el índice de mortalidad estimada por aerogenerador y año es:

$$m = \frac{\bar{c}}{\hat{\pi}}$$

donde $\hat{\pi}$ es el valor que incluye los ajustes del índice de eficacia de búsqueda y las tasas de desaparición de cadáveres, asumiendo que los tiempos de desaparición ($t_i$) de los cadáveres siguen una distribución exponencial. Bajo estas consideraciones la probabilidad de detección quedaría definida como:

*Experimentos de desaparición-depredación*

Para la obtención de las tasas de desaparición-depredación se utilizarán al menos 20-30 señuelos que se colocarán en las superficies de búsqueda de los aerogeneradores a prospectar y proporcionalmente a los tipos de hábitat presentes. Los señuelos serán cadáveres frescos que se dividirán equitativamente según su tamaño (4, 6, 7, 9, 10, 14, 15). Se exponen unos ejemplos de señuelos tipo:

- Cadáveres de ratones con fenotipo salvaje para establecer la tasa de desaparición de murciélagos. También podrían usarse piezas de carne de tamaño y coloración similar al de un quiróptero.
- Cadáveres de aves de pequeño tamaño con plumajes pardos, como crías o juveniles de codorniz, para el calculo de las tasas en aves pequeñas
- Cadáveres de palomas, evitando aquellas con plumajes más llamativos, para determinar la tasa de desaparición de aves medianas.
- Cadáveres de gallinas, patos o pavos de diferentes tamaños y de colores pardos y apagados para establecer la tasa de desaparición de aves grandes.

Para el correcto desarrollo de este punto deben contemplarse una serie de directrices:

1. Los señuelos se colocarán proporcionalmente a la superficie de los hábitats. La selección de los aerogeneradores dentro de cada tipo de hábitat se hará de forma aleatoria.
2. Lo señuelos se dispondrán en posiciones y distancias distintas para cada aerogenerador y siempre dentro de la superficie de búsqueda. Para evitar acumulaciones que atraigan a los depredadores y sesguen los datos, no se colocará más de un señuelo por máquina y si es necesario se dividirá el experimento en fases.
3. Las visitas a los señuelos serán diarias durante los 5 primeros días desde su colocación, y posteriormente cada 2 días hasta llegar a 15 días de seguimiento. La dilatación excesiva en las búsquedas de control provoca un incremento de la media de permanencia por la persistencia de cadáveres poco atractivos para los depredadores.

4. Los experimentos se realizarán como mínimo una vez en paisajes con pocas variaciones estacionales, y un mínimo de dos veces en paisajes con fuertes cambios estacionales (e.g. primavera e invierno). Los trabajos se deberán repetir en las mismas condiciones al menos cada dos años.
5. El tamaño y tipo de los señuelos puede adaptarse en función de las especies objeto de seguimiento.

*Experimentos de detección*

La tasa de detección muestra la relación entre los cadáveres existentes en la zona y los que realmente son detectados por el observador. Para ello se distribuirán aleatoriamente en los aerogeneradores un mínimo de 20-30 señuelos de diferentes tipos. Posteriormente, un segundo observador, que desconoce la ubicación y el número de los señuelos, comenzará las prospecciones de las turbinas siguiendo la metodología descrita. La proporción entre los señuelos localizados y los colocados proporcionará la tasa de eficacia de búsqueda. Los experimentos se deberán repetir cada dos años y en los periodos que abarque el seguimiento. Dado que las tasas de detección son exclusivas de cada observador, en aquellos parques donde trabajen varios técnicos deberán obtenerse tasas de detección para cada uno de ellos (4, 6, 7, 9, 10, 15).

*Tabla 1. Variables de la ecuación de Erickson et al. (2004)*

| Variables | |
|---|---|
| $m$ | Media del número de cadáveres por aerogenerador y periodo ajustados con las tasas de desaparición y eficacia de búsqueda. |
| $\overline{c}$ | Número medio de cadáveres observados por aerogenerador y año |
| $c_i$ | Número de cadáveres detectados en la unidad de búsqueda por periodo de estudio |
| $n$ | Número de unidades de muestreo |
| $\hat{\pi}$ | Estima de la probabilidad de que los cadáveres estén presentes y sean localizados |
| $k$ | Número de aerogeneradores prospectados |
| $s$ | Número de cadáveres utilizados en los experimentos |
| $s_c$ | Número de cadáveres colocados que permanecen tras $n$ días que dure el experimento |
| $\overline{t}$ | Media de los días que permanecen los cadáveres del experimento antes de desaparecer |
| $t_i$ | Días que permanece cada cadáver del experimento antes de desaparecer |
| $I$ | Media del intervalo en días entre jornadas de búsqueda |
| $p$ | Proporción de cadáveres localizados por los observadores respecto al total colocado (en tanto por uno) |

## Consideraciones generales

- El esfuerzo deberá adaptarse a las características de los parques de manera que cada trabajo disponga de suficientes jornadas como para cubrir adecuadamente los objetivos descritos.
- La mortalidad directa es un factor que actúa durante toda la vida útil del parque eólico por lo que es recomendable extender la vigilancia a todo el periodo de explotación. El seguimiento debería ser intensivo durante los 3 primeros años, y adaptarse en función de la información obtenida en los años anteriores para el resto de la vida útil de la central.
- La mortalidad estimada deberá expresarse por Megavatio generado, siguiendo el estándar internacional, que reduce los sesgos de interpretación atribuidos a las diferentes características de funcionamiento, estructurales y de diseño de los parques eólicos.
- Lo periodos de seguimiento y su duración se establecerán por separado para aves y murciélagos a partir de información previa o tras el primer año de vigilancia. En función de las especies de interés, el seguimiento podrá ajustarse a las épocas más relevantes para cada una de ellas y diseñarse con diferentes duraciones.
- Todos los seguimientos deben incluir experimentos para la obtención de las tasas de detección y de desaparición de cadáveres. Puesto que se trata de un componente que evoluciona con el tiempo, es importante que las ecuaciones estén actualizadas y contrastadas.
- Se desaconseja el uso de metodologías generalistas y poco precisas que dificultan la obtención de información, apostando por seguimientos concretos y enfocados a la problemática de cada área de estudio.

## Referencias bibliográficas

(1) Langston, R. H. W., Pullan, J. D. 2003 Windfarms and birds: an analysis of the effects of wind farms on birds, and guidance on environmental assessment criteria and site selection issues. Report T-PVS/Inf (2003) 12, by BirdLife International to the Council of Europe,Bern Convention on the Conservation of European Wildlife and Natural Habitats. RSPB/BirdLife in the UK. 58 pp.

(2) Langston, R. H. W., Pullan, J. D. 2006. Effects of wind farms on birds. Royal Society for Protection of Birds-BirdLife International. Nature and environment, No. 139. Convention on the Conservation of European Wildlife and Habitats. Council of Europe Publishing. 89 pp.

(3) Drewit, A. L., Langston, R. H. W. 2006. Assessing the impacts of wind farms on birds. *Ibis*, 148: 29-42.

(4) Rodrigues, L., Bach, L., Dobourg-Savage, M. J., Goodwin, J., Harsbusch, C. 2008. Guidelines for consideration of bats in wind farm projects. EUROBATS Publication Series, 3 (English version). UNEP/EUROBATS Secretariat, Bonn, Germany, 51 pp.

(5) European Commission. 2010. Wind Energy Developments and Natura 2000. Guidance Document. October 2010. 116 pp.
(6) Wind Turbine Guidelines Advisory Committee 2010. Wind Turbine Guidelines Advisory Committee Recommendations. Submitted to the Secretary of the Interior through U.S. Fish and Wildlife Service on March 4. 162 pp.
(7) Atienza, J. C., Martín Fierro, I., Infante, O., Valls, J., Domínguez, J. 2011. Directrices para la evaluación del impacto de los parques eólicos en aves y murciélagos (versión 3.0). SEO/BirdLife, Madrid.
(8) Anderson, R., Morrison, M., Sinclair, K., Strickland, D. (Coord.) 1999. Studying Wind Energy/Bird Interactions: A Guidance Documents. National Wind Coordinating Committee. Avian Subcommitte. Washington D.C. 94 pp.
(9) Committee on Environmental Impacts of Wind-Energy Projects (Eds.). 2007. *Environmental Impacts of Wind-Energy Projects*. National Research Council of the National Academies. The National Academies Press. Washington, D.C. 394 pp.
(10) California Energy Commission and California Department of Fish and Game. 2007. California Guidelines for Reducing Impacts to Birds and Bats from Wind Energy Development. Committee Draft Report. California Energy Commission, Renewables Committee, and Energy Facilities Siting Division, and California Department of Fish and Game, Resource Management and Policy Division. 165 pp.
(11) Canadian Wildlife Service. 2007. Recommended Protocols for Monitoring Impacts of Wind Turbines on Birds. Environment Canada. Canadian Wildlife Service. Gatineau, Quebec. 33 pp.
(12) Bat Conservation Trust. 2009. Determining the potential ecological impact of wind turbines on bat populations in Britain. Phase 1 Report Final. May 2009. 158 pp.
(13) Huso, M. P. H. 2010. An estimator of wildlife fatality from observed carcasses. *Environmetrics,* 22(3): 318-329.
(14) Smallwood, K. S., Bell, D. A., Snyder, S. A., DiDonato, J. E. 2010. Novel Scavenger Removal Trials Increase Wind Turbine–Caused Avian Fatality Estimates. *Journal of Wildlife Management,* 74(5): 1.089-1.097.
(15) Smallwood, K. S. 2007. Estimating wind turbine-caused bird mortality. *Journal of Wildlife Management,* 71(8): 2.781-2.791.
(16) Erickson, W. P., Jeffrey, J., Kronner, K., Bay, K. 2004. Stateline wind project wildlife monitoring final report, July 2001-December 2003. Technical report peer-reviewed by a submitted to FPL Energy, the Oregon Energy Facility Siting Council, and the Stateline Technical Advisory Committee. 105 pp.

# Los macroinvertebrados acuáticos, excelentes indicadores biológicos en las EIA: diferentes casos de estudio en el este de la Península Ibérica

## *Aquatic Macroinvertebrates, Excellent Biological Indicators in the EIA: Different Case Studies in East of Iberian Peninsula*

**J. RUEDA SEVILLA**
AGULIM, Universidad de Valencia, Valencia

**C. MOLINA URIBE**
EcoReport, Valencia

## Introducción

Los macroinvertebrados acuáticos son los "grandes" desconocidos del medio continental. Son organismos no vertebrados que superan el tamaño de un milímetro (1). Los estudios de evaluación de impacto ambiental (EIA), como en cualquier estudio faunístico, se centran en obtener la máxima información sobre la diversidad faunística existente. Cualquier alteración en los sistemas acuáticos continentales, sean ríos, lagos, humedales, charcas, etc., puede incidir sobre la presencia o frecuencia de aparición de la fauna de invertebrados.

*Figuras 1 y 2. Un endemismo valenciano, Palaemonetes zariquieyi (izquierda), y una especie muy rara, Orchestia stephenseni (derecha). O. stephenseni fue la primera cita en aguas continentales de la Comunidad Valenciana (CV) en un estudio realizado tras la restauración de un humedal costero (2). (fotos J. Rueda)*

Son excelentes indicadores biológicos por diferentes razones. Son sensibles a los cambios de calidad de las aguas y están en la base de la pirámide trófica. En ambientes sanos, existe una estrecha relación entre diversidad biológica y complejidad nutricional (3 y 4). Si ocurre un acontecimiento catastrófico como un vertido, pueden morir, dejarse llevar por la corriente o desplazarse volando a otro lugar más apropiado. Los invertebrados revelan lo que sucede en el medio

acuático. Son un testigo de la calidad pasada y presente del agua. Pueden detectarse nuevas especies, exóticas, endémicas (fig 1), raras o muy raras (fig 2). En el presente trabajo, se pretende dar una visión de la importancia de los macroinvertebrados en las EIA, aportando diferentes casos estudiados en el Este peninsular.

## Material y métodos

En ambientes permanentes, algunos invertebrados llegan a vivir hasta 80 años (p.e.: *Anodonta anatina*). La mayoría de ellos posee una vida asociada a los cambios estacionales. En ambientes temporales, el ciclo vital puede completarse en pocas semanas. Algunos se desarrollarán en 4 años (p.e.: odonato de la familia Cordulegasteridae, 5).

En una EIA, se requieren muestreos trimestrales que abarcan un ciclo anual. Se evita un sesgo de la información tratada a posteriori. Existen dos tipos de información imprescindible en las EIA: la diversidad biológica o "inventario faunístico" y la calidad del sistema acuático en cuestión.

Para el muestreo de macroinvertebrados acuáticos se utiliza una red de mano de 250 $\mu$m de luz de poro en todos los hábitats diferenciados. Varios autores describen el protocolo completo (6). Al finalizar, se lava todo el material de muestreo en lejía al 10% para no transportar organismos de un punto de muestreo a otro. Una vez en el laboratorio se determinarán los organismos hasta el máximo nivel taxonómico.

Para los ríos, se utiliza el índice de calidad Iberian BioMonitoring Working Party (IBMWP; 7), sólo requiere el nivel de familia. Es un índice biológico basado en la presencia de determinadas familias. Cada una posee una puntuación relacionada con su sensibilidad a la contaminación. Cuanto mayor es la sensibilidad, mayor es la puntuación. Al final, se obtiene un valor que corresponde a la suma de todos los taxones. Ese valor indica una clase de calidad biológica para el punto estudiado.

Para el índice del modo de nutrición (IMN; 3), se necesita el nivel de género. Este índice puede utilizarse en todo tipo de sistemas acuáticos. En este caso, se agrupan nutricionalmente los taxones en diez grupos. En el paso siguiente, se obtendrán frecuencias de aparición de los diferentes grupos nutricionales. En un medio acuático saludable, el valor de las frecuencias es equilibrado. En un medio distorsionado, uno o varios grupos obtendrán valores altos. En un caso extremo de contaminación, un único grupo dominará el sistema. Dichas frecuencias se procesarán para obtener un valor de 0 a poco más de 100 (3). El máximo corresponde a una excelente calidad nutricional del medio acuático. También en este caso indicará una clase de calidad, esta vez relacionada con el estado trófico del lugar. Se distribuyen de mejor a peor calidad nutricional según sea "clase I" a "clase V" respectivamente.

En las EIA, es conveniente llegar hasta el nivel específico para obtener un exhaustivo inventario faunístico. Toda la información obtenida se utilizará en la ca-

racterización del ambiente implicado en la evaluación. La primera corresponde al número de taxones presentes en la muestra y se denomina Riqueza faunística (Riq). El siguiente paso consiste en calcular el índice de diversidad de Shannon: H' (8). Este índice considera tanto la variedad de especies como la distribución de los organismos de esas especies (9).

Para completar el estudio se realiza un análisis de componentes principales (PCA) que mostrará en una gráfica como se distribuyen las muestras en un espacio bidimensional. Se realiza mediante el programa PAST (10). Se puede ver como se ordenan los diferentes tipos de ambientes acuáticos en relación a los parámetros biológicos y nutricionales.

## Resultados

Se aportan resultados obtenidos en un estudio sobre la influencia de piscifactorías sobre la calidad del agua de los ríos receptores mediante el uso de la fauna de macroinvertebrados como indicadores (11). De un total de catorce piscifactorías, situadas en la cuenca del Ebro, se seleccionaron dos al azar (Tabla 1). En ambos casos, fueron semejantes. En la muestra de aguas arriba de la captación (AA), el valor es más alto que aguas abajo del vertido (AB). Las diferencias no son muy acusadas pero se observan pequeñas variaciones en la calidad del agua que pueden ser detectadas. El Iberian Average Score Party (IASPT) constituye un complemento del IBMWP al aportar información sobre el tipo de comunidad dominante en el tramo estudiado (12). Se calcula dividiendo el valor del IBMWP por el número de taxones implicados. Los valores obtenidos indican que la mayoría de taxones existentes en las aguas son sensibles a la contaminación cuando son altos.

*Tabla 3. Resultados de la calidad del agua de dos piscifactorías seleccionadas. P1 = piscifactoría 1; P2 = piscifactoría 2; AA = aguas arriba de la toma; AB = aguas abajo del vertido; IBMWP = índice de calidad.; IASPT = valor que expresa la tolerancia media de las familias presentes en una localidad (13)*

| Piscifactoría | Municipio | Provincia | IBMWP | IASPT | Clases calidad | Taxones |
|---|---|---|---|---|---|---|
| P1AA | Brieva | La Rioja | 153 | 6,38 | Muy buena | 24 |
| P1AB | Brieva | La Rioja | 140 | 6,09 | Muy buena | 23 |
| P2AA | Palou | Lleida | 180 | 5,45 | Muy buena | 33 |
| P2AB | Palou | Lleida | 148 | 5,10 | Muy buena | 29 |

Para las aguas estancadas, se aportan resultados obtenidos en el estudio de 25 embalses de la cuenca del río Júcar (14). Con los resultados del IMN, Riq, H' y las frecuencias de aparición de los diferentes grupos nutricionales, se realizó un análisis de componentes principales (PCA). Una vez más, se obtuvo una exce-

lente discriminación de los embalses según los valores indicadores de los invertebrados acuáticos. La Figura 3 aporta una distribución de las muestras en un espacio biológico-nutricional bidimensional. Ningún embalse obtiene la clase I de calidad nutricional según el IMN (3). Se observan embalses que presentan una calidad de clase II. Se orientan hacia valores altos del IMN, H'y Riq. En este sentido se sitúan también la mayor parte de los grupos nutricionales. En el lado opuesto existe un gradiente de peor calidad (clase V) hacia los organismos limnívoros (L). La elipse pequeña (trazo discontinuo) destaca los de mayor eutrofia: los hiper-eutróficos. Los invertebrados limnívoros (L) son unos excelentes indicadores relacionados con gran cantidad de materia orgánica. Es el grupo más alejado de H', Riq e IMN. Los predadores y omnívoros se establecen en un eje opuesto a los limnívoros. Indican una mejor calidad del fondo de los embalses.

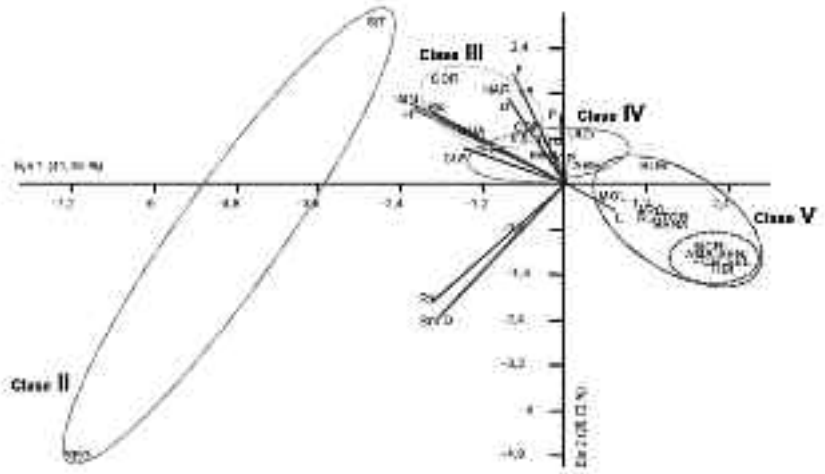



*Figura 3. Análisis de componentes principales (PCA) de 25 embalses de la cuenca del río Júcar. Las elipses representan clases de calidad según los valores del IMN. Grupos nutricionales; P = Predadores; F = filtradores; O = omnívoros; ChP = Chupadores Predadores; Rs = Raspadores; Rm = Ramoneadores; D = Detritívoros; L = Limnívoros. Las muestras en letras mayúsculas corresponden a las iniciales de los embalses de la CHJ*

Otro estudio sobre la diversidad de los macroinvertebrados acuáticos se realizó tras la ejecución de un embalse (15). Se destacó la presencia de *Austropotamobius pallipes* en las aguas del río intervenido (fig 4). En un segundo muestreo, tras la tala de pinos que ocupaban el futuro vaso de inundación, se observaron numerosos ejemplares muertos de la especie protegida. Todos los rastrojos abandonados en el cauce (fig 5), provocaron un agotamiento del oxígeno en sus aguas a causa de la descomposición de la materia orgánica.

*Figura 4 y 5. Cangrejo autóctono (Austropotamobius pallipes) y el vaso del embalse del tramo de río intervenido cubierto de rastrojos. (fotos: J. Rueda)*

En otros estudios se pudieron detectar especies exóticas (11), nuevas citas (2), especies protegidas (15) e incluso una posible nueva especie para la ciencia (16). En estudios posteriores a la ejecución de obras se constata la desaparición de poblaciones de especies protegidas por una EIA sin contemplar macroinvertebrados (17).

## Discusión y conclusiones

En las EIA, raramente se incluyen estudios de macroinvertebrados acuáticos (18). Alguna vez, hemos observado comentarios como los que siguen: “Mientras se carece de la información básica necesaria para valorar las comunidades faunísticas de invertebrados, …” (19)”.

En ocasiones, se realiza un único muestreo. En estos casos se obtiene una información sesgada (20). La consecuencia más directa puede ser la pérdida irreversible de biodiversidad (17). Las actuaciones deben permitir el asentamiento de otras especies sin eliminar las existentes (21).

La importancia de los estudios previos a las actuaciones estriba en la obtención de una información de la diversidad y del estado ecológico y biológico de los sistemas acuáticos. Permite realizar una evaluación del impacto ambiental que indicará cómo minimizar nuestra interferencia sobre el medio natural. El estudio de los macroinvertebrados acuáticos como indicadores biológicos pasa a ser imprescindible en las EIA de futuras actuaciones (22). Además, mediante su uso, se puede comparar la información obtenida y extrapolarla durante y tras el desarrollo de las obras. En un estudio previo (EIA), se aconseja un muestreo cada tres meses (4 campañas). El estudio mínimo se situaría en dos campañas (marzo y junio).

Para una evaluación de impacto exhaustiva, se debería realizar un seguimiento del sistema. Un nuevo estudio verificará la diversidad inicial. Debe realizarse en las mismas condiciones y lugares al finalizar las obras. En actuaciones con incidencia directa o indirecta sobre el sistema acuático (explotaciones mineras, piscifactorías, EDAR o similar), los muestreos se realizarían en dos campañas mientras dure la actividad: marzo y junio. Del mismo modo que se realizan controles fisicoquímicos continuados en las EDAR, piscifactorías y otras activi-

dades, deberían comprobarse los vertidos mediante indicadores biológicos a través de estudios periódicos de macroinvertebrados. En restauración de humedales, la vigilancia continuaría durante un periodo de 5 años con un único muestreo anual en el periodo de mayo-junio.

## Referencias bibliográficas


(1) Tachet, H., Richoux, P., Bournaud, M., Usseglio-Polatera, P. 2000. Invertébrés d'eau douce. Systématique, biologie, écologie. CNRS Editions. Paris. 588 pp.

(2) Rueda, J., Aguilar-Alberola, J. A., Mezquita, F. 2006, Contribución al conocimiento de los Crustáceos (Arthropoda, Crustacea) de las Malladas de la Devesa del Parque Natural de la Albufera (Valencia). *Boln. Asoc. Esp. Ent*., 30 (1-2): 9-29.

(3) Rueda, J., López, C., Hernández, R. 2005. Evaluación de la calidad de los ecosistemas acuáticos a partir del modo de nutrición (IMN) de sus macroinvertebrados. Una adaptación para la educación secundaria. *Didáctica de las ciencias experimentales y sociales*, 19: 103-114.

(4) Rueda, J., Hernández, R. 2008. Caracterización de la estructura trófica de los macroinvertebrados del río Júcar y sus tributarios en la provincia de Albacete mediante la aplicación del índice del modo de nutrición (IMN). *Sabuco*, 6: 53-70.

(5) Askew, R. R. 2004. The dragonflies of Europe (revised edition). Harley Books, Martins, Great Horkesley, Colchester, Essex. 308 pp.

(6) Jáimez-Cuéllar, P., Vivas, S., Bonada, N., Robles, S., Mellado, A., Álvarez, M., Avilés, J., Casas, J., Ortega, M., Pardo, I., Prat, N., Rieradevall, M., Sáinz-Cantero, C., Sánchez-Ortega, A., Suárez, M. L., Toro, M., Vidal-Abarca, M. R., Zamora-Muñoz, C., Alba-Tercedor, J. 2004, Protocolo GUADALMED (PRECE). *Limnética*, 21 (3-4): 187-204.

(7) Alba-Tercedor, J., Jáimez, P., Álvarez, M., Avilés, J., Bonada, N., Casas, J., Mellado, A., Ortega, M., Pardo, I., Prat, N., Rieradelvall, Mª., Robles, S., Sáinz, C E., Sánchez, A., Suárez, Mª L., Toro, M., Vidal, Mª R., Vivas, S., Zamora, C. 2004. Caracterización del estado ecológico de ríos mediterráneos ibéricos mediante el índice IBMWP (antes BMWP'). *Limnetica,* 21 (3-4): 175-185.

(8) Shannon, C. E., Weaver, W. 1969.The matematical teory of comunication. University of Illinois Press, Illinois, 125 pp.

(9) Carmona, M. J., Oltra, R., Rojo, C., Romo, S., Serra, M. 1996. Prácticas de ecología. Publ. Univ. Valencia, Valencia,117 pp.

(10) Hammer, Ø., Harper, D. A. T., Ryan, P. D. 2001. PAST: Paleontological Statistics Software Package for Education and Data Analysis. *Palaeontologia Electronica,* 4 (1): 9 pp.

(11) Rueda, J., Vera, P., Sanchís, D., Martí, T., Molina, C., Ripollés, F., Arnau, A., Arrazola, C., Polo, N., Sánchez, N. 2010. Comunidades de macroinvertebrados acuáticos asociados a 14 piscifactorías de la cuenca del Ebro. XV Congreso de la Asociación Ibérica de Limnología (AIL), Azores, Portugal).

(12) Gallardo, A., Shaw, E. 2008, Calidad del agua en el arroyo Guadalquitón y otros cauces de San Roque: aplicación de los índices IBMWP e IASPT. *Almoraina*, 37: 85-95.

(13) Armitage, P. D., Moss, D., Wright, J. F., Furse, M. T. 1983. The performance of a new biological water quality score system base don macroinvertebrates over a wide range of unpolluted running-water sites. *Wat. Res*., 17 (3): 333-347.
(14) Rueda, J., Rojo, C., Piñón, A., Villalba, A., Gandía, M. A. 2008. Estudio de los invertebrados bentónicos de 25 embalses del ámbito de actuación de la Confederación Hidrográfica del Júcar. XIV Congreso de la Asociación Ibérica de Limnología (Huelva, España).
(15) Rueda, J. 2007. Invertebrados asociados al cangrejo autóctono "*Austropotamobius pallipes*" del barranco de Tosquilla (Mora de Rubielos, Teruel) (informe global año 2006). Juan Rueda Sevilla (AGULIM) para Càdec Ambiental, 31 pp.
(16) Rueda, J., Roca, J. R. 2003. Macroinvertebrados acuáticos del río Martín en el área de los antiguos baños de Ariño. r-K, S.C.P. para Ecología y Ordenación del territorio, SLP. Zaragoza, 15 pp.
(17) Rueda, J. 2007. Caracterización y seguimiento de la comunidad de macroinvertebrados acuáticos en el ámbito de Baldoví (PN de l'Albufera) durante 2007. Juan Rueda Sevilla (AGULIM) para la Conselleria se Territori i Habitatge, Direcció General d'Ordenació del Territori, Área de Conservación de Espacios Naturales, 37 pp.
(18) Los Santos de Maimona, 2006. Plan general municipal de Los Santos de Maimona (Badajoz): evaluación del impacto ambiental. Ayuntamiento de Los Santos de Maimona (Badajoz). 41 pp.
(19) Lobo del Corro, T., Del Real, J. 2008. Estudio de impacto ambiental del anteproyecto para la ampliación y modernización de la EDAR del Lagares y obras complementarias. Saitec para el MMAMRM, 25 pp.
(20) Rueda, J. 2009. Calidad biológica y físico-química del entorno del Pla de les Fonts (Gandia). Comunidad Valenciana. Juan Rueda Sevilla (AGULIM) para Càdec Ambiental. 37 pp.
(21) Scshuster, C., Álvarez, E., Garcés, F. 2006. Manual de Desarrollo Sostenible, 3. Hábitat humano y biodiversidad. Fundación Santander Central Hispano, 73 pp.
(22) DOCE, 2000. Directiva del Parlamento Europeo y el Consejo de 23 de octubre de 2000 por la que se establece un marco comunitario de actuación en el ámbito de la política de aguas. DMA 2000/60/CE. Diario Oficial de la Comunidad Europea. L 327 de 22 de diciembre de 2000: 72 pp.

# La vigilancia ambiental de proyectos y actividades tipo sometidas a evaluación de impacto ambiental en Castilla-La Mancha

## *Environmental Monitoring of Projects and Activities Type Subject to Environmental Impact Assessment in Castilla-La Mancha*

**M. ANDRÉS-ABELLÁN**
**E. MARTÍNEZ-GARCÍA**
**M. E. LUCAS BORJA**
**F. R. LÓPEZ-SERRANO**
**F. A. GARCÍA-MOROTE**
**D. CANDEL-PÉREZ**
Dpto. de Ciencia y Tecnología Agroforestal y Genética,
Escuela Técnica Superior de Ingenieros Agrónomos de Albacete,
Universidad de Castilla-La Mancha, Albacete
Sección de Medio Ambiente, Instituto de Investigación en Energías Renovables,
Universidad de Castilla-La Mancha. Albacete

**A.S. GALÁN-CANO**
Delegación Provincial de la Consejería de Agricultura y Medio Ambiente,
Junta de Comunidades de Castilla-La Mancha, Albacete

**G. MORALES CARRIÓN**
Consejería de Agricultura y Medio Ambiente,
Junta de Comunidades de Castilla-La Mancha, Toledo

## Resumen

Este trabajo es el resultado de un proyecto desarrollado entre La Universidad de Castilla-La Mancha y la Consejería de Agricultura de la Junta de Comunidades de Castilla-La Mancha. El objetivo básico de este proyecto ha sido hacer un diagnóstico de los Programas de Vigilancia Ambiental (PVA) de proyectos tipo sometidos a Evaluación de Impacto Ambiental (EIA) en la región. Para ello se han analizado Estudios de Impacto Ambiental (EsIA) y Declaraciones de Impacto Ambiental (DIA) de siete proyectos tipo (parques eólicos, líneas eléctricas, actividades extractivas, plantas fotovoltaicas, centrales termosolares, explotaciones porcinas y polígonos industriales), en las cinco provincias de Castilla-La Mancha. Como resultado se han elaborado unas guías de procedimiento, sistemas de control ambiental y documentos de control operacional, que plantean valores estándares y criterios a seguir en cada actividad.

## Palabras clave

Evaluación de Impacto Ambiental, Programas de Vigilancia Ambiental, Guías de Control Ambiental.

## Introducción

Según la Normativa Europea, la Legislación Estatal y Autonómica de Castilla-La Mancha, sobre Evaluación de Impacto Ambiental (EIA), muchos son los proyectos y actividades que se han de someter a este procedimiento. Así, la Dirección General de Calidad e Impacto Ambiental de Castilla-La Mancha, ha adquirido una gran experiencia y conocimientos sobre los impactos ambientales más graves asociados a este tipo de actividades, así como de las medidas correctoras más eficaces para minimizar los impactos ocasionados, iniciándose en fases incipientes el proceso de seguimiento y vigilancia ambiental de dichas actividades.

Tras varios años de experiencia en su aplicación y teniendo en cuenta las deficiencias halladas en el seguimiento y vigilancia, la Universidad de Castilla-La Mancha junto con la Consejería de Agricultura han desarrollado el proyecto denominado "*Los programas de vigilancia ambiental de proyectos y actividades tipo sometidas a evaluación de impacto ambiental en Castilla-La Mancha*", cuyo objetivo básico ha sido analizar la situación actual de los proyectos sometidos a EIA en Castilla- La Mancha, tanto a nivel de Estudio de Impacto Ambiental (EsIA) como a nivel de Declaración de Impacto Ambiental (DIA), con el fin de hacer un diagnóstico de sus correspondientes Programas de Vigilancia Ambiental (PVA). Para ello, se han seleccionado y revisado siete proyectos tipo (Parques Eólicos, Líneas Eléctricas, Actividades Extractivas, Plantas Fotovoltaicas, Centrales Solares Termoeléctricas, Explotaciones Porcinas y Polígonos Industriales), en las cinco provincias de Castilla-La Mancha, con el fin de analizar indicadores ambientales de impacto e indicadores de control y seguimiento ambiental, y elaborar unas fichas técnicas para los Programas de Seguimiento y Vigilancia Ambiental, por tipo de proyecto.

De este modo, se ha ordenado y canalizado toda la información disponible en protocolos sencillos y estandarizados, de manera que se agilicen procedimientos y se evalúen con más objetividad y rigor los impactos ambientales de dichos proyectos tipo. Todo ello se ha formalizado con la elaboración de unas guías de procedimiento, sistemas de control ambiental y documentos de control operacional, que con claridad y rigor plantean valores estándares y criterios a seguir en cada actividad, desde todos los ámbitos de actuación (promotores, consultores y técnicos de la Administración), tanto a nivel de EsIA como de PVA.

## Material y métodos

A la hora de abordar el diagnóstico de los PVAs en Castilla-La Mancha, en primer lugar, se recopiló información de las diferentes Delegaciones Provinciales y Servicios de Calidad e Impacto Ambiental de las 5 provincias de Castilla-La Mancha. Esto es, se analizó cuales eran aquellos proyectos y actividades tipo sobre los que se debería iniciar este trabajo. Concretamente, se seleccionaron

los 7 proyectos tipo descritos anteriormente, analizando para cada uno de ellos, 5 EsIA y sus correspondientes 5 DIA. Además, con el fin de obtener más información disponible, se revisó un número variable de DIA para cada uno de los proyectos tipo (>10, en todos los casos). En segundo lugar, con la información recabada, se realizó un trabajo de gabinete, mediante el cual se elaboraron procedimientos, manuales y fichas técnicas de control, tras la identificación de indicadores de impacto e indicadores de seguimiento y control ambiental de cada uno de los citados proyectos.

De este modo, se desarrolló, para cada uno de los 7 proyectos tipo analizados, una documentación específica para cada uno de ellos, pero que mantiene una estructura genérica en todos ellos, descrita a modo de resumen ejecutivo en la "*Guía Orientativa sobre Evaluación, Seguimiento y Vigilancia de Impacto Ambiental en Castilla-La Mancha*" (1). Así, la información se estructura en 3 apartados principales:

- Guía para la tramitación de proyectos que deban someterse a EIA en Castilla-La Mancha.
- Sistema de control ambiental del PVA.
- Documentos de control operacional del PVA.

A continuación, en el apartado "Resultados" se procederá a desarrollar la información contenida en cada uno de estos documentos, desde un punto de vista genérico al conjunto de proyectos estudiados.

## Resultados

En la "*Guía para la tramitación de proyectos que deban someterse a EIA en Castilla-La Mancha*" viene recopilada la información relacionada con el procedimiento de EIA. Así, se incluye el modelo genérico de solicitud de autorización (Modelo EIA 01 de la Consejería de Agricultura) (2) que debe presentar el promotor. Paralelamente, para cada proyecto tipo, se detalla el contenido genérico del EsIA de cada uno de ellos, tal y como se especifica en el Modelo EIA 04 de la Consejería de Agricultura (2). A su vez, se incluyen una serie de prescripciones técnicas para la presentación de los proyectos, planes y solicitudes de autorizaciones necesarias en el procedimiento de EIA, siendo estas prescripciones aplicables tanto a los documentos en soporte papel como a los documentos en soporte digital. Para cada proyecto tipo, se incluye además un listado de documentos y/o autorizaciones que el promotor debe presentar para que se autorice el comienzo de las obras o la actividad, obtenidas de las DIAs analizadas, en cada una de las fases establecidas en las citadas DIAs (previamente a la autorización del proyecto, previamente al inicio de las obras, al final de la instalación y durante la fase de funcionamiento).

Paralelamente, para cada uno de los 7 proyectos tipo se desarrolló un programa de vigilancia ambiental (PVA) específico, de nominado "*Sistema de control ambiental de PVA*" con el objetivo de disponer de un referente que facilite la

correcta aplicación de la legislación, aportando prescripciones técnicas sobre objetivos, técnicas y procedimientos para evaluar la efectividad de las medidas preventivas y correctoras establecidas en relación con los diferentes proyectos y actividades tipo sometidas a EIA en Castilla-La Mancha (1). Así, en todos los casos, el PVA planteado se estructura de forma análoga a la metodología de monitorización y seguimiento de un Sistema de Gestión Ambiental (p.e. UNE-EN ISO 14.001), manteniéndose procedimientos documentados para medir y controlar de forma periódica, las actuaciones claves de las operaciones y actividades del proyecto que puedan tener un impacto significativo en el medio ambiente. Además, se incluye el registro de la información para seguir el desempeño, los controles operacionales pertinentes y la conformidad con las medidas establecidas en el PVA. De este modo, la estructura genérica del "*Sistema de control ambiental del PVA*" que se plantea, consta de los siguientes documentos:

- "*Guía de Seguimiento y Vigilancia*".
- "*Ficha de Control*".
- "*Acta de Seguimiento*".

La "*Guía de Seguimiento y Vigilancia*" es el documento principal del PVA, mediante el cuál se llevará a cabo el seguimiento y supervisión ambiental durante las fases de construcción y funcionamiento del proyecto. Este documento incluye la información necesaria, así como la forma de obtenerla e interpretarla, para la realización del conjunto de análisis, toma de datos y comprobaciones, que permitan revisar la evolución de los valores que toman los parámetros ambientales y de los que se admitieron para la implantación del proyecto, tanto durante la fase de construcción como en la de funcionamiento (1).

La información contenida en la "*Guía de Seguimiento y Vigilancia*" se desarrolla mediante el análisis de un total de 13 *Factores*, divididos en 10 factores ambientales y 3 factores de gestión, respectivamente. Dichos factores son: 1) Protección de la calidad del aire y atmósfera, 2) Protección del suelo, 3) Protección de la calidad de las aguas superficiales y subterráneas, 4) Protección de la vegetación, 5) Protección de la fauna, 6) Protección del paisaje, 7) Protección del patrimonio cultural, 8) Aceptación social del proyecto, 9) Gestión de residuos y vertidos, 10) Protección de infraestructuras, 11) Formación ambiental y 12) Medidas compensatorias. A su vez, cada uno de estos *Factores* está compuesto por un número variable de *Actuaciones a Controlar*, que definen los elementos de interés en los que se centra el seguimiento y la vigilancia. Cada una de estas *Actuaciones a Controlar* está estructurada como se detalla a continuación:

- *Fase*: Identifica la etapa de ejecución en la que se encuentra el proyecto, diferenciando entre fase de construcción y fase de funcionamiento.
- *Indicadores*: Variable o variables que pueden ser medidas o registradas, y en las cuales se propone centrar el análisis para la evaluación de la efectividad de las medidas adoptadas.

- *Frecuencia*: Señala la periodicidad con la que se deben efectuar el seguimiento de la *Actuación a Controlar*, con indicación de recomendaciones de distintas frecuencias en relación con el nivel de exigencia del seguimiento.
- *Momento de análisis*: Identifica la periodicidad con la que deben realizarse los informes ambientales, siempre que sea necesario.
- *Controles*: Se exponen los parámetros ambientales que deben ser evaluados para la consecución de los objetivos marcados en el seguimiento y la vigilancia de la *Actuación a Controlar*.
- *Acciones correctoras*: Ante un incumplimiento de los controles definidos con anterioridad, se aplicarán una serie de medidas correctoras, con el fin de solucionar la desviación encontrada.
- *Registros*: Se identificará todas aquellas evidencias documentales asociadas a cada *Actuación a Controlar*, con el fin de corroborar la correcta ejecución y desarrollo del PVA.

A continuación se expone como ejemplo en la Tabla 1, la *Actuación a Controlar* nº1: Riego periódico de la zona de obras y pistas de tránsito de vehículos y de zona de acopios de material, correspondiente al *Factor* "Protección de la calidad del aire y atmósfera", para la "*Guía de Seguimiento y Vigilancia de Parques Eólicos*".

*Tabla 1. Ejemplo de la "Guía de Seguimiento y Vigilancia": Actuación a Controlar nº1: Riego periódico de la zona de obras y pistas de tránsito de vehículos y de zona de acopios de material*

| Factor ambiental | 1. Protección de la calidad del aire y atmósfera |
|---|---|
| Actuación a controlar (01) | 1. Riego periódico de la zona de obras y pistas de tránsito de vehículos y de zona de acopios de material |
| Fase | Construcción |
| Indicadores | 1. Emisión perceptible de partículas por tránsito de vehículos |
| | 2. Acumulación significativa de polvo sobre la vegetación |
| Frecuencia | 1. En invierno, una vez por semana |
| | 2. En verano, cada 3 días |
| Momento de análisis | En cada control durante la Fase de Construcción y Fase de Funcionamiento |
| Controles | Emisión perceptible de partículas por tránsito de vehículos |
| | Presencia de acumulación significativa de polvo sobre la vegetación |
| | Riegos sobre la vegetación para eliminar el exceso de polvo |
| | Riegos sobre de caminos de salida o entrada de vehículos en la obra, zonas de instalaciones y parques de maquinaria |
| | Retirada de las acumulaciones de polvo de las cunetas y zonas de carga |
| | Nivel de polvo en la atmósfera |
| Acciones | Regar frecuentemente la zona de obras, pistas de tránsito de maquinaria y la vegetación colindante y/o aumentar la frecuencia de riegos, según el caso |
| | Incrementar los riegos en días calurosos y/o con mucho viento |
| | Sustituir el método de riego utilizado por otra alternativa más eficiente |
| Registros | 1. Fichas y/o registros de riegos localizados |

A partir de la información desarrollada en la "*Guía de Seguimiento y Vigilancia*", se desarrolla la "*Ficha de Control*" que sirve como formulario de campo para evaluar la correcta ejecución del PVA, en las fases de construcción y funcionamiento del mismo. Así, la "*Ficha de Control*" esta compuesta por los mismos *Factores* y *Actuaciones a Controlar* establecidos en la correspondiente "*Guía de Seguimiento y Vigilancia*". Cada actuación está compuesta por una serie de parámetros de control, de carácter cualitativo (respuesta afirmativa/negativa) y/o cuantitativo, así como por una demarcación que permitirá identificar (si es necesario) el lugar o zona de control en el cual se efectúa el seguimiento y las posibles observaciones que desee hacer constar el técnico responsable.

A continuación se expone como ejemplo Tabla 2, la *Actuación a Controlar* nº1: Riego periódico de la zona de obras y pistas de tránsito de vehículos y de zona de acopios de material, correspondiente al *Factor* "Protección de la calidad del aire y atmósfera", para la "*Guía de Seguimiento y Vigilancia de Parques Eólicos*".

*Tabla 2. Ejemplo de la "Ficha de Control": Actuación a controlar nº1: Riego periódico de la zona de obras y pistas de tránsito de vehículos y de zona de acopios de material*

| Factor ambiental | 1. Protección de la calidad del aire y atmósfera |
|---|---|
| Actuación a controlar (01) | 1. Riego periódico de la zona de obras y pistas de tránsito de vehículos y de zona de acopios de material |
| Controles | ¿No existe emisión perceptible de partículas por tránsito de vehículos? |
| | ❑ Sí Lugar de Control/Observaciones<br>❑ No |
| | ¿Hay ausencia de acumulación significativa de polvo sobre la vegetación? |
| | ❑ Sí Lugar de Control/Observaciones<br>❑ No |
| | ¿Se han efectuado riegos sobre la vegetación para eliminar el exceso de polvo? |
| | ❑ Sí Lugar de Control/Observaciones<br>❑ No |
| | ¿Se efectúan riegos sobre de caminos de salida o entrada de vehículos en la obra, zonas de instalaciones y parques maquinaria? |
| | ❑ Sí Lugar de Control/Observaciones<br>❑ No |
| | ¿Se efectúa la retirada de las acumulaciones de polvo de las cunetas y zonas de carga? |
| | ❑ Sí Lugar de Control/Observaciones<br>❑ No |
| | Nivel de polvo en la atmósfera |
| | ❑ No observado Lugar de Control/Observaciones<br>❑ Bajo<br>❑ Medio<br>❑ Alto |

A partir de la información obtenida de la "*Ficha de Control*" se logran identificar los aspectos e impactos de mayor riesgo que pudieran afectar negativamente el equilibrio y entorno ambiental del área donde se están realizando las actividades. Estos aspectos se identifican mediante los parámetros de control que se ejecutan negativamente, para los cuales es necesaria la implantación de una o varias medidas correctoras que solucionen el problema, recopiladas en un "*Acta de Seguimiento*", en la cual se detalle el proceso corrector. El contenido del "*Acta de Seguimiento*" es el que se detalla a continuación:

- *Información general*: Fecha y hora de seguimiento, información del proyecto (titulo, promotor, tipo de proyecto, localización), calendario de obras, etc.
- *Descripción de la no conformidad y acciones correctoras aplicadas*: Identificación de la desviación medioambiental (no conformidad) detectada para cada uno de las *Actuaciones a Controlar*, enumerando las acciones correctoras aplicables para su modificación.
- *Seguimiento fotográfico*: Se efectuará un seguimiento fotográfico de la desviación medioambiental detectada, diferenciando 3 fases: momento en que se detecta la no conformidad, acciones correctoras aplicadas y situación final.

Finalmente, y teniendo en cuenta la especial relevancia que presentan diversos aspectos ambientales, en el conjunto global de *Actuaciones a Controlar* por el PVA, así como el conjunto de documentación que el promotor debe presentar a la Autoridad competente, se consideró necesario la redacción de una documentación de referencia, denominada "*Documentos de Control del PVA*", que aporten prescripciones técnicas sobre los principales aspectos ambientales que deben implementarse en los proyectos y actividades tipo, con el fin de que el PVA se desarrolle correctamente durante las fases de construcción y funcionamiento del mismo. En dichos documentos se desarrollan, entre otros aspectos, el ámbito de aplicación, la legislación de referencia, la metodología de evaluación en campo, la cartografía relacionada, los informes ambientales asociados, así como la periodicidad en que deben ser presentados dichos informes.

## Discusión y conclusiones

Se considera que la metodología y documentación desarrollada, ha permitido ordenar y canalizar toda la información disponible, obtenida a partir de los EsIA y DIAs analizadas, en protocolos estandarizados y documentados para medir y monitorizar de forma periódica las actuaciones claves de cada uno de los proyectos tipo analizados, agilizando procedimientos y evaluando con más objetividad y rigor los impactos ambientales de dichos proyectos. No obstante, se considera oportuno y necesario seguir avanzando y profundizando en los valores estándares, así como en los criterios e indicadores ambientales a seguir en cada actividad. En este sentido, todo el material elaborado se aplicará a un pro-

yecto piloto, con el fin de comprobar directamente en campo la eficacia y efectividad de los parámetros e indicadores de control, así como de los estudios particulares del seguimiento de la evolución de los hábitats.

## Referencias bibliográficas

(1) Junta de Comunidades de Castilla-La Mancha (JCCM). Guía orientativa sobre evaluación, seguimiento y vigilancia de impacto ambiental en Castilla-La Mancha. Albacete. 2011.
(2) www.jccm.es

# Análisis de indicadores ambientales propuestos en los programas de vigilancia ambiental de proyectos y actividades tipo en Castilla-La Mancha

## *Analysis of Proposed Environmental Indicators of Environmental Monitoring Program of Projects and Activities Type in Castilla-La Mancha*

**M. ANDRÉS-ABELLÁN**
**E. MARTÍNEZ-GARCÍA**
**M. E. LUCAS BORJA**
**F. R. LÓPEZ-SERRANO**
**F. A. GARCÍA-MOROTE**
**D. CANDEL-PÉREZ**
Dpto. de Ciencia y Tecnología Agroforestal y Genética,
Escuela Técnica Superior de Ingenieros Agrónomos de Albacete,
Universidad de Castilla-La Mancha, Albacete
Sección de Medio Ambiente, Instituto de Investigación en Energías Renovables,
Universidad de Castilla-La Mancha. Albacete

**A. S. GALÁN-CANO**
Delegación Provincial de la Consejería de Agricultura y Medio Ambiente,
Junta de Comunidades de Castilla-La Mancha, Albacete

**G. MORALES CARRIÓN**
Consejería de Agricultura y Medio Ambiente,
Junta de Comunidades de Castilla-La Mancha, Toledo

### Resumen

En este trabajo se presentan parte de los resultados obtenidos en un proyecto de investigación desarrollado entre La Universidad de Castilla-La Mancha y la Consejería de Agricultura de la Junta de Comunidades de Castilla-La Mancha, sobre Programas de Vigilancia Ambiental (PVA) de siete proyectos tipo revisados en la región. Uno de los objetivos básicos del estudio ha sido analizar indicadores de control y seguimiento de actuaciones concretas por tipo de proyecto, y elaborar sus documentos y fichas de control correspondientes. Toda esta información ha permitido proponer un elenco de factores y actuaciones imprescindibles a controlar en el Seguimiento y Vigilancia Ambiental de cada proyecto tipo.

### Palabras clave

Indicadores Ambientales, Vigilancia Ambiental.

## Introducción

En el marco del proyecto titulado "*Los programas de vigilancia ambiental de proyectos y actividades tipo sometidas a evaluación de impacto ambiental en Castilla-La Mancha*", realizado entre la Universidad de Castilla-La Mancha y la Consejería de Agricultura de la Junta de Comunidades de Castilla-La Mancha, y tras el análisis de Estudios de Impacto Ambiental y de Declaraciones de Impacto Ambiental de 7 proyectos tipo de la región (Parques Eólicos, Líneas Eléctricas, Actividades Extractivas, Plantas Fotovoltaicas, Centrales Solares Termoeléctricas, Explotaciones Porcinas y Polígonos Industriales), se han elaborado Programas de Vigilancia Ambiental (PVA) para cada actividad tipo.

Dichos PVA se han desarrollado de forma análoga a la metodología de monitorización y seguimiento de un Sistema de Gestión Ambiental (p.e. Norma UNE-EN ISO 14.001), y la estructura que poseen para su aplicación a cada tipo de proyecto, consta de los siguientes documentos: i) "*Guía de Seguimiento y Vigilancia*", ii) "*Ficha de Control*" y iii) "*Acta de Seguimiento*".

En este trabajo se hace un análisis del conjunto de indicadores ambientales que componen la "*Guía de Seguimiento y Vigilancia*" de cada proyecto tipo (1), prestando especial atención al conjunto de *Actuaciones a Controlar* así como el número de *Indicadores* o variables que pueden ser medidas o registradas.

## Material y métodos

Para analizar los indicadores ambientales y las *Actuaciones a Controlar* que componen la "*Guía de Seguimiento y Vigilancia*" de cada proyecto tipo (1), se ha seguido la metodología propuesta en la comunicación "Programa de vigilancia ambiental de parques eólicos en Castilla-La Mancha". En ella se ha elaborado una documentación específica para cada tipo de proyecto, de los siete revisados, pero que mantiene una estructura genérica en todos ellos, descrita a modo de resumen ejecutivo en la "*Guía Orientativa sobre Evaluación, Seguimiento y Vigilancia de Impacto Ambiental en Castilla-La Mancha*" (1). La información se estructura en 3 apartados principales: Guía para la tramitación de proyectos que deban someterse a EIA en Castilla-La Mancha; Sistema de control ambiental del PVA; y Documentos de control operacional del PVA. A su vez, el Sistema de Control ambiental del PVA consta de tres documentos: Guía de Seguimiento y Vigilancia; Ficha de Control y Acta de Seguimiento.

La información contenida en la Guía de Seguimiento y Vigilancia se desarrolla mediante el análisis de un total de 13 *Factores*, divididos en 10 factores ambientales y 3 factores de gestión, respectivamente. Dichos factores son: 1) Protección de la calidad del aire y atmósfera, 2) Protección del suelo, 3) Protección de la calidad de las aguas superficiales y subterráneas, 4) Protección de la vegetación, 5) Protección de la fauna, 6) Protección del paisaje, 7) Protección del patrimonio cultural, 8) Aceptación social del proyecto, 9) Gestión de residuos y

vertidos, 10) Protección de infraestructuras, 11) Formación ambiental y 12) Medidas compensatorias. A su vez, cada uno de estos *Factores* está compuesto por un número variable de *Actuaciones a Controlar*, que definen los elementos de interés en los que se centra el seguimiento y la vigilancia.

## Resultados

Teniendo en cuenta el conjunto de los 7 proyectos tipo analizados, existe una gran cantidad de *Actuaciones a Controlar*, comunes a todos ellos, presentes en los diferentes *Factores* ambientales y gestión considerados. Dichas Actividades vienen recogidas en la Tabla 1.

De la Tabla anterior, se observa que los *Factores* con mayor número de actuaciones comunes son la "Protección de la Calidad del Aire y Atmósfera" y la "Protección del Suelo". No obstante, ante la diversidad de proyectos analizados (siete), y las diferencias existentes entre todos ellos, se observa que existen diferentes *Actuaciones a Controlar* específicas de cada uno de ellos. Diversos ejemplos de dichas *Actuaciones* vienen recogidas en la Tabla 2.

Paralelamente, para el conjunto de los proyectos analizados, también se analizó el número (medio) de *Indicadores* existente para cada uno de los siguientes *Factores*: 1) Protección de la calidad del aire y atmósfera, 2) Protección del suelo, 3) Protección de la calidad de las aguas superficiales y subterráneas, 4) Protección de la vegetación, 5) Protección de la fauna, 6) Protección del paisaje, 7) Protección del patrimonio cultural, 8) Aceptación social del proyecto, 9) Gestión de residuos y vertidos, 10) Protección de infraestructuras y 11) Formación ambiental. De ello se dedujo (Figura 1), que el *Factor* "Protección del Suelo" posee el mayor número de *Indicadores* de todos los *Factores* analizados. Le siguen en importancia, los *Factores* "Protección del Aire y Atmósfera", "Gestión de Residuos y Vertidos" y "Protección de las Aguas Superficiales y Subterráneas".

A su vez, se observa claramente en la Figura 2, que a mayor envergadura de los proyectos, mayor número de *Indicadores*; con la excepción de las Explotaciones Porcinas, que poseen un número de *Indicadores* intermedio.

## Discusión y conclusiones

Dentro del conjunto de los 7 proyectos tipo analizados, como era de esperar, hay un gran número de *Actuaciones a Controlar*, comunes ha todos ellos. Estas Actuaciones están relacionadas con el control de todas aquellas acciones derivadas de la implantación del proyecto en el medio ambiente, de ahí que los *Factores* más representativos son los relacionados con la protección del suelo, aire, agua y la gestión de residuos y vertidos. No obstante, cada tipo de proyecto presenta una serie de Actuaciones a Controlar intrínsecas al mismo, que aun presentando un número inferior a las Actuaciones comunes, en algunos casos presentan una especial relevancia ambiental, por lo que su control y seguimiento

*Tabla 1. Actuaciones a Controlar comunes a todos los proyectos tipo analizados*

| |
|---|
| **1. PROTECCIÓN DE LA CALIDAD DEL AIRE Y ATMÓSFERA** |
| RIEGO PERIÓDICO DE LA ZONA DE OBRAS Y PISTAS DE TRÁNSITO DE VEHÍCULOS Y DE ZONA DE ACOPIOS DE MATERIAL |
| CUBRIMIENTO DE LOS CAMIONES DE TRANSPORTE DE MATERIAL CON LONAS |
| ADECUACIÓN DE LA VELOCIDAD DE LOS VEHÍCULOS Y MAQUINARIA |
| EVITAR LAS LABORES DE TRABAJO EN CONDICIONES DESFAVORABLES |
| PROGRAMACIÓN ADECUADA DE LOS TRABAJOS |
| CONTROL DE LOS NIVELES DE EMISIÓN DE GASES Y RUIDOS DE LOS EQUIPOS |
| **PROTECCIÓN DEL SUELO** |
| CONTROL DEL BALIZAMIENTO |
| GESTIÓN DE LA TIERRA VEGETAL |
| USO DE LA TIERRA VEGETAL EXTRAÍDA |
| ALMACENAMIENTO ADECUADO DE MATERIALES |
| CONTROL DE LA UBICACIÓN DE LOS ACOPIOS |
| RESTAURACIÓN EDÁFICA |
| GESTIÓN DE SUELOS CONTAMINADOS |
| MINIMIZAR EL MOVIMIENTO DE TIERRAS |
| **3. PROTECCIÓN DE LA CALIDAD DE LAS AGUAS SUPERFICIALES Y SUBTERRÁNEAS CONTROL DE LA RED DE DRENAJE** |
| CONTROL DE LAS LABORES DE MANTENIMIENTO EN OBRA DE MAQUINARIA Y LIMPIEZA DE HORMIGONERAS |
| EVITAR ACCIONES QUE PUEDAN AFECTAR A LA CALIDAD DE LAS AGUAS |
| ACTUACIONES EN ZONA DE DOMINIO PÚBLICO HIDRÁULICO |
| **4. PROTECCIÓN DE LA VEGETACIÓN** |
| PROTECCIÓN DE LA VEGETACIÓN NATURAL EXISTENTE EN EL ENTORNO |
| RESPETO DE LA VEGETACIÓN DE INTERÉS PREEXISTENTE |
| **5. PROTECCIÓN DE LA FAUNA** |
| ALTERACIÓN DEL HÁBITAT Y COMPORTAMIENTO DE LA FAUNA PRESENTE EN LA ZONA |
| **6. PROTECCIÓN DEL PAISAJE** |
| ADECUACIÓN PAISAJÍSTICA |
| CONTROL DE LA INTEGRACIÓN PAISAJISTICA |
| **7. PROTECCIÓN DEL PATRIMONIO CULTURAL** |
| CONTROL Y SEGUIMIENTO ARQUEOLÓGICO |
| AFECCIÓN A BIENES DE DOMINIO PÚBLICO |
| **8. ACEPTACIÓN SOCIAL DEL PROYECTO** |
| ACEPTACIÓN SOCIAL DEL PROYECTO |
| **9. GESTIÓN DE RESIDUOS Y VERTIDOS** |
| GESTIÓN DE LOS RESIDUOS PELIGROSOS |
| GESTIÓN DE LOS RESIDUOS URBANOS |
| GESTIÓN DE LOS RESIDUOS INERTES |
| **10. PROTECCIÓN DE INFRAESTRUCTURAS** |
| EVITAR LA AFECCIÓN EN LAS COMUNICACIONES DE LA ZONA |
| RESTITUCIÓN DE SERVICIOS Y SERVIDUMBRES AFECTADAS |
| **11. FORMACIÓN AMBIENTAL** |
| FORMACIÓN AMBIENTAL DE LOS TRABAJADORES |

*Tabla 2. Ejemplos de Actuaciones a Controlar específicas a cada proyecto tipo analizado*

| | |
|---|---|
| **1. PROTECCIÓN DE LA CALIDAD DEL AIRE Y ATMÓSFERA** | |
| ESTUDIO ACÚSTICO DE LOS NIVELES DE RUIDO GENERADOS | P. Eólicos, A. Extractivas |
| CONTROL DE LOS NIVELES DE EMISIÓN LUMINOSA | P. Eólicos, P. Industriales |
| CONTROL DE LA VIBRACIÓN Y ONDA AÉREA GENERADA POR LAS VOLADURAS | P. Eólicos, A. Extractivas |
| PROYECTO ESPECÍFICO DE MEDIDAS CORRECTORAS CONTRA LA CONTAMINACIÓN ATMOSFÉRICA | A. Extractivas, C. Termosolares |
| CONTROL DE LOS OLORES Y EMISIONES DE AMONIACO | E. Porcinas |
| **2. PROTECCIÓN DEL SUELO** TERRENOS CON POTENCIAL DESARROLLO URBANÍSTICO | C. Termosolares |
| CORRECTA REALIZACIÓN DE ZANJAS | P. Eólicos, P. Fotovoltaicas, P. Industriales |
| CORRECTO TRATAMIENTO Y GESTIÓN DEL ESTIÉRCOL: VALORIZACIÓN COMO ABONO ÓRGANO MINERAL | E. Porcinas |
| CORRECTO TRATAMIENTO Y GESTIÓN DEL ESTIÉRCOL: COMPOSTAJE, SECADO ARTIFICIAL, ETC. | E. Porcinas |
| **3. PROTECCIÓN DE LA CALIDAD DE LAS AGUAS SUPERFICIALES Y SUBTERRÁNEAS** AUTORIZACIONES NECESARIAS PARA EL VERTIDO O CAPTACIÓN DE AGUA | A. Extractivas, C. Termosolares, E. Porcinas |
| CONTROL DE LA RED DE SANEAMIENTO Y EDAR | P. Industriales |
| CONTROL DEL CONSUMO DE AGUA | P. Industriales, C. Termoslares |
| **4. PROTECCIÓN DE LA VEGETACIÓN** GESTIÓN DE ZONAS VERDES | P. Industriales |
| **5. PROTECCIÓN DE LA FAUNA** REDUCCIÓN DEL RIESGO DE ELECTROCUCIÓN O CHOQUE DE AVES CON LA LÍNEA ELÉCTRICA DE EVACUACIÓN | P. Eólicos, L. Eléctricas, C. Termosolares, P. Fotovoltaicas, P. Industriales |
| CORRECTA REALIZACIÓN DEL CERRAMIENTO PERIMETRAL | P. Fotovoltaicas, C. Termosolares |
| UTILIZACIÓN DE PRODUCTOS FITOSANITARIOS | P. Industriales |
| **10. PROTECCIÓN DE INFRAESTRUCTURAS** MEDIDAS PREVENTIVAS DE SEGURIDAD PARA PERSONAS O VEHÍCULOS QUE FRECUENTEN LA ZONA | A. Extractivas |
| PREVENCIÓN Y CONTROL DE LA LEGIONELOSIS | C. Termosolares |
| MANTENIMIENTO DE DISTANCIA SANITARIA DE SEGURIDAD Y DISTRIBUCIÓN | |

son muy importantes durante la fase de vigilancia ambiental del proyecto. Paralelamente, en el análisis realizado se consideraron una serie de Factores (p.e. formación ambiental, aceptación social), que aun poseyendo un menor número de *Indicadores*, también deben ser considerados a la hora de abordar los PVAs.

## Referencias bibliográficas

(1) Junta de Comunidades de Castilla-La Mancha (JCCM). Guía orientativa sobre evaluación, seguimiento y vigilancia de impacto ambiental en Castilla-La Mancha. Albacete. 2011.

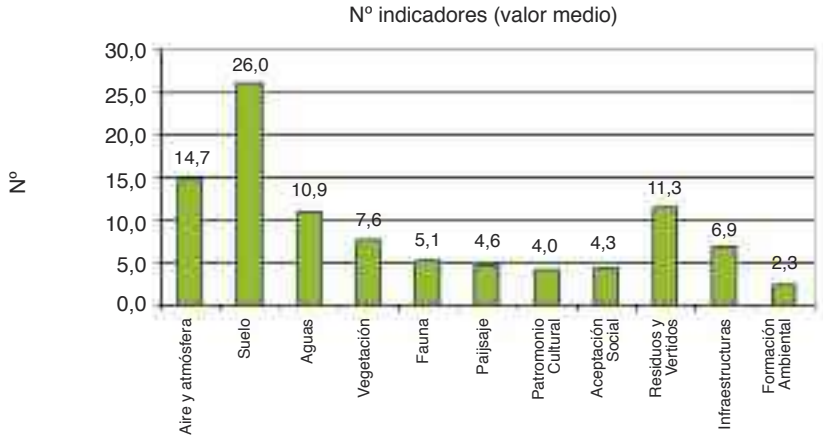



*Figura 1. Número medio de Indicadores por Factor considerado*

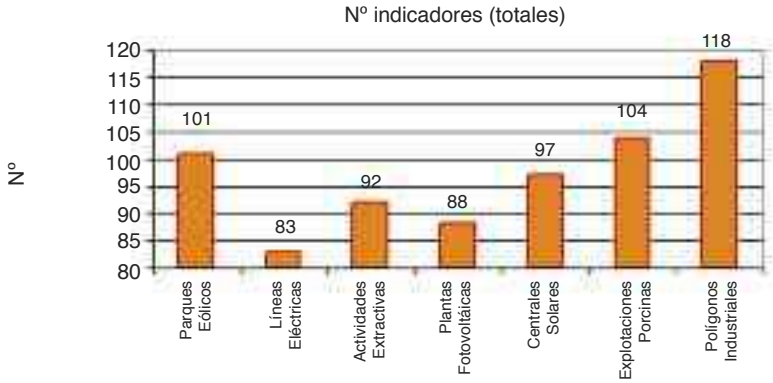



*Figura 1. Número medio de Indicadores por Factor considerado*

# Aplicación de la Directiva Marco del Agua (DMA) para el seguimiento ambiental de minicentrales

## *Implementation of Water Framework Directive (WFD) for Environmental Monitoring of Small Hydroelectric Plants*

**M. MARTÍN RUEDA**
**F. J. MARIÑO FERNÁNDEZ**
**A. CONDE**
Ingeniería y Ciencia Ambiental, Los Molinos, Madrid
Grupo Adelanta, Ourense

## Introducción

La aplicación de la Directiva Marco del Agua (DMA) en el seguimiento ambiental de minicentrales hidroeléctricas permite establecer un control y comprobación ambiental que garantice el cumplimiento de las indicaciones y medidas, protectoras y correctoras, contenidas en el estudio de impacto (EIA) o efectos ambientales (EEA) y, de forma particular, el seguimiento de la implantación del régimen de caudales ecológicos.

En el presente trabajo se aplica la DMA, como parte del Seguimiento Ambiental de los tramos afectados por las minicentrales hidroeléctricas de Cadós (T.M Bande, Ourense), Cabo (T.M. A Cañiza, Pontevedra) y Fragoso (T.M. Lobeira, Ourense) propiedad del GRUPO ADELANTA.

## Material y métodos

La necesidad de realizar Planes o Programas de Vigilancia y Seguimiento Ambiental (en adelante PVA) durante la fase de explotación o funcionamiento de un aprovechamiento hidroeléctrico (en adelante AH) viene recogida en el Decreto 327/1991, de 4 de octubre, de evaluación de efectos ambientales para Galicia y en el Real Decreto legislativo 1/2008, de 11 de enero, por el que se aprueba el texto refundido de la Ley de Evaluación de Impacto Ambiental de proyectos.

El PVA deberá establecer un sistema de control ambiental que garantice el cumplimiento de las indicaciones y medidas, protectoras y correctoras, contenidas en el estudio de impacto (EIA) o efectos ambientales (EEA). En este sentido, dentro del PVA se llevará a cabo un seguimiento de los efectos ambientales asociados con la construcción y funcionamiento del aprovechamiento durante la vida útil de la infraestructura. El Programa constituye, por tanto, un sistema de control y comprobación de la eficacia de las medidas correctoras ejecutadas durante la construcción y funcionamiento de la obra.

En el presente Informe de Seguimiento Ambiental de los Aprovechamientos Hidroeléctricos (AH) de Cadós, Cabo y Fragoso se incluyen los resultados del seguimiento para el año 2010 de los siguientes indicadores ambientales:

- Parámetros de la calidad del agua, según lo establecido en el Real Decreto 130/1997, de 14 de mayo, por el que se aprueba el Reglamento de ordenación de la pesca fluvial y de los ecosistemas acuáticos continentales (1).
- Estudio de macroinvertebrados.
- Determinación de los indicadores hidromorfológicos en el subtramo afectado (con el empleo de los índices QBR e IHF).

*Figura 1. Presa AH Cadós*

*Figura 2. Presa AH Cabo*

*Figura 3. Presa AH Fragoso*

Se ha realizado un *estudio del estado ecológico* del tramo afectado por cada uno de los AH sobre los principales elementos ambientales potencialmente afectados. Con este fin, se seleccionaron los siguientes parámetros objeto de estudio, con sus correspondientes índices e indicadores:

- Parámetros físico-químicos: mediante el muestreo de la calidad de aguas en el punto de muestreo aguas abajo de la central y aguas abajo de la presa. Donde se han medido los siguientes parámetros registrados "in situ": temperatura, oxígeno disuelto, conductividad y pH, y los siguientes parámetros analizados en laboratorio: $DBO_5$, sólidos en suspensión, cloro residual total, nitritos, ortofosfatos, zinc total, cobre soluble, amonio no ionizado y amoníaco.
- Parámetros hidromorfológicos: en este caso, se ha llevado a cabo la determinación de los índices de calidad del hábitat (índices QBR e IHF), que se basan tanto en la heterogeneidad del propio hábitat, como en la vegetación de ribera, de acuerdo con los criterios recogidos en la Instrucción de Planificación Hidrológica (IPH) (2).
- Parámetros biológicos: se ha llevado a cabo el muestreo de *macroinvertebrados* mediante la metodología utilizada para realizar los muestreos ha seguido la INSTRUCCIÓN ICA-302 MUESTREO MACROBENTOS Y DETERMINACION DEL INDICE IBMWP según la norma UNE-EN-ISO 27828:1995.
- Una vez recabado estos datos, se ha procedido a la valoración de los indicadores de calidad para la clasificación del estado ecológico del tramo afectado por el aprovechamiento, según los criterios recogidos en el Anexo V de la Directiva Marco sobre el Agua (2000/60/CE).

Los ríos estudiados se corresponden con la *Tipología 21. Ríos cántabro-atlánticos silíceos,* según la Instrucción de Planificación Hidrológica (IPH) y la Propuesta del Plan Hidrológico 2010-2015. para asignar el valor del índice QBR e IHF obtenidos, tal y como establece la DMA, se han tomado como referencia los valores establecidos para ríos clasificados en la Propuesta del Plan Hidrológico 2010-2015 como *Tipología 27 Ríos de alta montaña (*Tabla 1 y Tabla 2*)*. Para asignar el valor del índice IBMWP obtenido, se ha tomado como referencia los valores originales establecidos en la *Tipología 25. Ríos de montaña húmeda silícea (*ver Tabla 3*)*.

*Tabla 1. Valor de referencia y límite de clase para el índice QBR (se ha tomado como referencia los valores del índice para la tipología 27)*

| Tipología | Condición de referencia | Límite | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| | | Muy bueno/ bueno | Bueno/ moderado | Moderado/ deficiente | Deficiente/ malo |
| 27. Ríos de alta montaña | 94 | 0,94 | 0,70 | 0,46 | 0,24 |

## Resultados

De acuerdo a la DMA, en las Tablas 4, 5 y 6 se muestran los resultados obtenidos en cada uno de los indicadores hidromorfológicos, biológicos y físico-químicos:

*Tabla 2. Valor de referencia y limite de clase para el índice IHF (se ha tomado como referencia los valores del índice para la tipología 27)*

| Tipología | Condición de referencia | Límite | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| | | Muy bueno/ bueno | Bueno/ moderado | Moderado/ deficiente | Deficiente/ malo |
| 27. Ríos de alta montaña | 72 | 0,95 | 0,71 | 0,47 | 0,24 |

*Tabla 3. Condiciones de referencia y límites de cambio de clase de estado ecológico para el índice IBMWP (IPH, valores para la tipología 25). NOTA. MB: muy bueno; B: bueno; MO: moderado; DE: deficiente; MA: malo*

| Tipo | Elemento | Indicador | Condición referencia | Límite MB-B | Límite B-MO | Límite MO-DE | Límite DE-MA |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 27. Ríos de alta montaña | Fauna bentónica de invertebrados | IBMWP | 178 | 0,84 | 0,63 | 0,42 | 0,21 |

*Tabla 4. Resultados del índice QBR*

| Subtramo de muestreo | Valor del índice QBR | Cociente entre el valor del índice y la condición de referencia | Estado |
|---|---|---|---|
| CADÓS-1 | 100 | 1,06 | MUY BUENO |
| CABO-1 | 96 | 1,02 | MUY BUENO |
| FRAGOSO-1 | 100 | 0,94 | MUY BUENO |

*Tabla 5. Resultados del índice IHF*

| Subtramo de muestreo | Valor del índice IHF | Cociente entre el valor del índice y la condición de referencia | Estado |
|---|---|---|---|
| CADÓS-1 | 63 | 0,87 | BUENO |
| CABO-1 | 68 | 0,94 | BUENO |
| FRAGOSO-1 | 64 | 0,89 | BUENO |

*Tabla 6. Resultados del índice IBMWP*

| Subtramo de muestreo | Valor del índice IBMWP | Cociente entre el valor del índice y la condición de referencia | Estado |
|---|---|---|---|
| CADÓS-1 | 272 | 1,52 | MUY BUENO |
| CABO-1 | 296 | 1,66 | MUY BUENO |
| FRAGOSO-1 | 276 | 1,55 | MUY BUENO |

En las Tablas 7, 8 y 9 siguientes se recogen los resultados de la valoración de los indicadores del estado ecológico para el año 2010:

*Tabla 7. Resumen del estado ecológico del tramo del río Cadós afectado por el AH Cadós*

| Indicadores | Valoración subtramo afectado por el AH Cadós |
|---|---|
| QEs CALIDAD QUÍMICA Y FÍSICO-QUMICA DEL AGUA | |
| Condiciones generales | Bueno |
| Contaminantes específicos | Bueno |
| VALORACIÓN FINAL | Bueno |
| QEs HIDROMORFOLÓGICOS | |
| Vegetación de ribera | Muy bueno |
| Hábitat fluvial | Bueno |
| VALORACIÓN FINAL | Bueno |
| QEs BIOLÓGICOS | |
| Macrobentos | Muy bueno |
| VALORACIÓN FINAL | Bueno |
| **ESTADO ECOLÓGICO** | **BUENO** |
| **CONDICIONES PARTICULARES** | **Buenas condiciones del medio hídrico** |

*Tabla 8. Resumen del estado ecológico del tramo del río Deva afectado por el AH Cabo*

| Indicadores | Valoración subtramo afectado por el AH Cabo |
|---|---|
| QEs CALIDAD QUÍMICA Y FÍSICO-QUMICA DEL AGUA | |
| Condiciones generales | Bueno |
| Contaminantes específicos | Bueno |
| VALORACIÓN FINAL | Bueno |
| QEs HIDROMORFOLÓGICOS | |
| Vegetación de ribera | Muy bueno |
| Hábitat fluvial | Bueno |
| VALORACIÓN FINAL | Bueno |
| QEs BIOLÓGICOS | |
| Macrobentos | Muy bueno |
| VALORACIÓN FINAL | Bueno |
| **ESTADO ECOLÓGICO** | **BUENO** |
| **CONDICIONES PARTICULARES** | **Buenas condiciones del medio hídrico** |

*Tabla 9. Resumen del estado ecológico del tramo del río Fragoso afectado por el AH Fragoso*

| Indicadores | Valoración subtramo afectado por el AH Fragoso |
|---|---|
| QEs CALIDAD QUÍMICA Y FÍSICO-QUMICA DEL AGUA | |
| Condiciones generales | Muy bueno |
| Contaminantes específicos | Bueno |
| VALORACIÓN FINAL | Bueno |
| QEs HIDROMORFOLÓGICOS | |
| Vegetación de ribera | Muy bueno |
| Hábitat fluvial | Bueno |
| VALORACIÓN FINAL | Bueno |
| QEs BIOLÓGICOS | |
| Macrobentos | Muy bueno |
| VALORACIÓN FINAL | Muy bueno |
| **ESTADO ECOLÓGICO** | **BUENO** |
| **CONDICIONES PARTICULARES** | **Buenas condiciones del medio hídrico** |

## Discusión y conclusiones

La aplicación de la DMA en cada uno de los tramos objeto de estudio permite valorar el régimen de caudales ecológicos de los ríos afectados por los AH.

El buen estado ecológico obtenido en cada uno de los tramos estudiados se traduce en un cumplimiento con el caudal ecológico mínimo. Pudiendo decir que, los tramos objeto de estudio son de similares características a un tramo natural no afectado por un AH.

El estado ecológico de los tramos analizados se han clasificado, de acuerdo con los criterios de la Directiva Marco, como *BUENO*.

Con la aplicación de la DMA, se obtiene una valoración del estado ecológico final que permite clasificar cada uno de los tramos. La periodicidad anual, con la que se realiza el estudio de estos tramos, permite establecer un sistema de control ambiental en los tramos afectados por los AH.

## Referencias bibliográficas

(1) Directiva Comunitaria 44/2006/CE, traspuesta mediante el Real Decreto 927/1988 de 28 de mayo y Orden Ministerial de 16 de diciembre de 1988. Decreto 130/1997, do 14 de maio, polo que se aproba o Regulamento de ordenación da pesca fluvial e dos ecosistemas acuáticos continentais. (DOGA nº106, de 4 de xuño de 1997).

(2) Orden ARM/2656/2008, de 10 de septiembre, por la que se aprueba la instrucción de planificación hidrológica.

(3) Jáimez-Cuéllar, P., Vivas, S., Bonada, N., Robles, S., Mellado, A., Álvarez, M., Avilés, J., Casas, J., Ortega, M., Pardo, I., Prat, N., Rieradevall, M., Sáinz-Cantero, C., Sánchez-Ortega, A., Suárez, M. L., Toro, M., Vidal-Abarca, M. R., Zamora-Muñoz, C., Alba-Tercedor, J. 2002. *Protocolo GUADALMED (PRECE). Año 2004, Limnética,* 21: 3-4.
(4) http://www.chminosil.es/
(5) Decreto 327/1991, de 4 de octubre, de evaluación de efectos ambientales para Galicia.
(6) Real Decreto legislativo 1/2008, de 11 de enero, por el que se aprueba el texto refundido de la Ley de Evaluación de Impacto Ambiental de proyectos
(7) Anexo V de la Directiva Marco sobre el Agua (2000/60/CE del Parlamento Europeo y del Consejo, de 23 de octubre de 2000, por la que se establece un marco comunitario de actuación en el ámbito de la política de agua).

# Análisis y valoración de los documentos de seguimiento ambiental de proyectos mediante un protocolo normalizado. Aplicación al caso de grandes obras portuarias

## *Analysis and Assessment of Environmental Monitoring Reports Using a Standardized Protocol. Application to the Case of Large Port Project*

**J. J. RODRÍGUEZ SÁNCHEZ**
**D. GONZÁLEZ NICOLÁS**
AIAconsul, Análisis e Información Ambiental, SLU, Getafe

**S. RUIZ ARRIAGA**
**M. GARCÍA SÁNCHEZ-COLOMER**
Área de Ingeniería Ambiental. CEDEX,
Ministerio de Fomento, Madrid

**Resumen**

Se describe un procedimiento de análisis y valoración de los documentos generados en el seguimiento ambiental de dos grandes proyectos portuarios utilizando los protocolos previamente definidos por el CEDEX para la revisión sistemática de este tipo de documentos. Se plantea un sistema de valoración semi-cuantitativa y ponderada para enjuiciar la calidad de los aspectos formales y de contenido de los documentos exigidos por la declaración de impacto ambiental, tanto para la fase previa a las obras (programa de vigilancia ambiental definitivo y estudios previos) como para la fase de obras (estudios de evolución de determinados factores ambientales e informes periódicos de seguimiento). Se describen las ventajas de disponer de un protocolo normalizado y las necesidades de adaptación del mismo a la tipología de proyecto analizado y a los impactos objeto de seguimiento; en este caso, grandes obras portuarias. Se discuten, por último, las dificultades que en la práctica plantea la utilización de estos protocolos, de cara a mejorar su aplicabilidad y eficacia.

**Palabras clave**

Programa de vigilancia ambiental, informes de seguimiento ambiental, seguimiento ambiental.

## Introducción

La presente comunicación trata sobre la aplicación de un procedimiento de análisis y valoración de los documentos generados en el seguimiento ambiental de dos grandes proyectos portuarios, utilizando los protocolos previamente de-

finidos por el Centro de Estudios y Experimentación de Obras Públicas (Ministerio de Fomento) para la revisión sistemática de este tipo de documentos.

El trabajo que se presenta, realizado entre 2009 y 2010, se encuadra dentro del Convenio de Colaboración entre el CEDEX y la Dirección General de Calidad y Evaluación Ambiental (DGCEA), del Ministerio de Medio Ambiente y Medio Rural y Marino (MARM) para la realización de "Evaluación de informes de seguimiento ambiental de infraestructura civil".

El punto de partida lo constituyen los protocolos previamente definidos por el CEDEX para la revisión sistemática de los documentos de seguimiento ambiental en infraestructuras lineales, en concreto en carreteras y ferrocarriles, elaborados durante los años 2007 y 2008, en el marco del convenio de colaboración, ya citado, entre el CEDEX y la DGCEA.

Estos protocolos se han diseñado con la finalidad de normalizar, sistematizar y objetivar el proceso de análisis de los documentos que se generan en el seguimiento ambiental para verificar que éste se desarrolla correctamente. Su estructura y contenido ya han sido explicados en la ponencia de María José Carrasco y otros, en el presente congreso.

Los protocolos se basan en la elaboración de una serie de listas de revisión, de control o de comprobación, específicas para cada uno de los documentos de seguimiento ambiental que se generan en las diferentes fases de la vigilancia: previa a las obras, de obras y de explotación.

Los objetivos de estos protocolos se concretan en la práctica en revisar, valorar y enjuiciar en un proyecto concreto:

- si los estudios e informes de seguimiento ambiental tienen el alcance y los contenidos mínimos exigidos por la Declaración de Impacto Ambiental (DIA) del proyecto objeto de seguimiento y por la normativa ambiental aplicable,
- si la información facilitada es suficiente y adecuada para describir el seguimiento ambiental de las obras incluidas en el proyecto, y finalmente,
- la calidad global de dicho seguimiento ambiental.

En relación con los objetivos comentados, las listas se estructuran en tres secciones: (i) análisis formal, (ii) análisis de contenidos y (iii) conclusiones de la revisión, en la que se enjuician globalmente la calidad de los documentos y la calidad del seguimiento según el grado de cumplimiento de la DIA y de la normativa ambiental. A continuación se describe la adaptación y aplicación de los protocolos a los casos de estudio.

## Material y métodos

La aplicación de los protocolos a proyectos diferentes para los que inicialmente fueron diseñados, que, como se ha comentado fueron proyectos de carreteras y ferrocarriles, requiere de una adecuada adaptación y, en su caso, modificación del contenido de las preguntas de revisión y comprobación.

El proceso de adaptación se debe iniciar con una revisión de los antecedentes concretos previos a la aplicación del programa de vigilancia ambiental (PVA). Fundamentalmente estos antecedentes son:

- El proyecto sometido a EIA.
- El estudio de impacto ambiental de dicho proyecto.
- El condicionado de la DIA, principal documento a tener en cuenta en la adaptación del protocolo ya que, a su vez, es función del tipo de proyecto evaluado y en él se recogen los impactos significativos que se producen y los aspectos clave objeto del seguimiento.
- El proyecto constructivo que definitivamente se ejecuta, teniendo en cuenta posibles cambios derivados de la DIA y de otras circunstancias posteriores a su publicación.

Las principales adaptaciones y modificaciones del protocolo para la valoración de los documentos consisten en:

- La inclusión o exclusión de aspectos concretos a revisar, concretamente:
  - Se incluyen aspectos clave señalados por la DIA, en los casos de estudio, propios de proyectos portuarios y del entorno afectado por los mismos.
  - Se excluyen aspectos no aplicables, como por ejemplo los propios de infraestructuras de transporte terrestre (fragmentación, ruido de vehículos en fase de explotación…) para las que se desarrollaron inicialmente los protocolos.
- En la asignación de puntuaciones (valoración) a los diferentes aspectos objeto de revisión (ponderados según su importancia), a las secciones y a las conclusiones de la revisión del documento:
  - Se utiliza un sistema de puntuación de 0 a 100 para cada uno de los bloques de información analizados y para la calidad de cada documento.
  - Se utiliza un rango de valoración de 0 a 100% para el grado de cumplimiento del condicionado de la DIA.
- En el desarrollo de nuevas listas de revisión específicas, adaptadas a los principales estudios monográficos que son necesarios en este tipo de proyectos portuarios, principalmente, estudios sobre la calidad de agua marina, estudios topo-batimétricos y prospecciones arqueológicas.

## Resultados

En el caso concreto que se presenta los protocolos se aplicaron a los documentos generados en el seguimiento ambiental de los proyectos:

- “Nuevas instalaciones del Puerto de La Coruña en Punta Langosteira (La Coruña)”.

- "Ampliación del Puerto de Sagunto (Valencia) y Modificación de la Ampliación del Puerto de Sagunto (Valencia)".

En la Tabla 1 se presenta una relación de los principales documentos revisados de cada proyecto que sirvieron para la adaptación de los protocolos, junto con las fechas de elaboración de dichos documentos. En la Tabla 2 se presentan los documentos generados en el seguimiento ambiental de cada uno de los proyectos analizados, a los que se aplicó el protocolo una vez convenientemente adaptado.

*Tabla 1. Relación de los documentos revisados de cada proyecto que sirvieron para la adaptación de los protocolos*

| Documento | Punta Langosteira | Sagunto |
|---|---|---|
| • **Proyecto sometido a EIA**<br>• **Estudio de impacto ambiental** | Dic 1999 | Ago 2000<br>Ene 2002 (mod.) |
| • **Condicionado de la DIA**<br>a. Tipo de proyecto<br>b. Impactos principales que provoca<br>c. Medidas/aspectos clave objeto de seguimiento | Feb 2001 | <br>Jul 2001<br>Abr 2002 (ext.) |
| • **Proyecto constructivo** | Feb 2004 | Dic 2001 |

La aplicación del protocolo implica la elaboración de una ficha de revisión-valoración para cada uno de los documentos revisados:

- del programa de vigilancia ambiental finalmente aplicado,
- de cada informe de seguimiento (mensual o semestral según lo aplicable a cada caso),
- de cada estudio específico obligado por la DIA (con la frecuencia establecida en ésta),
- del resumen de los informes de seguimiento de cada periodo analizado, y
- del resumen de los estudios específicos de cada uno de los periodos analizados.

Un extracto de una de las fichas correspondiente a un informe mensual se muestra en la Figura 3 al final de la ponencia.

A partir del valor asignado a los informes o estudios es posible enjuiciar y comparar su calidad, y tanto en lo que respecta a los aspectos formales como en lo que se refiere a los contenidos y al valor global asignado a cada documento. En la Figura 1 se observa un ejemplo de este tipo de valoraciones y comparaciones en uno de los casos de estudio.

*Tabla 2. Relación de los documentos de seguimiento ambiental de cada proyecto a los que se aplicó el protocolo adaptado*

| Documento | Punta Langosteira | Sagunto |
|---|---|---|
| *FASE PREVIA A LAS OBRAS*<br>• **PVA definitivo** (adaptado a la DIA y a las condiciones del proyecto constructivo) | Mayo 2004 | Dic 2001 - Feb 2002 |
| • Estudios previos (estado 0, preoperacional) | • **Calidad del agua marina**<br>• **Batimetría de playas próximas**<br>• **Prospecciones arqueológicas terrestre y subacuática**<br>• **Excavación arqueológica** | • **Calidad del agua marina**<br>• **Estudio topo-batimétrico** |
| *FASE DE OBRAS*<br>• **Informes periódicos de seguimiento** (mensuales/semestrales) | **Informes Mensuales**: Mayo 2005 a Dic 2009 | **Informes Semestrales**: Nov 2002 a Jul 2009 |
| • Estudios de aspectos clave (diario/semanal/mensual/trimestral/ semestral /anual) | Incluidos en los informes mensuales similares a los estudios previos:<br>• **Biocenosis marina**<br>• **Avifauna**<br>• **Inmisión atmosférica** | • **Calidad de aguas marinas**<br>• **Seguimiento ambiental/ arqueológico de los dragados**<br>• **Niveles sonoros**<br>• **Estudio topo-batimétrico**<br>• **Prospección arqueológica** |

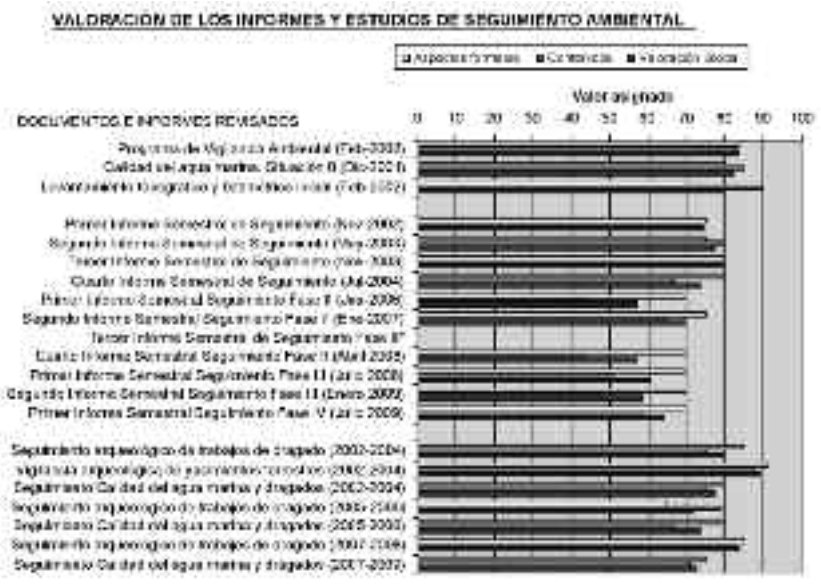



*Figura 1. Relación de los documentos de seguimiento ambiental de un proyecto de obras portuarias, revisados y valorados utilizando los protocolos descritos*

Además de la valoración de la calidad de los informes, la aplicación de los protocolos permite evaluar el grado de cumplimiento del condicionado de la declaración de impacto ambiental, evaluación que se resume en una tabla, de la que se muestra un extracto en la Figura 2, tomado de uno de los casos de estudio.

| CUMPLE | NO CUMPLE | APLAZADO No Aplicable | FALTA INFO | OBSERVACIONES |
|---|---|---|---|---|
| 30% | | | | |
| CT | | | | |
| CT | | | | |
| CP | | | | Incompleto. A comprobar en Fase II de Obras |
| CP | | | | A comprobar en Fase de Obras y Explotación |
| CP | | | | A comprobar en Fase de Obras y Explotación |
| 100% | | | | |
| CT | | | | Dragado de mantenimiento. A comprobar en Fase II |
| | | | P | Dragado de mantenimiento. A comprobar en Fase II |
| CT | | | | Dragado de mantenimiento. A comprobar en Fase II |
| CT | | | | Dragado de mantenimiento. A comprobar en Fase II |

CT: Cumple totalmente las prescripciones o requerimientos
CP: Cumple parcialmente
NC: No cumple
A: Aplazado para fases siguientes (Fase II o explotación) o no aplicable en Fase I
P: Pendiente información o aclaración por parte de la Autoridad Portuaria de A Coruña

*Figura 2. Ejemplo de análisis del grado de cumplimiento del condicionado de la DIA en uno de los proyectos analizados*

## Discusión y conclusiones

A partir de los dos casos de estudio analizados, se pueden extraer una serie de conclusiones sobre la aplicabilidad y utilidad de los protocolos para la revisión y valoración de los documentos de seguimiento ambiental.

Entre las ventajas identificadas se puede destacar que:

- Facilitan la revisión sistemática de todos los aspectos objeto de seguimiento.
- Son suficientemente versátiles para adaptarse a las obras de proyectos portuarios y a los seguimientos específicos que se realizan en las mismas.
- Aseguran que la revisión se realiza con un procedimiento único, aspecto que es fundamental cuando se trata de un gran número de documentos que deben completar varios revisores o de documentos de seguimiento que se generan a lo largo de amplios periodos de tiempo.

Para aprovechar todas sus ventajas es necesario que previamente:

- Se adapten adecuadamente a los aspectos que se van a revisar, especialmente a los derivados del condicionado de la DIA y del PVA finalmente aplicado.
- Se definan adecuadamente los índices o grados de cumplimiento de los aspectos objeto de comprobación y desde lo más concreto (estudios realizados, medidas correctoras aplicadas,…) a lo más general (grado de cumplimiento de la DIA).

Entre sus condicionantes hay que señalar que es necesaria una importante labor de síntesis y de integración final para extraer toda la información que suministran, y que dicha tarea ha de ser realizada por técnicos con amplia experiencia en evaluación de impacto ambiental. En todo caso, puede concluirse los protocolos son altamente aplicables y eficaces en relación con la finalidad para la que han sido desarrollados.

## Reflexión final

Al margen del asunto central de la ponencia relativo a los protocolos, y después de haber realizado una revisión exhaustiva, a partir de la lectura de miles de páginas de los numerosos informes y estudios de seguimiento ambiental de los dos proyectos comentados, queremos añadir una reflexión final relativa a la finalidad del seguimiento ambiental desde la perspectiva global de la evaluación de impacto ambiental, entendida ésta como proceso cíclico e iterativo.

La reflexión, que pretende animar el debate entre los asistentes al congreso, surge de cuestionarse la utilidad del seguimiento ambiental, sus posibilidades de mejora y el sentido que deberían tomar dichas mejoras para incrementar la eficiencia de esta fase esencial de la EIA.

En nuestra opinión, el seguimiento ambiental debe ser algo más que medir determinados parámetros o comprobar conformidades. En este sentido, y desde una perspectiva técnica, en lengua inglesa se diferencia el seguimiento ambiental en sentido amplio ("*follow up*") del control o toma de datos ("*monitoring*") que formaría parte del primero. De hecho, la Asociación Internacional de Impacto Ambiental[1] define las diversas tareas que deben formar parte de los principios internacionales de buena práctica del seguimiento ambiental e incluye, además del control ("*monitoring*"), la evaluación ("*evaluation*"), la gestión ambiental ("*management*") y la comunicación ("*comunication*").

En la Tabla 3 se resumen estas tareas y su alcance teórico, y se comentan brevemente cómo, a juicio de los revisores, se han aplicado en los dos proyectos de obras portuarias cuyo seguimiento ambiental se ha analizado mediante el uso de los protocolos descritos. De manera resumida se puede indicar que, si bien se ha avanzado bastante en las tareas de control (toma de datos y revisión de conformidades) hay un amplio margen para la mejora en las fases de evaluación y

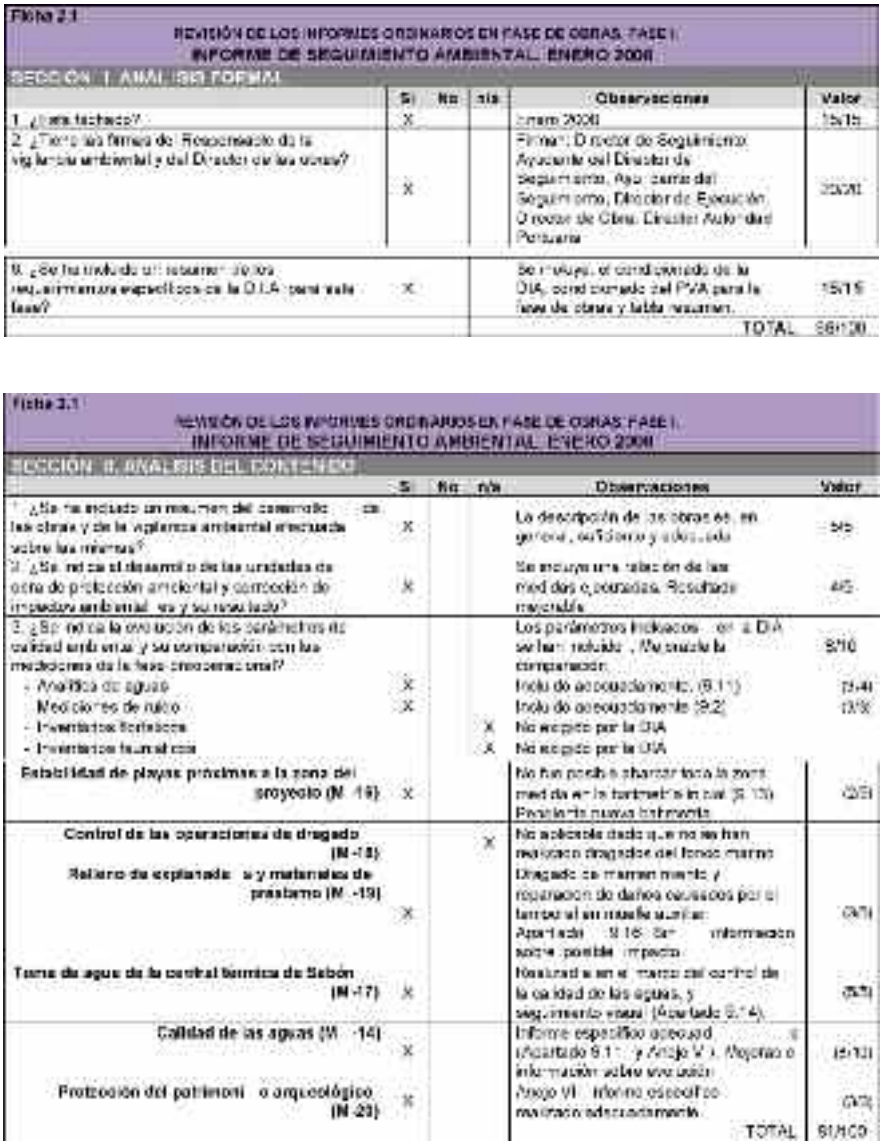
gestión de los impactos. En lo que respecta a la comunicación e información al público del seguimiento, queda prácticamente todo por hacer. Finalmente, indicar que no debería perderse la perspectiva de que la EIA es un proceso cíclico y que la vigilancia ambiental debería retroalimentar el desarrollo de los nuevos ciclos de EIA, y que esta tarea es, en gran medida, responsabilidad de los órganos ambientales.

*Tabla 3. Principios de buena práctica del seguimiento ambiental y grado de aplicación en los proyectos portuarios revisados*

| Principios de buena práctica en el seguimiento ambiental (IAIA, 2007) | | Grado de aplicación en los proyectos revisados | Observaciones |
|---|---|---|---|
| **CONTROL** | Toma de datos ambientales antes y durante la obra, y en fase de explotación | **ADECUADO A BUENO** | En general, hay una buena toma de datos de los principales parámetros objeto de seguimiento: calidad de aguas marinas, ruido, avifauna, patrimonio arqueológico, batimetrías…<br>Incluso se toman datos en exceso (p.e. determinaciones de parámetros de calidad de aguas de escasa utilidad para el seguimiento) |
| **EVALUACIÓN** | Evaluación de impactos en obra y operación | **ADECUADO A POCO ADECUADO** | En general, se evalúan adecuadamente los impactos más perceptibles y directos.<br>Se ignoran los impactos indirectos, normalmente relacionados con el medio natural: biocenosis marina, poblaciones de avifauna costera… |
| **GESTIÓN** | Gestión ambiental del proyecto y de la actividad | **ADECUADO A POCO ADECUADO** | En general, se gestionan aceptablemente los impactos directos relacionados con vertidos, residuos, ruido,…<br>Prácticamente no hay gestión de los impactos indirectos sobre el medio natural. |
| **COMUNI-** | Informar a la población del seguimiento<br>Retroalimentación del | **INADECUADO** | Los canales de comunicación con la población afectada son inadecuados o insuficientes. |

## Referencias bibliográficas

(1) IAIA. 2007. *EIA Follow-Up. International Best Practice Principles*.



Ficha 2.1

REVISIÓN DE LOS INFORMES ORDINARIOS EN FASE DE OBRAS. FASE I.
INFORME DE SEGUIMIENTO AMBIENTAL. ENERO 2008

SECCIÓN 1. ANÁLISIS FORMAL

| | Si | No | n/a | Observaciones | Valor |
|---|---|---|---|---|---|
| 1. ¿Está fechado? | X | | | Enero 2008 | 15/15 |
| 2. ¿Tiene las firmas de Reconocido de la vigilancia ambiental y del Director de la obra? | X | | | Firmas: Director de Seguimiento Ambiental, Director de Seguimiento, Asistencia del Seguimiento, Director de Ejecución, Director de Obra, Director Autor del Proyecto | 20/20 |
| 3. ¿Se ha incluido un resumen de los requerimientos específicos de la DIA para esta fase? | X | | | Se incluye el condicionado de la DIA, correspondiente del PVA para la fase de obras y tabla resumen. | 15/15 |
| | | | | TOTAL | 50/130 |

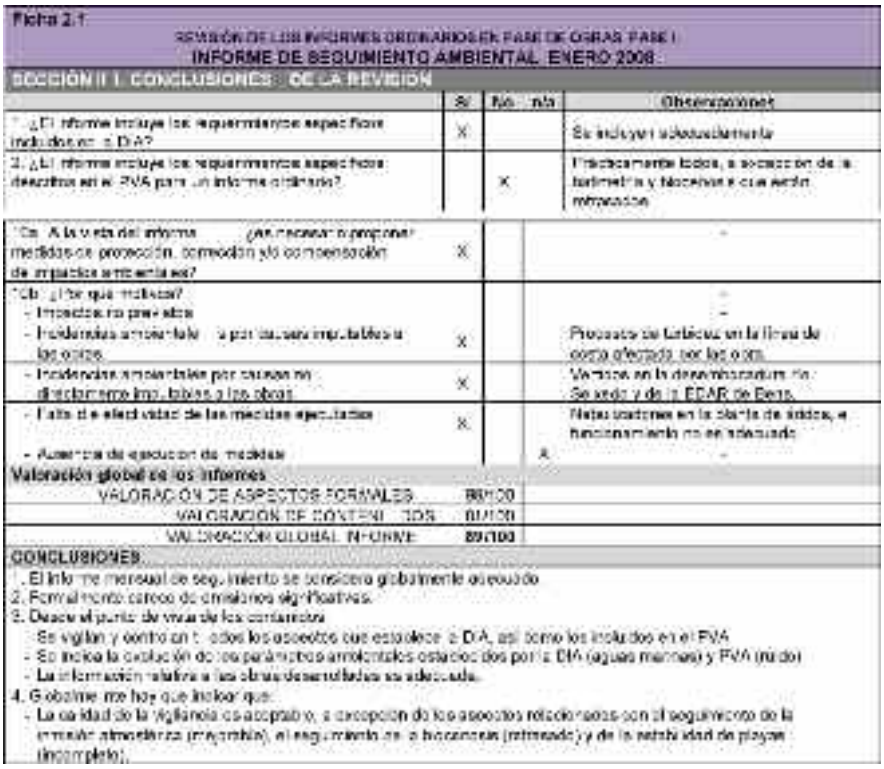
Ficha 3.1

REVISIÓN DE LOS INFORMES ORDINARIOS EN FASE DE OBRAS. FASE I.
INFORME DE SEGUIMIENTO AMBIENTAL. ENERO 2008

SECCIÓN 2. ANÁLISIS DEL CONTENIDO

| | S | No | n/a | Observaciones | Valor |
|---|---|---|---|---|---|
| 1. ¿Se ha incluido un resumen del desarrollo de las obras y de la vigilancia ambiental efectuada sobre las mismas? | X | | | La descripción de las obras es en general, suficiente y adecuada | 5/5 |
| 2. ¿Se indica el desarrollo de las unidades de obra de protección ambiental y corrección de impactos ambientales y su resultado? | X | | | Se incluye una relación de las medidas aplicadas. Resultado razonable | 4/5 |
| 3. ¿Se indica la evolución de los parámetros de calidad ambiental y su comparación con las mediciones de la fase preoperacional? | | | | Los parámetros indicados en la DIA se han incluido. No incluye la comparación | 5/10 |
| - Análisis de aguas | X | | | Incluido en apartado (9.1) | (2/4) |
| - Mediciones de ruido | X | | | Incluido en apartado (9.2) | (3/3) |
| - Inventarios florísticos | | X | | No exigido por la DIA | |
| - Inventarios faunísticos | | X | | No exigido por la DIA | |
| Estabilidad de playas próximas a la zona del proyecto (M -16) | X | | | No han podido efectuar toda la serie de medidas en los transectos inicial (9.10) Previsto nuevo tratamiento | (2/3) |
| Control de las operaciones de dragado (M -18) | | | X | No aplicable dado que no se han realizado dragados del fondo marino | |
| Relleno de explanadas y materiales de préstamo (M -19) | X | | | Dragado de mantenimiento y reparación de daños causados por el temporal en muelle auxiliar. Apartado 9.16. Sin información sobre posible impacto | (0/1) |
| Toma de agua de la central térmica de Sabón (M-17) | X | | | Realizado en el marco del control de la calidad de las aguas, y seguimiento visual (Apartado 9.14) | (5/5) |
| Calidad de las aguas (M -14) | X | | | Informe específico adecuado (Apartado 9.1 ... y Anejo V. ). Aporta información sobre vertidos | (5/12) |
| Protección del patrimonio arqueológico (M -23) | X | | | Anejo VI. Informe específico realizado adecuadamente. | (3/3) |
| | | | | TOTAL | 61/100 |

*Figura 3. Ejemplo de ficha resumen del protocolo aplicado*



Ficha 2.1

REVISIÓN DE LOS INFORMES ORDINARIOS EN FASE DE OBRAS FASE I

**INFORME DE SEGUIMIENTO AMBIENTAL ENERO 2008**

**SECCIÓN II I. CONCLUSIONES DE LA REVISIÓN**

| | Sí | No | n/a | Observaciones |
|---|---|---|---|---|
| 1. ¿El informe incluye los requerimientos específicos incluidos en la DIA? | X | | | Se incluyen adecuadamente |
| 2. ¿El informe incluye los requerimientos específicos descritos en el PVA para un informe ordinario? | | X | | Prácticamente todos, a excepción de la batimetría y biocenosis que están retrasados |
| 1Ca. A la vista del informe ¿es necesario proponer medidas de protección, corrección y/o compensación de impactos ambientales? | X | | | - |
| 1Cb. ¿Por qué motivos? | | | | - |
| - Impactos no previstos | | | | - |
| - Incidencias ambientales por causas imputables a las obras | X | | | Procesos de turbidez en la línea de costa afectada por las obras |
| - Incidencias ambientales por causas no directamente imputables a las obras | X | | | Vertidos en la desembocadura de Sexedo y de la EDAR de Bens. |
| - Falta de efectividad de las medidas ejecutadas | X | | | Nebulizadores en la planta de áridos, el funcionamiento no es adecuado |
| - Ausencia de ejecución de medidas | | | X | - |

**Valoración global de los informes**

| | |
|---|---|
| VALORACIÓN DE ASPECTOS FORMALES | 88/100 |
| VALORACIÓN DE CONTENIDOS | 81/100 |
| VALORACIÓN GLOBAL INFORME | 89/100 |

**CONCLUSIONES**

1. El informe mensual de seguimiento se considera globalmente adecuado
2. Formalmente carece de omisiones significativas.
3. Desde el punto de vista de los contenidos
   - Se vigilan y controlan todos los aspectos que establece la DIA, así como los incluidos en el PVA
   - Se inicia la evolución de los parámetros ambientales establecidos por la DIA (aguas marinas) y PVA (ruido)
   - La información relativa a las obras desarrolladas es adecuada.
4. Globalmente hay que indicar que:
   - La calidad de la vigilancia es aceptable, a excepción de los aspectos relacionados con el seguimiento de la inmisión atmosférica (mejorable), el seguimiento de la biocenosis (retrasado) y de la estabilidad de playas (incompleto).

*Figura 3 (Continuación). Ejemplo de ficha resumen del protocolo aplicado*

# Fototrampeo; una novedosa herramienta de vigilancia ambiental

## *Campera Traps; A New Tool for the Environmental Monitoring*

**J. ZAMORA GÓMEZ**
**A. VÁZQUEZ VALVERDE**
**J. GIRALDO GUTIÉRREZ-DEL OLMO**
Asesoría de Proyectos Ambientales y Sociales, SL (ASPA),
Madrid

## Introducción

El fototrampeo (1) es una técnica que utiliza unas cámaras fotográficas especiales, que se dejan colocadas en el medio natural y automáticamente realizan fotografías y videos al paso de los animales. Estas cámaras funcionan incluso por la noche ya que disponen de luz por infrarrojos que ilumina en plena oscuridad.

El fototrampeo permite la observación de fauna salvaje con fines de investigación, divulgativos o incluso por el placer de la observación de animales en su medio natural sin intervención humana. Esta técnica se está perfilando en los últimos años como un instrumento de gran utilidad para el seguimiento y control de la fauna.

En la presente comunicación se analizan las posibilidades de aplicación de estos equipos en los estudios faunísticos relacionados con la Evaluación Ambiental, en especial en los que se refieren a la composición de comunidades de vertebrados de difícil observación y para el seguimiento de la permeabilidad de infraestructuras en los pasos de fauna. La información que puede obtenerse mediante las capturas fotográficas es susceptible de ser mejorada mediante metodologías que permiten obtener índices de abundancia y otras variables más eficaces.

## Material y métodos

Los primeros equipos de fototrampeo fueron ingeniosos sistemas de tipo casero fabricados manipulando cámaras de película, o más recientemente cámaras digitales, que se disparaban al pisar el animal una tablilla con unos contactos conectados al mecanismo de obturación. El gran desarrollo tecnológico de la fotografía digital y de equipos de seguridad de edificios, tales como los detectores de movimiento o la luz de infrarrojos, han permitido desarrollar equipos de fototrampeo con todo un arsenal de recursos tecnológicos encaminados a fotografiar o filmar animales en su entorno natural sin apenas molestias o interferencias

La revolución de lo digital ha supuesto para el fototrampeo una gran ventaja en múltiples aspectos: se pueden realizar un gran número de imágenes que pueden ser posteriormente editados en el ordenador, se pueden grabar videos, el consumo de baterías es reducido y al poder almacenar muchas imágenes se pueden dejar instaladas durante largos periodos de tiempo. Finalmente, el coste de de estas cámaras cada vez es menor.

La iluminación por luz infrarroja se produce por diodos, también denominados LED (Light Emitting Diode), que emiten una luz en la franja de los 850-890 nm. Esta tecnología ha revolucionado el fototrampeo, ya que reduce enormemente el consumo de las baterías alargando su operatividad y elimina las interferencias con la fauna salvaje, al eliminar el flash visible por luz de xenon. La diferencia es que las imágenes nocturnas son el blanco y negro. Durante la noche pueden filmar videos de cierta duración ya que los diodos pueden mantenerse encendidos durante bastante tiempo.

Los sensores de movimiento detectan el paso de animales y de su eficacia depende en gran medida el éxito que el equipo tendrá a la hora de registrar un animal. Estos sensores detectan la radiación infrarroja emitida por los objetos y cuerpos vivos ubicados en su campo de acción. Este tipo de sensor dispone de una lente que concentra los rayos infrarrojos en su foco, donde se instala el sensor propiamente dicho. Esta lente crea zonas de mayor y menor intensidad sobre el sensor, lo que permite identificar cambios en la distribución de estas manchas. De esta manera cuando un cuerpo caliente se mueve produce un cambio en la distribución de zonas, que es identificada por el sensor y envía a través de un circuito una señal.

*Figura 1. Modelo de cámara de fototrampeo*

La mayoría de las cámaras que cuentan con este sistema, por lo tanto, detectan el calor y el movimiento, ya que se necesita que el cuerpo caliente se desplace, para activar el sistema. Algunas cámaras disponen de la posibilidad de ajustar la sensibilidad del PIR, (alto, medio, bajo) dependiendo del tamaño del animal que se quiere detectar. Cuando se quiere fotografiar solo animales de gran tamaño se puede bajar la sensibilidad y de esta forma evitaremos que el equipo se dispare con pequeños animales o al más mínimo movimiento.

Las imágenes y videos capturados se almacenan en tarjetas de memorias externas de tipo SD, que permiten ser visualizadas fácilmente en cualquier ordenador.

Dependiendo de las diferentes marcas, la mayoría incluyen en cada imagen la hora y fecha, y algunas incluyen la temperatura, la fase lunar y la identificación de la cámara, que puede definirse, por ejemplo como “cámara 001” y de esa manera mantener la información completa en cada imagen, del momento y lugar en la que ha sido tomada. Algunas de estas informaciones facilitan la interpretación del comportamiento de las especies.

*Figura 2. Diversas imágenes de fauna capturada mediante fototrampeo*

La velocidad de disparo es una de las variables más importantes de estos equipos, ya que se mide por el tiempo que transcurre entre que la cámara se activa y se realiza la foto. Este tiempo depende de la velocidad en la que los circuitos de la cámara son capaces de enviar los impulsos eléctricos que activan los diferentes componentes. Varían entre los 0,1 segundos y los 5 segundos. A más rapidez mayor posibilidad de capturar una imagen. La colocación de la cámara en campo es un aspecto importante ya que de ello depende, en gran medida, el éxito de obtener imágenes. Se deben elegir lugares en los que esté presente la especie que se persigue fotografiar o zonas de especial abundancia de animales, si lo que se quiere es conocer en su conjunto la composición de especies de un lugar.

Para ello son buenos lugares los puntos de agua, los caminos, los bordes y zonas de contacto entre ecosistemas, los lugares de alimentación, rascaderos y revolcaderos, etc. Es decir, todos aquellos lugares que nos indiquen la existencia de actividad de los animales y que la lógica nos recomiende. Se deberá evitar colocar los equipos fotográficos en zonas que puedan alterar el comportamiento de los animales o que pueda molestarles al ser lugares sensibles, como son las madrigueras, nidos o posaderos. Se debe orientar preferentemente el objetivo de la cámara sobre el eje norte-sur, para evitar deslumbramientos y activaciones inesperadas por el sol durante la salida y puesta del sol.

Una de las formas más tradicionales de colocar las cámaras es “al paso”, es decir fotografiar al animal que se desplaza por una senda, camino o trocha. En inglés el término más utilizado es el de “trail-cameras”, es decir “cámaras de sendero” precisamente por este tipo de colocación. Para ello se deberá colocar la cámara en un determinado ángulo que debe estar entre los 90º y 45º con respecto al sentido de la marcha del animal. Esto permite que el animal se sitúe durante más tiempo dentro de la zona sensible del detector y que este dispare la cámara. Por lo general lo ideal es la cámara se sitúe a unos 3- 10 metros de la zona batida, lo cual permite un buen encuadre de la mayor parte de los animales, pero cada caso particular requiere una solución distinta. Si el animal se sitúa muy cerca puede resultar que la imagen quede desenfocada y que durante la noche el flash de infrarrojo ilumine excesivamente los primeros planos, por lo que las imágenes salen típicamente “quemadas”, es decir sobreexpuestas.

*Figura 3. Esquema de colocación de una cámara al paso de la fauna*

## Resultados

Las aplicaciones de esta técnica son muy diversas, pudiéndose analizar los datos de fotogramas para obtener estimas e índices de abundancia de especies.

- **Presencia-ausencia:** Es la forma más sencilla de valorar los resultados obtenidos por una campaña de fototrampeo, y nos permiten determinar si una determinada especie aparece en el territorio o no. El muestreo estratificado por ecosistemas nos puede aportar una valiosa interpretación de los datos.
- **Índices de abundancia relativa:** La estima de abundancia de especies cuyos individuos no pueden ser identificados es complicada. Se puede utilizar un índice de abundancia relativa teniendo las siguientes premisas:
  – Cada día (24 horas) se considera un elemento discreto independiente, por lo que si un día una cámara ha registrado en 10 ocasiones una determina especie finalmente se contabiliza como 1 registro.
  – Si se pueden diferenciar hembras de machos, se contabilizan como individuos diferentes.

  Este índice se calcula como: nº individuos registrados x nº días x 100 / (nº días de muestreo total x nº de cámaras)
- **Estimación de abundancia mediante captura-recaptura:** Esta metodología está desarrollada inicialmente por Karanth y Nichols (2) en poblaciones de tigres en la India, aunque ha sido revisada y actualizada por numerosos autores, especialmente en el estudio de grandes felinos. Se basa en el reconocimiento de los diferentes individuos por lo que solo sirve en especies que el diseño del pelaje, marcas, cornamentas, o otros rasgos, lo permita.

  Se basa en técnicas de captura-recaptura ya desarrolladas para trampas in-vivo, pero adaptadas a las capturas fotográficas. Para ello se delimita la zona de estudio y se asume que la población de la especie a estudiar es cerrada. Esto supone que no existen ingresos ni salidas de animales. Para evitar que esto realmente se produzca en la realidad se debe delimitar un tiempo de muestreo no muy elevado (no más de 1 mes). También se debe

asumir que todos los individuos tienen una probabilidad de captura mayor a cero.

La colocación de las cámaras en el territorio debe seguir un diseño de malla con una distancia entre cámaras no mayor que el área mínima de campeo documentada para la especie. Esto permite que el modelo sea válido en el supuesto indicado de que todos los individuos tienen probabilidad mayor que cero.

Para rentabilizar los equipos de fototrampeo disponibles se asume que cada día es un elemento discreto de muestreo que permite replicarse en nuevas localizaciones. De esta manera si se cuenta con 5 equipos fotográficos se cubre una zona en la que la distancia entre equipos mantiene el mínimo indicado y se dejan funcionando 5 días. Tras este tiempo de colocan en nuevas zonas anejas hasta completar el tiempo total (por ejemplo: 5 cámaras colocadas durante 5 días proporcionan 25 unidades de muestreo, que a lo largo de un mes suponen 150 unidades)

Existen diversos programas que analizan datos poblacionales de captura-recaptura, siendo uno de los más clásicos el programa CAPTURE (3). Este programa genera estimaciones de abundancia a partir del número de individuos capturados y la proporción de recapturas.

- **Permeabilidad de infraestructuras:** Se pueden utilizar las cámaras para comprobar el uso que hacen los animales de los pasos de fauna en sus diferentes tipologías.

  Para ello existe la posibilidad de calcular índices que comparen la eficacia de los diferentes tipos de pasos de fauna en una misma infraestructrura. Mata, C *et al.* (4).

$$\text{Indice de paso de cada sp} = \frac{\text{Nº de eventos sp1 en el paso tipo A/nº de pasos del tipo A}}{\text{nº de eventos sp1/nº total de pasos de todos los tipos}}$$

## Discusión y conclusiones

El fototrampeo permite obtener información sobre las poblaciones de animales salvajes de difícil observación, y que de otra manera necesitaría invertir mucho tiempo y recursos humanos. Esta tecnología permite fotografiar incluso por la noche a los animales, de manera completamente autónoma y por periodos de tiempo muy largos.

La obtención de fotografías que confirmen la presencia de las especies en un determinado territorio o el uso que pueden estar realizando de los pasos de fauna habilitados en las infraestructuras lineales permiten conocer y evaluar con mayor precisión los impactos ambientales de las infraestructuras. Por otro lado esta información puede transformarse en diversos índices que midan la abundancia de las especies o la eficacia de infraestructuras de paso en infraestructuras lineales.

Todo ello confirma que se trata de una herramienta muy polivalente con enormes posibilidades de uso en los estudios de fauna relacionados con los Estudios de Impacto Ambiental.

## Referencias bibliográficas

(1) www.fototrampeo.es
(2) Karanth, K. Ullas, James, D. Nichols. 1998. Estimation of tiger densities in India using photographic captures and recaptures. *Ecology,* 79: 2.852-2.862.
(3) www.mbr-pwrc.usgs.gov/software.html
(4) Mata, C. *et al.* 2006. Análisis de la efectividad de los pasos de fauna en un tramo de la autovía de las Rías Bajas (A-52). *Ingeniería Civil,* 142 1: 9.

# Estudio del impacto ambiental en suelos agrícolas mediterráneos mediante el análisis de los perfiles metabólicos microbianos tras la aplicación de enmiendas de origen urbano

## *Environmental Assessment Derived from Urban Sludge Application in Mediterranean Crop Soils Using Microbial Metabolic Profiles*

**I. NADAL ROCAMORA**
**C. GONDIM-PORTO**
**L. PLATERO ALONSO**
**F. NAVARRO-GARCÍA**
Departamento de Microbiología II, Facultad de Farmacia.
Universidad Complutense de Madrid, Madrid

## Introducción

Actualmente, el concepto de agricultura sostenible ha contribuido al uso de enmiendas agrícolas tales como la aplicación de lodos, compost o biosólidos. Estos residuos, obtenidos tras la transformación de desechos orgánicos de procedencias variadas en material orgánico apto para su uso como fertilizantes, han tomado una importancia creciente. La razón es que su uso mejora las características agronómicas y de producción de un suelo de cultivo a la vez de que se reutiliza un recurso de alta riqueza nutricional libre de fertilizantes artificiales.

Desde una perspectiva ambiental, el uso de estas enmiendas parece contribuir a la mejora de los suelos que por diversas situaciones se encuentran degradados (agricultura no sostenible, factores climáticos agresivos) (1,2). No obstante, la aplicación de estos productos ha de ser controlada ya que un uso indebido podría influir negativamente en la salud y en el medio ambiente. La mayor parte de estos estudios se han concentrado en parámetros físico-químicos, sanitarios y agronómicos (3). Sin embargo, un aspecto a estudiar fundamental en la fertilidad de los suelos y en la relación del suelo con la atmósfera es el estudio del efecto de los lodos en los microorganismos del suelo, necesario para proporcionar una visión de conjunto sobre el correcto uso de estas enmiendas (4).

Existen diversos métodos de evaluación de los cambios producidos en los suelos tras la adición de enmiendas. En nuestro caso, hemos estudiado las modificaciones que se producen en las poblaciones de los microorganismos del suelo utilizando la técnica Microresp™, que permite detectar cambios metabólicos en este tipo de muestras (5). Los patrones metabólicos producidos por la microbiota de un suelo pueden ser útiles a la hora de valorar de una forma rápida el estado de un suelo antes y después de la aplicación de dichas enmien-

das como se ha comprobado en suelos con la presencia de otros tratamientos y contaminantes (5, 6).

## Material y métodos

### Tratamientos

Se aplicaron al suelo biosólidos, lodos de depuradora aerobios y anaerobios en una concentración de 160 t/ha en parcelas de 10x10 metros dispuestas por triplicado. Las parcelas fueron homogeneizadas por medio de maquinaria agrícola apropiada.

### Muestreo

Los suelos analizados son fluvisoles calcáricos, en la vega del río Jarama, con un pH moderadamente básico. Se tomaron 3 cilindros entre 0-20 cm de profundidad en cada parcela con un muestreador *Eijkelkamp* (ø 5 cm), los cuales se conservaron y analizaron independientemente para su posterior tratamiento estadístico calculando un valor medio entre las parcelas del mismo tratamiento. Los muestreos se realizaron una semana después de aplicarse los tratamientos, que en el caso de los biosólidos fue en noviembre de 2009 (otoño 2009) y en los lodos en abril de 2010 (primavera 2010). Las muestras recogidas fueron conservadas a 4°C hasta el momento de su ensayo, el cual se llevó a cabo en menos de 7 días.

### Pretratamiento: tamización, rehumectación y estabilización

Las muestras fueron procesadas a través de un tamiz de 2 mm para conseguir un tamaño de partícula homogéneo. En determinados casos fue necesaria una rehumectación de las mismas. Por último, pasaron por un proceso de estabilización a 25°C durante 48 horas en condiciones de $CO_2$ empobrecidas.

### Determinación de las tasas metabólicas

Las muestras de suelo pretratadas se incubaron a una temperatura de 25°C tras la adición de una serie de fuentes de carbono mediante el sistema Microresp™. Estas fuentes de carbono son monosacáridos, ácidos carboxílicos aminoácidos y ácidos fenólicos que se encuentran habitualmente en el suelo y proceden de los exudados de raíces de plantas herbáceas (7). La respiración de las muestras de suelo se calculó mediante la lectura de la densidad óptica de un colorante indicador presente en la placa indicadora al inicio del experimento

y al finalizarlo tras 6 horas de incubación. Para ello se usó un espectrofotómetro Biorad (Model 680 microplate reader) dotado de un filtro de 595 nm de longitud de onda. Se calculó la cantidad de $CO_2$ atrapada (y, por tanto, la respiración del sustrato en cuestión por las poblaciones microbianas de las muestras) mediante el cálculo de la variación de la densidad óptica a lo largo de las 6 horas de ensayo y su conversión con una curva patrón previamente estandarizada (5). Las tasas de respiración de los sustratos definen el perfil metabólico de cada muestra.

## Resultados y discusión

Con el fin de determinar la aparición de cambios en las poblaciones microbianas del suelo tras el tratamiento con biosólidos y lodos de depuradora, se compararon los perfiles metabólicos de las muestras con enmiendas de biosólido, lodo aerobio y lodo anaerobio con los perfiles de las muestras de suelo sin enmienda a modo de control. Estos perfiles metabólicos indican las tasas de consumo de los diferentes sustratos de carbono. Con el fin de comprobar que la tasa de respiración de un sustrato determinado es debida realmente al consumo de ese sustrato, se comparan con la tasa de respiración basal que se obtiene de enfrentar al suelo con la misma cantidad de agua ultrapura estéril en que están disueltos los sustratos.

### Perfiles metabólicos de suelos control

En las dos muestras de suelo control sin tratamiento (SL), tanto en otoño de 2009 como en primavera de 2010, se observó que el consumo de una serie de sustratos presentaba una diferencia significativa con respecto a la respiración basal (respiración al añadir *agua*) (Figura 1A): ácido oxálico, ácido protecatéquico, ácido málico y fructosa. La fácil metabolización de los ácidos orgánicos quizá sea debida a que son moléculas que participan habitualmente en las rutas metabólicas (síntesis de proteínas, glucolisis, ciclo de los ácidos tricarboxílicos) y están presentes en altas concentraciones en microorganismos y células vegetales (8). El perfil metabólico control del suelo así obtenido se pueden comparar con los perfiles de otras muestras de suelo tratadas. De esta forma, aquellos sustratos que sean diferentes a los del suelo control pueden ser indicativos de un determinado tratamiento.

### Perfiles metabólicos de los suelos tratados con diversas enmiendas

En las muestras de suelo tratado con biosólido (SB) se detectó que las tasas de consumo de algunos aminoácidos (arginina, alanina y GABA) y de algunos monosacáridos (trehalosa, galactosa, arabinosa y glucosa) se incrementaron

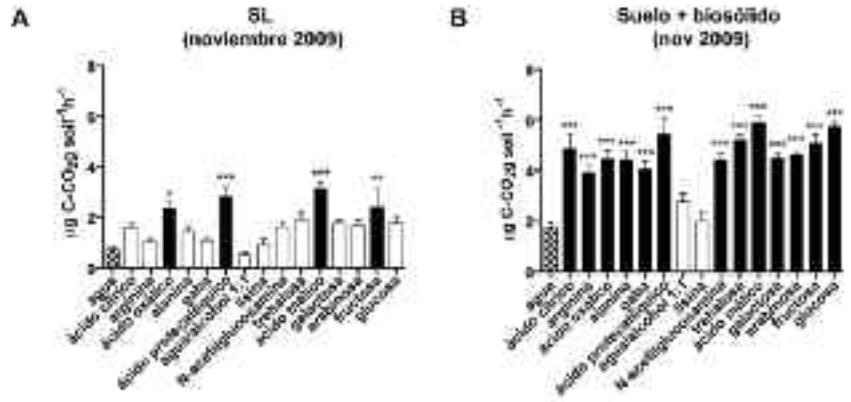



*Figura 1. Perfiles metabólicos de muestras de suelo.A. Suelo control (SL) y B.Suelo tratado con biosólido. Se indican los sustratos que muestran diferencia estadísticamente significativa con la tasa de consumo basal (*, **, ***. correspondientes a p<0,05; p<0,01 y p<0,001 respectivamente)*

con respecto a la basal (agua) además de mantenerse elevadas también las destacadas en su respectivo suelo control (ácidos cítrico, oxálico, protecatéquico, málico y fructosa). Por tanto, todas las tasas excepto las de lisina y el agua/etanol sufrieron un aumento significativo en comparación con la basal (Figura 1B).

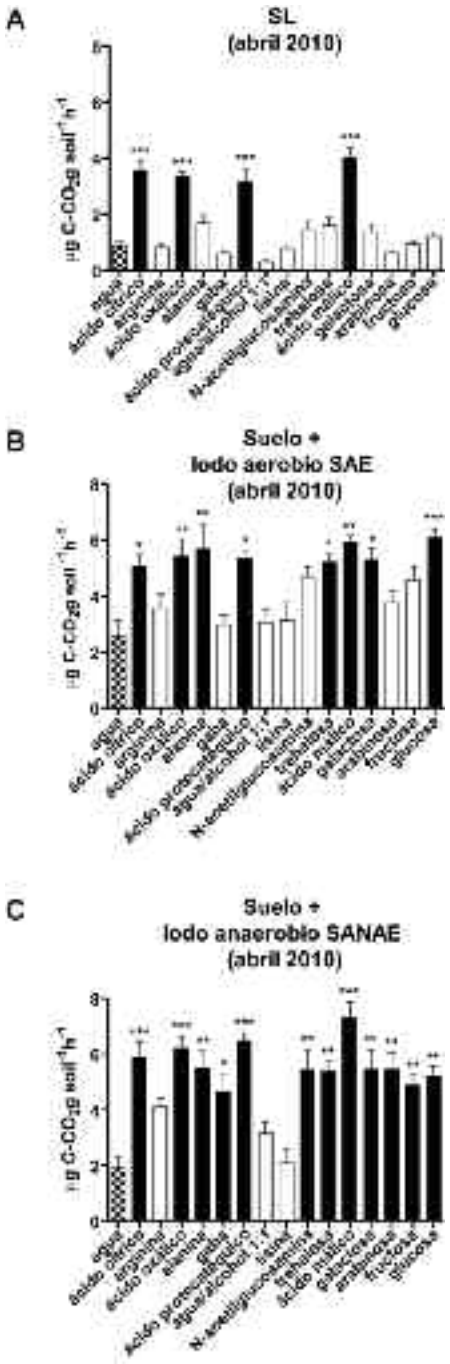
Tras la adición de los lodos se observó un perfil distinto de consumo de los sustratos comparado con el del suelo control. En estos casos se detectó también que no sólo los ácidos presentan tasas de consumo elevadas sino que también otros sustratos como aminoácidos y azúcares aumentaban su consumo, probablemente por efecto de la adición de los lodos.

Así, en las parcelas tratadas con lodo aerobio (SAE) se comprobó que las tasas de consumo de alanina, trehalosa, galactosa y glucosa se incrementaron frente a la basal. Este perfil es distinto del de su respectivo suelo control (Figura 2A) y, por lo tanto, es característico del tratamiento con lodo aerobio (Figura 2B).

En el suelo tratado con lodo anaerobio (SANAE) se detectaron tasas elevadas de consumo de ácido cítrico, alanina, gaba, NAG, trehalosa, galactosa, arabinosa, fructosa y glucosa con respecto a las basales (Figura 2A). Nuevamente, este perfil es distinto del de su respectivo suelo control y también del descrito para el suelo enmendado con lodo aerobio, por lo que podemos indicar que es característico del tratamiento con lodo anaerobio (Figura 2C).

Una vez obtenidos los perfiles de cada muestra tratada con lodo SAE y SANAE se pueden establecer diferencias en las tasas de consumo de los sustratos. Las tasas de consumo de la arginina, agua/etanol y lisina en las muestras de suelo tratadas con lodo en ningún caso fueron diferentes a las basales.

Cabe destacar por otro lado, que la respiración de agua/etanol en todos los experimentos se mantuvo con una tasa de respiración baja. Estas tasas a veces estuvieron por debajo de las basales. Esto puede ser debido a que el etanol, aún pudiéndose usar como fuente de carbono, puede ejercer un efecto nocivo en los




microorganismos desestabilizando sus membranas. No hay que olvidar que el etanol se usó como control.

Con la metodología utilizada hemos podido comprobar que la aplicación de un lodo u otro provoca la aparición de perfiles metabólicos distintos que presumiblemente indican que ha habido cambios en la estructura de las poblaciones microbianas del suelo. Estos perfiles, por tanto, pueden ser representativos de determinadas poblaciones de microorganismos. En este sentido en un experimento similar, utilizando un dispositivo de características parecidas a Microresp™ (ya que estudia perfiles metabólicos) denominado Biolog™, Pascual y cols. obtuvieron patrones de consumo distintos tras la aplicación de lodos aerobios y anaerobios en el suelo, ya que provocaron cambios en el metabolismo de distintos sustratos de carbono. Estos autores pudieron diferenciar dos tipos de perfiles característicos que asociaron con la distinta composición de la materia orgánica obtenida en el tratamiento de producción de los lodos (aerobio o anaerobio). La aparición de estos perfiles distintos puede ser debido a una selección de determinadas poblaciones de microorganismos del suelo que fueran capaces de metabolizar los sustratos añadidos mediante las enmiendas (9). Más recientemente, y aplicando la misma metodología que en nuestros ensayos, Cordovil y cols. han detectado diferencias en los perfiles metabólicos presentes en suelos

*Figura 2. Perfiles metabólicos de suelo tratado con lodos de depuradora. A. Suelo control (SL) B. Suelo tratado con lodo aerobio (SAE). C. Suelo tratado con lodo anaerobio (SANAE). Se indican los sustratos que muestran diferencias estadísticamente significativas con la tasa de consumo basal (*, **, ***. correspondientes a p<0,05; p<0,01 y p<0,001 respectivamente)*

en los cuales se han aplicado distintas enmiendas agrícolas (purines, compost,…) para la recuperación de suelos quemados (10). A raíz de estos resultados, podemos sugerir que las tasas de consumo de determinados sustratos pueden también proporcionarnos indicios del tratamiento de lodo utilizado, especialmente cuando se analizan poco tiempo después de su aplicación.

Con estos resultados podemos indicar que el uso de los perfiles de consumo de las poblaciones microbianas presentes en el suelo es una herramienta sencilla, rápida y económica para detectar si un suelo se encuentra tratado con enmiendas agrícolas e incluso diferenciar de qué enmienda se trata y de esta forma poder evaluar su impacto ambiental a nivel microbiológico.

## Conclusiones

La aplicación de enmiendas agrícolas genera un cambio en las poblaciones microbianas del suelo y por tanto, constituye un impacto ambiental.

Este impacto se puede evaluar de una manera sencilla, rápida y económica mediante la metodología Microresp.

Los tratamientos provocaron un cambio del perfil metabólico del suelo que es característico de cada uno de ellos.

Este trabajo está financiado gracias al proyecto MMA 022/PC08/3-04.2 (Ministerio de Medio Ambiente, Rural y Marino) y CGL2006-13915/CLI (CICyT). Clarissa Gondim-Porto es becaria del programa MAEC/AECI.

## Referencias bibliográficas

(1) Bastida, F., Moreno, J. L., García, C., Hernández, T. 2007. Addition of urban waste to semiarid degraded soil: Long-term effect. *Pedosphere,* 17: 557-567.

(2) Singh, R. P., Agrawal, M. 2008. Potential benefits and risks of land application of sewage sludge. *Waste Management,* 28: 347-358.

(3) Secretaría de Estado de Cambio Climático. 2009. Plan Nacional Integrado de Residuos (PNIR) 2007-2015. *BOE* 49, 19893-20016.

(4) Tarrasón, D., Ojeda, G., Ortiz, O., Alcañiz, J. M. 2010. Effects of Different Types of Sludge on Soil Microbial Properties: A Field Experiment on Degraded Mediterranean Soils. *Pedosphere,* 20: 681-691.

(5) Campbell, C. D., Chapman, S. J., Cameron, C. M., Davidson, M. S., Potts, J. M. 2003. A rapid microtiter plate method to measure carbon dioxide evolved from carbon substrate amendments so as to determine the physiological profiles of soil microbial communities by using whole soil. *Appl. Environ. Microbiol.,* 69: 3.593-3.599.

(6) Kaufmann, K., Chapman, S. J., Campbell, C. D., Harms, H., Höhener, P. 2006. Miniaturized test system for soil respiration induced by volatile pollutants. *Environmental Pollution,* 140: 269-278.

(7) Campbell, C. D., Grayston, S. J., Hirst, D. J. 1997. Use of rhizosphere carbon sources in sole carbon source tests to discriminate soil microbial communities. *Journal of Microbiological Methods,* 30: 33-41.

(8) van Hees, P. A. W., Jones, D. L., Finlay, R., Godbold, D. L., Lundström, U. S. 2005. The carbon we do not see-the impact of low molecular weight compounds on carbon dynamics and respiration in forest soils: a review. *Soil Biology and Biochemistry,* 37: 1-13.

(9) Pascual, I., Avilés, M., Aguirreolea, J., Sánchez-Díaz, M. 2008. Effect of sanitized and non-sanitized sewage sludge on soil microbial community and the physiology of pepper plants. *Plant Soil,* 310: 41-53.

(10) Cordovil, C. M., de Varennes, A., Pinto, R., Fernandes, R. C. 2011. Changes in mineral nitrogen, soil organic matter fractions and microbial community level physiological profiles after application of digested pig slurry and compost from municipal organic wastes to burned soils. *Soil Biology and Biochemistry,* 43: 845-852.

# INGUNET. Un sistema de información continuo para integración, explotación y consulta en tiempo real de incidencias ambientales para obras en infraestructuras lineales con tecnologías web y licencias de software libre

## *A continuous Information System Based on Free Software and Web Technologies Used for Live Monitoring of Environmental Incidents in the Construction Phase of Lineal Infrastructures*

**F. J. MURILLO MORÓN**
**L. SÁNCHEZ MÁRMOL**
**F. SAN PEDRO MENDOZA**
BASOINSA, SL, Leioa, Bizkaia

## Introducción

Mediante la realización de este Proyecto Innovador, subvencionado dentro del Plan Integral de Promoción Económica de la Diputación Foral de Bizkaia, se ha conseguido desarrollar con éxito un paquete tecnológico de sistemas, herramientas, metodologías y procesos que permiten realizar un seguimiento en tiempo real de las incidencias ambientales en la construcción de infraestructuras.

Además de un mejor control y protección medioambiental inherente al servicio que proporciona, esta aplicación se centra en la optimización de las inversiones en vigilancia ambiental, la mejora en el proceso de detección, documentación y explotación de las incidencias ambientales al integrarse en una base de datos centralizada y la minimización de las sanciones derivadas por un posible incumplimiento de las obligaciones contraídas con el órgano ambiental.

A su vez, la aplicación cliente-servidor diseñada integra funcionalidades para registrar y consultar otras variables ambientales necesarias para el óptimo desempeño por parte de las empresas que trabajen para el promotor de las labores de vigilancia ambiental en fase de construcción y mantenimiento.

En este marco los objetivos globales de las labores técnicas de supervisión ambiental a las que contribuye a reforzar de forma activa esta nueva herramienta son los siguientes:

- Conocer de forma precisa las Especificaciones Ambientales y el PVA (en su caso), especialmente los indicadores de seguimiento propuestos y sus responsabilidades en relación con el cumplimiento de los requisitos ambientales en la obra, de forma que se mantenga un control de su cumplimiento en todas las actividades.

- Permitir el control de la magnitud de ciertos impactos cuya predicción resulta difícil de realizar durante la fase de proyecto, así como articular nuevas medidas correctoras, en el caso de que las ya aplicadas no sean suficientes.
- Constituir una fuente de datos importante, ya que en función de los resultados obtenidos se pueden modificar o actualizar los postulados previos de identificación de impactos.
- Permitir la detección de impactos que en un principio no se hayan previsto, pudiendo introducir a tiempo las medidas correctoras que permitan paliarlos.
- Mantener un contacto permanente con la Dirección Ambiental de los trabajos al que se informará puntualmente de los avances de los trabajos y consultará en caso de litigio, de incumplimiento o de actuaciones no contempladas en las especificaciones ambientales. Esto permitirá documentar y comunicar prácticamente cualquier incidencia en tiempo real a la dirección ambiental de los trabajos.
- Actuar como canal de consulta entre los contratistas y la Dirección Ambiental de los trabajos, de forma que se facilite un correcto control ambiental de todos los trabajos.
- Velar para que se cumplan de forma estricta las Especificaciones Ambientales, la normativa ambiental vigente y en su caso la DIA y los requisitos contenidos en el Programa de Vigilancia Ambiental.
- Verificar la implantación y la consecución de los resultados de las medidas preventivas y correctoras aplicadas y, en su caso, proponer nuevas medidas correctoras para impactos no contemplados cuantitativa o cualitativamente.
- En el caso de que los contratistas incidan en algún tipo de trámite en relación con las autorizaciones administrativas con implicaciones ambientales supervisar la actividad y velar por su correcta realización.
- Colaborar en implementar la firma verde de las certificaciones de obra, entendiendo como tal el cumplimiento de las prescripciones ambientales por parte del contratista para la certificación de obra.

## Material y métodos

El proyecto aglutina desde la toma de datos en el lugar donde se desarrolla la obra hasta la explotación de los mismos en la fase final, pasando por una serie de filtros y controles que garantizan la calidad. En la larga experiencia de Basoinsa SL dentro del sector ambiental, y dentro del campo de las asistencias ambientales en obra, se ha constatado la necesidad de una herramienta como la planteada.

El producto cuenta con dos partes diferenciadas:

- La aplicación de toma de datos en campo a través de una PDA desarrollada para ejecutarse sobre un SIG.

- La aplicación Cliente-Servidor Web en la que se descargan los datos recogidos en la obra y dónde se completan, gestionan y se da el visto bueno a los informes para que queden a disposición de las y los usuarios que tengan permisos para acceder a ellos.

Tanto para realizar la aplicación de toma de datos sobre la PDA como para la aplicación Web se ha utilizado el software libre (GVsig Mobile, Apche Server, PHP y PostGresSQL), lo que constituía uno de los condicionantes iniciales del proyecto y que finalmente, a pesar de no pocos condicionantes técnicos, ha podido ser resuelto con éxito.

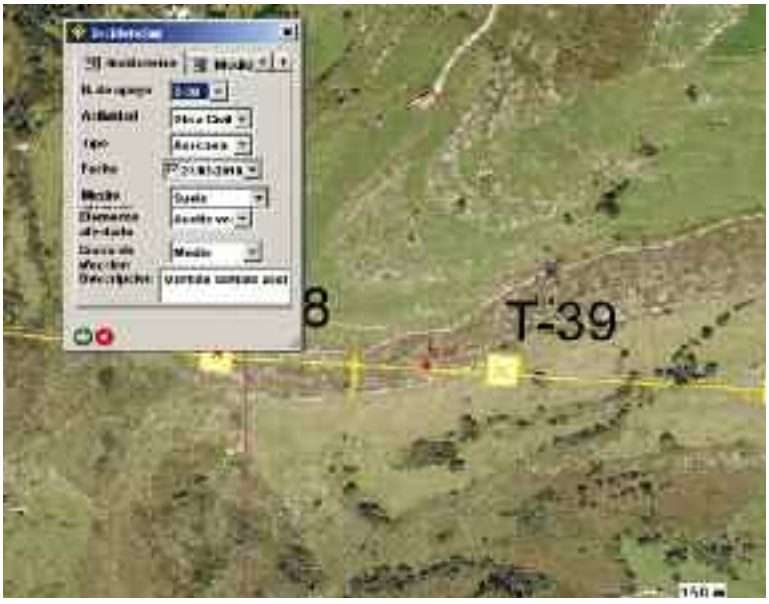



*Figura 1. Ejemplo de prototipo para PDA*

## Resultados

Además de los objetivos tecnológicos y de producto que creemos que se han conseguido, podemos afirmar sin duda que este producto contribuye a conseguir los siguientes objetivos.

- Optimización de las inversiones en vigilancia ambiental.
- Mayor eficiencia en la gestión de los recursos existentes.
- Mejorar y abaratar del proceso de detección, documentación, consulta y gestión de las incidencias ambientales al integrarse en una base de datos centralizada.

- Centralizar un número de datos ambientales de obra en un mismo promotor permitiendo en un futuro realizar la explotación de los datos para obtener conclusiones de los procesos de gestión ambiental en obra de forma rápida, eficiente y robusta. Actualmente estos procedimientos son costosos y lentos ya que no están informatizados y obligan a recopilar numerosa información dispersa.

*Figura 2. Ejemplo de informe de Web de seguimiento de incidencia*

A estos objetivos añadiríamos las posibilidades de gestión que se abren para la implementación de la certificación verde.

## Discusión y conclusiones

La herramienta informática diseñada aporta a los promotores de infraestructuras lineales un marco mucho más sólido para la gestión ambiental de las obras, lo que posibilitará cumplir de una manera más efectiva con las obligaciones contraídas derivadas de los propios procedimientos de tramitación de evaluación ambiental de los proyectos y de los sistemas de gestión ambiental que tenga implantados. Todo ello derivará de forma efectiva en el cumplimiento de las prescripciones legales ambientales y por tanto en una mejor protección del medio ambiente.

A su vez, en un futuro las organizaciones que trabajen en este estándar podrán hacer una explotación de la base de datos que permita obtener valiosa información global de contratistas, proyectos concretos o comarcar o áreas, por

poner un ejemplo, para introducir mejoras en los sistemas de gestión ambiental en obra.

## Referencias bibliográficas

### Libros

(1) Departamento de Medio Ambiente de Red Eléctrica de España. Especificaciones Técnicas Ambientales (ET) para la construcción de la Líneas eléctricas**.**
(2) Red Eléctrica de España.2010 El sistema eléctrico español. Primera Edición. Editado por Red Eléctrica de España. Madrid, Junio de 2011.
(3) Departamento de Medio Ambiente de Red Eléctrica de España. Memoria Ambiental 2010. Primera Edición. Editado por Red Eléctrica de España. Madrid, Junio 2011
(4) Red Eléctrica de España .IV Jornadas sobre líneas eléctricas y Medio Ambiente. Primera Edición. Editado por Red Eléctrica de España. Madrid, octubre de 2003.

### Direcciones Internet

(5) www.postgis.refractions.net
Extensión para datos geográficos en la Base de Datos PostgreSQL.
(6) www.postgresql.org
PostgreSQL Global Development Group. Base de Datos de Open Source Initiative
(7) www.gvsig.org/web/organization
2011 Comunidad gvSIG. Sistemas de Información Geográfica con licencia GNU. gvSIG Desktop y Mobile

### Otras Fuentes

(8) Real Decreto 223/2008, de 15 de febrero, por el que se aprueban el reglamento sobre condiciones técnicas y garantías de seguridad en líneas eléctricas de alta tensión y sus instrucciones técnicas complementarias ITC-LAT 01 a 09.
(9) Ley 6/2010, de 24 de marzo, de modificación del texto refundido de la Ley de Evaluación de Impacto Ambiental de proyectos, aprobado por el Real Decreto Legislativo 1/2008, de 11 de enero.
(10) Ley 42/2007, de 13 de diciembre, del Patrimonio Natural y de la Biodiversidad.
(11) Orden, de 6 de julio de 1984, por la que se aprueban las instrucciones técnicas complementarias del Reglamento sobre Condiciones Técnicas y Garantías de Seguridad en Centrales Eléctricas, Subestaciones y Centros de Transformación.
(12) Orden, de 18 de mayo de 1988, por la que se dan normas sobre el pintado de apoyos en líneas aéreas de transporte de energía.

# La "Dirección Ambiental de Obra" como factor para la mejora de los instrumentos de evaluación de impacto ambiental (EIA): análisis de la experiencia actual en proyectos eólicos de la Comunidad Valenciana y propuesta metodológica

## *The "Site Environmental Management" as a Tool for Improving Environmental Impact Assessments. An Analysis of the Present State in Eolic Park Projects of the Valencian Community and a Methodological Proposal*

**J. E. COLOMER VALCÁRCEL**
**G. LLORENS CANOSA**
Agència Laboratori Medioambient SC,
Sant Vicent del Raspeig, Alicante

**C. MARTÍN CANTARINO**
Instituto Multidisciplinar para el Estudio del Medio,
Universidad de Alicante, Alicante

## Introducción

Se ha señalado con frecuencia que los instrumentos de monitoreo o vigilancia llevados a cabo durante o tras la ejecución de los proyectos constituyen un factor clave para la mejora de la EIA, puesto que permiten hacer frente a las limitaciones e incertidumbres propias de la evaluación previa (1, 2, 3).

Para plantear con eficiencia esta vigilancia, entendemos, con Lee (4), que el mismo proyecto ha de considerarse como un experimento ambiental y, por ello, debe venir acompañado de un protocolo de seguimiento ambiental específico. Es decir, la evaluación ambiental no sólo debe considerar los efectos esperables, sino incluir también un análisis de las incertidumbres que inevitablemente acompañan a toda prospectiva.

En la Comunidad Valenciana las Declaraciones de Impacto Ambiental (DIA) de proyectos que afectan a terrenos forestales están imponiendo, con cierta frecuencia, la llamada "Dirección Ambiental de Obra" (DAO), es decir, la presencia, durante la fase de ejecución, de técnicos especialistas en Arqueología-Patrimonio y en Medio Ambiente. Esto proporciona una oportunidad muy valiosa para realizar un seguimiento y análisis de las incertidumbres reales que rodean a estos proyectos y de las condiciones que determinan la eficacia de las DAO y, en general, de la vigilancia ambiental.

Basándonos en esta experiencia, planteamos una propuesta metodológica que permita, para el caso de las infraestructuras eólicas, organizar de manera más efectiva los programas de vigilancia y desarrollar al máximo sus potencialidades. Partimos del hecho de que las fuentes de "incertidumbres" son múltiples,

incluyendo las mismas deficiencias informativas de los EsIA o la ausencia de un análisis de riesgos previo.

## Material y métodos

El trabajo se basa en la experiencia obtenida durante 2007 y 2008 en el seguimiento ambiental diario a pie de obra (DAO), de la ejecución de proyectos vinculados a instalaciones de energía eólica (parques, subestaciones transformadoras, líneas eléctricas, adaptación de carreteras para transportes especiales, etc.), para las zonas eólicas, 10, 11 y 12 del Plan Eólico de la Comunidad Valenciana, en los términos municipales de Ayora, Enguera, Jarafuel y Jalance (Valencia).

## Resultados

A efectos prácticos, conviene distinguir los diferentes tipos de incertidumbres:

- **Riesgos** que podemos considerar previsibles (*certezas de control*) debidos bien a errores humanos (incluyendo posibles deficiencias del EsIA) bien a la aleatoriedad natural del ecosistema (p.ej. riesgo de incendios, nidificación reciente de un ave protegida en un árbol cercano, o aparición de puestas de anfibios en una charca originada poco tiempo antes por las lluvias). Estos riesgos cuentan con medidas de cautela bien conocidas, y por ello abordables mediante protocolos de buenas prácticas o listas de chequeo previas (p.ej. medidas antiincendios, medidas antierosión, etc.).
- **Incertidumbres** debidas a lagunas de información. Independientemente de deficiencias técnicas, es inevitable que existan lagunas de información en un EsIA, por lo que dar una falsa impresión de seguridad, es decir, el que los datos ofrecidos no vengan acompañados de una ponderación de su nivel de incertidumbre, dificulta el diseño adecuado del protocolo de seguimiento (3).
- **Sorpresas** reales (aspectos totalmente inesperados dado el estado de conocimiento).

Como vemos, los dos primeros problemas pueden y deben ser identificados mediante un análisis específico de riesgos/incertidumbres (acotamiento del riesgo en el primero y reconocimiento de las lagunas de información en el segundo) que, en realidad, debería haber formado parte del EsIA y, por tanto, haber sido tenido en cuenta en la DIA. Pero en nuestra experiencia, los EsIA raramente contienen tales análisis, por lo que se impone llevarlo a cabo en las fases previas del diseño de la DAO. Para ello las listas de control son especialmente útiles. El tercer problema sólo puede abordarse mediante la vigilancia atenta, esto

es, siendo al menos consciente de la posibilidad de "sorpresas" y tratando el proyecto como un experimento.

Debe constatarse que las incertidumbres afectan a cualquier apartado del EsIA. Así, algunos detalles del proyecto pueden no desarrollarse como estaba previsto en Descripción del Proyecto, o el Inventario Ambiental puede tener serias lagunas de información, o ser incierta la eficacia de las medidas correctoras. Por ello, el análisis de incertidumbre debe realizarse para todo el EsIA.

Pensamos que es necesaria la definición de metodologías u orientaciones para ejecutar la DAO (o seguimiento y vigilancia ambiental), que incluya y supere las previsiones de la DIA y del EsIA. Estas metodologías deben ser realistas, es decir, tener presentes las limitaciones de tiempo, recursos técnicos, presupuesto, etc.

Seguidamente se exponen de manera sintética los puntos principales de una propuesta metodológica, en la que se intenta organizar el trabajo de la DAO, no sólo de acuerdo con un listado de "buenas prácticas", sino en general como procedimiento flexible de control *in situ* de incertidumbres.

## A. Acciones previas al comienzo de las obras

La experiencia demuestra que la misma complejidad de los documentos de referencia en relación a la DAO y a la vigilancia ambiental (DIAs, Resoluciones Complementarias de las DIAs debidas a modificaciones del proyecto, programa de vigilancia ambiental del EsIA, programa de implementación del estudio de integración paisajística en la CV, y otras resoluciones administrativas sobre arqueología, patrimonio, etc.) es capaz de provocar confusiones y olvidos. Igualmente, existe una gran diversidad de "actores" implicados, con la complejidad de relaciones que ello conlleva: promotores, equipos de técnicos de Dirección Facultativa de Obra, contratistas y subcontratistas, y sus técnicos, operarios, técnicos de arqueología y medioambiente, agentes de la autoridad, administraciones públicas, etc. Todos ellos trabajan sometidos tanto a unos plazos de tiempo muy ajustados, como a otros condicionantes: presupuesto, disponibilidad de medios técnicos, etc.

Debe considerarse incierto a priori el que esta complejidad pueda ser gestionada sin problemas. Por ello es muy conveniente desarrollar los siguientes 3 puntos:

1. **Organización de la documentación general de la DAO**
2. **Determinación del responsable/s técnico del seguimiento ambiental**
3. **Propuesta de Informes a presentar**

Un caso especial lo constituye la documentación sobre incendios.

4. **Prevención de incendios forestales**
   Los proyectos eólicos, por sus características particulares, siempre se desarrollan sobre zonas forestales, por lo que es de aplicación el *Pliego Ge-*

*neral de Normas de Seguridad en Prevención de Incendios Forestales* a observar en la ejecución de obras y trabajos que se realicen en terreno forestal o en sus inmediaciones ("Pliego General"), según el Decreto 7/2004, de la Generalitat Valenciana (GVA). Para garantizar la efectividad de estas medidas y el cumplimiento de este "Pliego General" en el desarrollo de las obras, se deberá:

– Incluir el "Pliego General" en los "Pliegos de Condiciones Técnicas".
– Notificar previamente a los directores de los servicios territoriales de medioambiente.
– Previamente al comienzo de las obras, comunicar el "Pliego General", a todas las empresas que trabajen en la obra

**5. Permisos**

Para intentar evitar riesgos derivados de la complejidad de requisitos administrativos, es prioritario supervisar, de manera previa al comienzo de las obras, la existencia de las autorizaciones y permisos para desarrollar cada una de las actividades, en relación a la normativa ambiental vigente. En este sentido destacamos:

– Ocupación de vías pecuarias y monte público, tala-desbroce, obtención de agua, vertidos, etc.
– Cada contratista deberá contar con los documentos de aceptación de los gestores autorizados de cada uno de los residuos que se prevea producir.
– Dado que las obras de infraestructuras eólicas producen importantes movimientos de tierras, se debe contar con el documento de aceptación de un vertedero de residuos sólidos inertes autorizado.
– En relación a las necesidades de materiales (áridos), se contará con la documentación que acredite el origen de estos materiales.

**B. Acciones y medidas protectoras a desarrollar durante la fase de ejecución de la obra**

**6. Delimitación y dimensionamiento**

– Supervisión de la correcta delimitación de todas las zonas de trabajo mediante estaquillados ("replanteo") para evitar invasiones no previstas de zonas cercanas.
– Se realizará un balizado diferenciado del topográfico, para los elementos ambientales (microrreservas de flora, árboles singulares, zonas de nidificación y cría) y patrimoniales próximos o colindantes a las zonas de obras.

**7. Protección de la vegetación**

En caso de afecciones imprevistas a elementos vegetales valiosos no señalados en el EsIA, lo que suele deberse a deficiencias en el EsIA (como

p.ej. que la escala de resolución de la información aportada no fuera la adecuada) hay varias opciones:
– Modificación puntual del proyecto.
– En determinadas especies, y si es viable, transplante de ejemplares afectados.
– Planteamiento de medidas compensatorias.

**8. Protección de la fauna**

La afección a fauna protegida debe estar prevista en el EsIA, pero en éste también debería evaluarse la incertidumbre debida al hecho de que los animales modifican sus pautas tróficas y reproductivas. Por ello, justo antes del comienzo de las obras debería realizarse un muestreo faunístico (que el EsIA debería haber ya establecido en su análisis de incertidumbres), y en caso de detección de especies protegidas nidificantes/reproductoras, balizar la zona y plantear la modificación del calendario de trabajo.

Para determinar la "distancia de seguridad" de este balizado para las rapaces rupícolas, puede utilizarse una metodología sencilla denominada "área de campeo estimada" (5), basada en la distancia del proyecto al punto de nidificación o territorio. Para rapaces forestales, la "distancia de seguridad" la determinará la GVA (las DIAs y sus Resoluciones Complementarias determinaron habitualmente 200 m).

**9. Aparición de cuevas o simas**

Una incertidumbre habitual en ambientes calcáreos es la posibilidad de alcanzar, en frentes de desmontes u otros movimientos de tierras, cavidades kársticas antes no visibles.

En este caso, se adoptarán medidas como:
– Detener las obras en la zona.
– Redactar un informe especial.
– Comunicar inmediatamente el hecho a la administración para que se determine si contienen elementos de interés (geológicos, faunísticos o botánicos) y poder evaluar la conveniencia de adoptar medidas de protección según el Decreto GVA 65/2006.

**10. Protección del suelo**

– Se vigilará la correcta eliminación de la vegetación: tala (árboles) y desbroce (matorral) "in situ" previa a los movimientos de tierras y el acopio y retirada de la capa de "tierra vegetal".

**11. Medidas de protección de la calidad del aire**

Un tipo normal de impacto no previsto, principalmente sobre vegetación, es el causado por emisiones de polvo a causa de una actividad de la maquinaria por encima de lo previsto y/o por condiciones meteorológicas adversas (viento, sequía). En este caso, se realizarán riegos directos sobre la vegetación afectada.

Si se instalan equipos móviles de valorización de residuos de obra, éstos contarán con sistemas de protección contra la emisión de partículas como carenados, aspersores, etc.

## 12. Gestión de residuos

**a) Prevención de vertidos**

Debe considerarse el riesgo de vertidos por roturas de maquinaria y derrames accidentales.

- Si el mantenimiento de la maquinaria se realiza en obra, se habilitará una zona con soleras impermeables, para evitar afecciones en caso de derrames.
- Se dispondrá de medidas de contención y/o productos absorbentes para la adecuada recogida de los derrames ocasionados.
- En caso de derrame, se cubrirá con material absorbente o aplicando otros métodos de contención. El material contaminado se gestionará como residuo peligroso.

También deberemos contar con medidas de prevención de vertidos de hormigón. Legalmente, las hormigoneras deben vaciarse de sobrantes y limpiar sus canaletas en su base, pero la realidad indica que si no se facilitan estas tareas en la misma obra se realizan de forma descontrolada causando problemas ambientales y paisajísticos. Para ello se habilitarán zonas para las limpiezas de cubas de hormigón: sobre zanjas y cimentaciones recién abiertas o sobre álveos ("cubetos") excavados y habilitados a tal efecto. En este último caso, deberá supervisarse si el contratista retira el hormigón cuando el álveo esté lleno y lo restaura cuando finalicen las obras.

**b) Residuos de obra y demolición (RCDs)**

En infraestructuras eólicas, la gestión de RCDs cobra gran importancia debido al volumen de movimiento de tierras realizado y las incertidumbres ambientales que conlleva.

Obviamente deberá supervisarse el cumplimiento del *Estudio de Gestión de los Residuos de Construcción* exigido por la normativa (R.D. 105/2008). Además, para prevenir vertidos y escombreras incontroladas, se supervisará que los restos de excavaciones se reutilicen prioritariamente en la misma obra. Si esto no fuera posible, los sobrantes de materiales de construcción o restos de excavaciones, se entregarán a gestor autorizado o se trasladarán al vertedero de RSU autorizado más próximo.

**c) Residuos peligrosos**

Se supervisará su correcto almacenaje (según normativa vigente) hasta su recogida por gestores autorizados.

**d) Residuos no peligrosos**

Ante la posibilidad de que se den fuertes vientos o existan animales que rebusquen en los residuos, en todas las zonas de obra se ubicarán contenedores resistentes al viento e inaccesibles a la fauna, ya que la insta-

lación de contenedores que no contemplan estos aspectos suelen producir que las zonas de obras y los alrededores estén llenos de elementos volátiles y residuos.

## Discusión y conclusiones

La falta de análisis de incertidumbres en los EsIA es uno de los aspectos que limitan la eficacia de los DAOs. Por ello se debe organizar el trabajo de la DAO de acuerdo con protocolos que no sólo tengan en cuenta el seguimiento de la aplicación de medidas protectoras establecidas sino también las lagunas de información del EsIA y el control de riesgos derivados de fallos humanos en el desarrollo del proyecto o imponderables de otro tipo (no siempre bien acotados en el EsIA).

Esta metodología requiere además que sea desarrollado por especialistas con experiencia en el dinamismo natural del sistema y que sean capaces no sólo de aplicar listas de chequeo basadas en experiencias previas, sino que, conscientes de la inevitable incertidumbre que rodea hasta a los mejores EsIA, se plantee la DAO como la vigilancia de un experimento y sea también capaz de detectar en una fase temprana cualquier imprevisto.

## Referencias bibliográficas

(1) Morrison-Saunders, A., Arts, J. 2004. Assessing impact. Handbook of EIA and SEA follow-up. Earthscan, Londres.

(2) Marshall, R., Morrison-Saunders, A. 2005. International principles for best practice EIA follow-up. *Impact Assessment and Project Appraisal*, 23(3): 175-181.

(3) Tennoy, A. 2008. Consequences of EIA Prediction Uncertainty on Mitigation, Follow-Up and Post-Auditing. *Standards and Thresholds for Impact Assessment, Environmental Protection in the European Union,* Vol. 3 (V): 447-461, Springer-Verlag, Heidelberg-Berlin, 2008.

(4) Lee, K. N. 1993. Compass and Gyroscope. Integrating Science and Politics for the Environment. Island Press, Washington.

(5) Sánchez Balibrea, J. *et al.,* 2007. Análisis de afecciones a rapaces rupícolas en los estudios de impacto ambiental mediante el uso de áreas de campeo estimadas, Actas del IV Congreso Nacional de Evaluación de Impacto Ambiental. Madrid.

# Empleo de los datos de seguimiento de avifauna durante la fase de construcción de parques eólicos para la estima de índices de riesgo de colisión específicos durante la fase de funcionamiento, utilizando modelos matemáticos

## *Use of Avifauna Monitoring Data during Pre-construction Phase of Wind Farms to Estimate Specific Collision Risk Index during the Operating Phase, Using Mathematical Models*

**E. MONTES CABRERO**
**A. PUENTE MONTIEL**
**J. GRANERO CASTRO**
**L. DÍAZ CALLEJA**
Área de Medio Ambiente y Sostenibilidad,
TAXUS MEDIO AMBIENTE, Oviedo, Asturias

**Resumen**

La construcción de parques eólicos y la necesidad de conocer con precisión el impacto que estos generan sobre grupos faunísticos como la avifauna, hacen necesaria la aparición de modelos matemáticos de predicción de colisiones que deben alimentarse con estudios de campo muy específicos.
En muchas comunidades autónomas se está exigiendo que los Estudios de Impacto Ambiental de parques eólicos incorporen un estudio de avifauna durante un ciclo anual completo. Estos estudios permiten caracterizar la comunidad de especies presentes, pero la toma de unos pocos datos adicionales permite recopilar la información necesaria para aplicar un modelo matemático de riesgo de colisión específico para las aves. Estos modelos permiten, a partir de los datos recogidos durante la fase pre-construcción del parque eólico, realizar una estimación de la mortalidad potencial de aves en la fase de funcionamiento, reforzando el papel de predicción del impacto de los estudios de impacto ambiental y posibilitando su estimación cuantitativa. Se presentarán los pasos necesarios para la aplicación práctica del *Scottish Natural Heritage Collision Risk Model*.

**Palabras clave**

Avifauna, parque eólico, mortalidad, Índice de Riesgo por Colisión Específico.

## Introducción y objetivos

El panorama actual de proliferación de parques eólicos dentro del ámbito nacional español ha motivado la exigencia de estudios específicos de avifauna den-

tro de las áreas de implantación de estos, incluidos y valorados dentro de los Estudios de Impacto Ambiental correspondientes.

Estos estudios, mediante la toma de unos determinados datos de campo, posibilitan la aplicación, entre otros, del *Scottish Natural Heritage Collision Risk Model* (Modelo *SNH* en adelante), permitiendo realizar una estimación cuantitativa de la afección ocasionada por las estructuras instaladas.

El objetivo del presente artículo es la aplicación del Modelo *SNH* con el fin de predecir la afección causada por la instalación de un parque eólico en la avifauna de la zona. Esta herramienta permitirá valorar el impacto causado por un parque eólico en una fase previa a la construcción de este y de manera cuantitativa, en consonancia con la dirección tomada por los estudios de impacto ambiental en busca de la predicción de los impactos y su cuantía.

## Material y métodos

### Trabajo de Gabinete

La aplicación del Modelo *SNH* (2) consta de tres fases:

#### *Fase I*

Consiste en el cálculo del número de aves que vuelan a través de la turbina en un cierto periodo de tiempo, definido mediante la siguiente ecuación:

$$N_a = (n \times V_r/V_w)/ t$$

Donde:

$n$ = ocupación de la zona de riesgo por las aves.
$V_r$ = volumen de barrido de los rotores.
$V_w$ = volumen de la zona de riesgo.
$t$ = tiempo que tarda el ave en atravesar el rotor.

Los parámetros de la ecuación se obtienen bien de las características técnicas del parque eólico y los aerogeneradores instalados, en el caso de los volúmenes de barrido y de la zona de riesgo; bien de una relación entre estas y la velocidad de vuelo de la especie, caso del tiempo de paso del ave por el rotor; o bien de los datos obtenidos de las jornadas de campo, caso de la ocupación de la zona de riesgo.

Especialmente remarcable es la ocupación de la zona de riesgo, puesto que es el factor que mayor variabilidad aporta a todo el modelo. Asimismo es una variable que depende directamente de la rigurosidad de los datos de campo y de la transformación de estos en los factores necesarios para el cálculo de la variable.

La variable "*n"* se calcula mediante dos factores, el número de individuos de la especie en el área del parque eólico y el tiempo de estancia de ésta en la zona de riesgo por colisión.

El número de individuos de la especie en el área del parque eólico se calcula mediante la siguiente ecuación:

$$N = [n_t \times (A_t / A_m)] / R$$

Donde:

$n_t$ = número total de observaciones de la especie.

$A_t$ = área total del parque eólico.

$A_m$ = área muestreada.

R = número de repeticiones de los muestreos.

El tiempo de estancia de la especie en la zona de riesgo por colisión es tomado generalmente al año y se define mediante la siguiente ecuación:

$$t = [( St_i ) / R] \times T_a$$

Donde:

$St_i$ = tasa de actividad en zona de riesgo de la especie en la jornada de muestreo i.

R = número de repeticiones de los muestreos.

Ta = tiempo total de actividad disponible para la especie durante un año.

La tasa de actividad en la zona de riesgo de la especie en cada jornada de muestreo, se obtiene de la relación entre los tiempos de vuelo en la franja de riesgo de cada uno de los individuos observados y el tiempo total de muestreo.

Mientras que el tiempo total de actividad disponible para la especie durante un año se calcula en función de las características tiempo de estancia de la especie en la zona, considerando de diferente manera especies invernantes, estivales o residentes.

### *Fase II*

Consiste en el cálculo de la probabilidad de que cada ave que pase a través del rotor colisione con una de las palas, determinándose según la siguiente ecuación:

*Probabilidad total* $= (1/\pi R2) \int\int p(r,\varphi)\, r\, dr\, d\varphi = 2 \int p(r)\, (r/R)\, d(r/R)$

*Probabilidad p de colisión de un ave determinada a un radio r desde la turbina*:

$$P(r) = (b\Omega/2\pi v)\,[K\,l \pm c \sin\gamma + \alpha \cos g\,\gamma + \begin{cases} l \text{ para } \alpha < \beta \\ w\,\alpha\,F \text{ para } \alpha > \beta \end{cases}$$

Donde:

b = número de palas del rotor
$\Omega$ = velocidad angular del rotor
v = velocidad del ave a través del rotor
c = ancho de la pala
$\gamma$ = ángulo de rotación de la pala
R = Radio mayor (m)
l = longitud del ave (m)
w = envergadura alar (m)
$\beta$ = ratio del ave (L/w) (m)
r = Radio del punto de paso del ave (m)
$\alpha$ = v / r
F = ave planeadora (F = 2/$\pi$) o ave no-planeadora (F = 1)
K = una dimensión (no existe grosor de pala) (K = 0) o tres dimensiones (K = 1)

La mayoría de las variables dependen de las especificaciones técnicas de los aerogeneradores instalados, mientras que otras dependen directamente de las características fisiológicas de la especie considerada.

### *Fase III*

Finalmente se multiplican los factores calculados en la Fase I y la Fase II para obtener el número de aves siniestradas al año.

### Trabajo de Campo

Para la realización de los muestreos en campo de los estudios de avifauna se ha utilizado una metodología mixta que combina dos métodos principales para el muestreo de avifauna (1):

- Itinerarios o transectos: El observador recorre un itinerario o ruta, registrando todas las especies, vistas u oídas, dentro de una banda de anchura prefijada en función de las características de la zona. Permite censar áreas mayores pero pasan desapercibidas algunas especies. En este caso se han fijado trayectos de unos 600-900 m de longitud, recorridos a paso lento, con un ancho de 100 m.
- Estaciones de censo: El observador se sitúa en un punto dominante, anotando todas las especies, vistas u oídas, dentro de una circunferencia de

radio prefijado en función de las características de la zona y durante un tiempo limitado, fijados en este caso en 250 m y 15 minutos, respectivamente. Permite detectar mejor especies que son difícilmente registradas en los transectos, pero abarca un área pequeña respecto del total del área a estudiar.

Durante el desarrollo de esta metodología, se han de tomar unos datos específicos para la correcta aplicación del modelo (Figura 1).

- Número de individuos.
- Distancia al observador: Deben de diferenciarse unas cinturas en torno al observador para predecir correctamente la abundancia de la especies. Normalmente se toman distancias menores de 30 m, de 100 m y mayores de 100 m.
- Altura de vuelo: Toda observación debe de situarse a una altura de vuelo, discriminando entre tres zonas. La zona delimitada por el barrido de las aspas del aerogenerador, la cual depende de las características técnicas de este y es considerada como susceptible de sufrir riesgo de colisión, y las franjas inferior y superior que no entrañan riesgo de colisión frente a las palas.
- Tiempo de estancia en zona de riesgo: Se toma el tiempo que pasa cada individuo observado dentro de la altura delimitada como de riesgo dentro del área estudiada.

*Figura 1*

La periodicidad de los muestreos debe ser lo suficientemente frecuente como para apreciar cualquier variación en la zona, realizándose por tanto de forma semanal. Cada visita debe adecuarse a los periodos de máxima actividad de las aves para maximizar los datos obtenidos del área. Debe realizarse durante un ciclo anual completo para poder obtener datos fiables de todas las especies que puedan hacer uso del área estudiada.

## Caso Práctico. Resultados y discusión

Se presenta un caso práctico en ayuda a la comprensión de la aplicación del modelo. Considerando un parque eólico situado en un enclave del occidente de la Comunidad Autónoma del Principado de Asturias, con las siguientes características técnicas (Tabla 1).

Se ha tomado el Buitre Leonado (*Gyps fulvus*) como especie tipo para la aplicación del modelo, debido a ser en una de las especies más afectadas por la implantación de los parques eólicos.

*Tabla 1. Especificaciones técnicas del parque eólico modelo*

| | |
|---|---|
| Área total del parque eólico | 4.810.176 $m^2$ |
| Número de aerogeneradores | 14 |
| Altura de buje | 110 m |
| Diámetro de rotor | 112,5 m |
| Altura máxima | 166,25 m |
| Ancho de pala | 2,5 m |
| Período de rotación | 3,16 seg |
| | |

Se inicia la aplicación del modelo calculando la ocupación de la zona de riesgo por la especie al año, a partir de los datos obtenidos durante las jornadas de campo.

El número de individuos se calcularía en base a los siguientes datos:

*Tabla 2. Datos obtenidos en los muestreos para el cálculo del número de individuos presentes en el área del parque eólico de la especie Gyps fulvus*

| | |
|---|---|
| Número de ejemplares totales observados | 122 individuos |
| Área total muestreada | 1.459.951 $m^2$ |
| | |

Dando como resultado un total de 7,72 individuos de *Gyps fulvus* dentro del área del parque eólico.

Asimismo, el tiempo de estancia en zona de riesgo para la especie durante un año se calcularía mediante los siguientes datos:

*Tabla 3. Datos calculados a partir de los muestreos para el cálculo del tiempo de estancia en la zona de riesgo de un individuo de la especie Gyps fulvus*

| | |
|---|---|
| Tasa de actividad media en la zona de riesgo por colisión | 0,0430 |
| Tiempo total disponible de actividad de la especie al año | 15.650.100 seg |
| Número de repeticiones | 52 semanas |
| $t_{Gyps}$ | 12.952,26 |

El resultado es de 12.952,26 s al año en los que un individuo de esta especie permanece en el área de barrido del aerogenerador.

Mediante estos dos parámetros obtenemos la ocupación de la zona de riesgo por las aves de la especie *Gyps fulvus*, que se introduce en el modelo como la variable "*n*" en la Fase I tomando un valor de 99.991,44 individuos.s.

El desarrollo del Modelo *SNH* se realiza sobre la base de los siguientes parámetros:

*Tabla 4.* Parámetros de aplicación al Modelo *SNH*

| | |
|---|---|
| Longitud | 1,03 m |
| Envergadura | 2,48 m |
| Modo de vuelo | Planeador |
| Velocidad de vuelo | 13,50 m/s |
| | |

Dando como resultado un valor en la Fase I de 234,907 pasos de individuos a través del rotor durante un año y un valor en la Fase II de un 10,9125% de probabilidad de que cada uno de esos pasos se traduzca en un choque con las palas de consecuencias mortales.

El resultado final es un *Specific Risk Index* (SRI en adelante) de 25,713 individuos siniestrados al año.

Este proceso aplicado al resto de especies que han sido observadas volando en la franja de altura considerada como de riesgo por colisión da los siguientes resultados totales (Tabla 5).

Las especies más afectadas corresponderían con el Buitre Leonado (*Gyps fulvus*), la Corneja Negra (*Corvus corone*), el Busardo Ratonero (*Buteo buteo*) y la Alondra Común (*Alauda arvensis*), mientras que el resto de especies debido a su baja abundancia o a su bajo uso de la zona de riesgo presentarían un riesgo menor.

Sin embargo, el modelo tal y como fue concebido, carece de un factor determinante en la predicción de las colisiones. Este factor es la respuesta del ave a la presencia del aerogenerador, es decir, el modelo considera que el ave no reacciona ante el aerogenerador según se acerca a él, lo cual es falso. Por tanto se debe determinar una tasa de evasión de los individuos.

Estas tasas de evasión varían tanto por especie y sus características fisiológicas y etológicas, como por las características orográficas de la zona. Por tanto es necesario un estudio exhaustivo de las tasas de evasión y la mortalidad por colisión en la zona dónde se va a implantar el parque eólico obtenidas de los parques eólicos ya instalados en el lugar (3). En caso de que por las características de la zona no fuera posible el obtener estas tasas de evasión se proponen dos escenarios posibles: uno optimista con alta evasión (un 99% de las colisio-

*Tabla 5.* SRI's finales obtenidos mediante la aplicación del Modelo *SNH* para el parque eólico modelo

| Especie | Parque eólico modelo Fase I | Fase II | SRI | SRI Total |
|---|---|---|---|---|
| *Accipiter nisus* | 1,0275 | 0,0868 | 0,0892 | **31,9247843** |
| *Aegithalos caudatus* | 0,0939 | 0,0509 | 0,0048 | **ind./año** |
| *Alauda arvensis* | 21,9819 | 0,0500 | 1,1000 | |
| *Anthus pratensis* | 0,3765 | 0,0566 | 0,0213 | |
| *Apus apus* | 0,1845 | 0,0641 | 0,0118 | |
| *Buteo buteo* | 9,9617 | 0,1017 | 1,0132 | |
| *Circaetus gallicus* | 0,1340 | 0,1182 | 0,0158 | |
| *Corvus corax* | 3,6057 | 0,1032 | 0,3721 | |
| *Corvus corone* | 35,3787 | 0,0817 | 2,8887 | |
| *Falco peregrinus* | 0,0302 | 0,0733 | 0,0022 | |
| *Falco tinnunculus* | 6,4465 | 0,0773 | 0,4983 | |
| *Fringilla coelebs* | 0,3783 | 0,0490 | 0,0185 | |
| *Garrulus glandarius* | 0,6351 | 0,0615 | 0,0391 | |
| *Gyps fulvus* | 234,9074 | 0,1091 | 25,7128 | |
| *Loxia curvirostra* | 0,1635 | 0,0543 | 0,0089 | |
| *Milvus milvus* | 0,8792 | 0,1319 | 0,1159 | |
| *Pyrrhocorax pyrrhocorax* | 0,0094 | 0,0726 | 0,0007 | |
| *Sturnus vulgaris* | 0,0052 | 0,0545 | 0,0003 | |
| *Turdus philomelos* | 0,1960 | 0,0565 | 0,0111 | |
| *Turdus pilaris* | 0,5098 | 0,0589 | 0,0300 | |

nes son evitadas) (3) y uno pesimista con baja evasión (un 95% de las colisiones son evitadas) (4).

Sin embargo, la aplicación de estas tasas de evasión debe realizarse con precaución puesto que una pequeña variación dentro de estas genera una variabilidad enorme en el SRI final (3).

## Conclusiones

Bajo un riguroso seguimiento de las comunidades avícolas en campo y una correcta aplicación de estos datos, el Modelo *SNH* permite obtener resultados **cuantitativos** de mortalidad en parques eólicos en una **fase anterior** a su instalación, siendo muy **fiables** en comparación con datos reales obtenidos de parques eólicos existentes, lo que sin duda aporta una **herramienta clave** en el desarrollo de los Estudios de Impacto Ambiental.

## Referencias bibliográficas

(1) Tellería, J. L. 1986. *Manual para el censo de los vertebrados terrestres.* Ed. Raíces. Madrid.
(2) Band, W., Madders, M., Whitfield, D.P. 2007. *Developing field and analytical methods to assess avian collision risk at wind farms. Bird and wind farms. Risk assessment and mitigation.* Ed. Quercus.
(3) Erickson, W. 2003. *Bird and bat fatality monitoring methods.* Ed. Wind Energy & Birds/Bats Workshop Proceedings.
(4) Chamberlain D. Freemans. 2005. *Wind Farm Collision Risk Model and its Application, Appraisal of Scottish Natural heritage's.* Ed. British Research Report.

# Propuesta metodológica para el estudio no invasivo de poblaciones de quirópteros en refugios próximos a parques eólicos

## *Proposed Methodology for the Non-Invasive Population Study of Bats in Refuges Close to Wind Farms*

**A. PUENTE MONTIEL**
**J. RODRÍGUEZ GARCÍA**
**J. GRANERO CASTRO**
Área de Medio Ambiente y Sostenibilidad,
TAXUS MEDIO AMBIENTE, Oviedo, Asturias

**Resumen**

Uno de los grupos de animales más afectados por los parques eólicos son los quirópteros. Además del seguimiento de las poblaciones de quirópteros presentes *in situ*, en el propio parque eólico, es muy importante la búsqueda de refugios diurnos en el entorno del parque eólico, que permite localizar la presencia y cuantificar las poblaciones de especies presentes en baja densidad y que por tanto pueden pasar desapercibidas durante los estudios con detectores de ultrasonidos en el campo. Debido al riesgo de perturbación fatal para los quirópteros que implicaría la exploración de los refugios por personas, es necesario el desarrollo de métodos no invasivos. Se presenta aquí una propuesta metodológica para la identificación y conteo de los quirópteros durante la salida de sus refugios, mediante la utilización de videocámaras de infrarrojo cercano y detectores de ultrasonidos con grabación en formato digital incorporada.

**Palabras clave**

Quirópteros, parques eólicos, seguimiento de refugios, ultrasonidos, bioindicadores, cuevas, detectores de murciélagos, infrarrojo.

## Introducción

Los quirópteros (murciélagos) son el grupo de mamíferos terrestres más amenazado a nivel mundial y nacional (1), al mismo tiempo que uno de los grupos animales más afectados por los parques eólicos (3), de ahí la gran importancia de su adecuado estudio dentro del procedimiento de evaluación de impacto ambiental de estas infraestructuras.

El procedimiento más generalizado para el seguimiento de quirópteros en parques eólicos es mediante el uso de detectores de ultrasonidos, ya sea mediante

la realización de estaciones y transectos por técnicos de campo cualificados o bien usando estaciones fijas de grabación automática. Este enfoque, si bien necesario, puede provocar que pasen desapercibidas especies presentes en baja densidad y/o cuyas emisiones de ecolocación sean difíciles de detectar mediante detectores de ultrasonidos. De ahí la necesidad de complementar los datos así obtenidos con otros sistemas. Entre los métodos clásicamente empleados se encuentran la captura mediante redes durante la actividad nocturna, o la exploración por personas de sus refugios diurnos usando fuentes de iluminación y frecuentemente material de espeleología (4). Estos métodos, además de no poderse aplicar a todas las especies, tienen el gran inconveniente de ser métodos invasivos, *i.e*. suponen una molestia más o menos importante para los animales, que incluso puede llegar a tener consecuencias fatales para un número elevado de individuos, algo claramente a evitar en la medida de lo posible en el caso de este grupo de animales tan amenazado.

La aparición en el mercado en los últimos años de nuevas herramientas como videocámaras de infrarrojo cercano y detectores de ultrasonidos con grabación en formato digital incorporada, ofrecen nuevas vías para el estudio no invasivo de los refugios de quirópteros, que sin embargo han sido escasamente aplicadas hasta el momento en nuestro país en los estudios de impacto ambiental de proyectos que potencialmente pueden afectar a estos animales.

## Objetivos

El objetivo del presente trabajo es presentar propuesta metodológica para el estudio no invasivo de poblaciones de quirópteros en sus refugios diurnos que puede ser de aplicación generalizada para la investigación de refugios próximos a parques eólicos y otros tipos de proyectos, desde industrias extractivas a infraestructuras de transporte.

Adicionalmente se expone a modo de caso práctico los resultados obtenidos de la aplicación de la metodología propuesta en Cueva Rosa, el refugio de quirópteros más importante de Asturias.

## Material y métodos

La metodología propuesta se basa en el empleo de videocámaras de infrarrojo cercano y detectores de ultrasonidos para cuantificar e identificar los quirópteros durante la salida (emergencia) de sus refugios diurnos.

El equipo básico empleado consta de los siguientes componentes (Figura 1):

**1. Videocámara de infrarrojo cercano**: La grabación en continuo de los movimientos de entrada y salida de los quirópteros a través de la entrada del refugio, permite cuantificar con gran precisión la población de quirópteros total y, en combinación con el detector de ultrasonidos, de cada especie. La videocámara

*Figura 1. Equipo en funcionamiento*

empleada debe tener buen comportamiento en modo de grabación infrarroja, resolución alta, baterías de larga duración y almacenamiento de alta capacidad.

**2. Detector de ultrasonidos**: Paralelamente a la videocámara, el detector graba de forma continua las emisiones ultrasónicas de los quirópteros que entran y salen del refugio. El análisis posterior de las grabaciones en el ordenador con *software* específico para análisis de sonidos permite identificar las especies (o grupos de especies) presentes, y en combinación con la grabación en infrarrojo, cuantificar cada una (Figura 2). Es necesario uno o varios detectores de ultrasonidos con micrófono de alta sensibilidad, que ofrezca grabación directa de ultrasonidos (para una identificación óptima de las especies), un soporte de grabación de alta capacidad y a ser posible, baterías de vida larga.

**3. Focos de infrarrojo cercano y baterías de larga duración**: Ofrecen la iluminación infrarroja necesaria para que la videocámara pueda grabar los movimientos de los quirópteros. La combinación de varios focos permite una adecuada iluminación de toda la entrada del refugio.

Los elementos del equipo se colocan estratégicamente en un radio de 5-10 metros en torno a la salida del refugio (evitando que puedan interferir de modo alguno en las trayectorias de vuelo de los quirópteros), y se ponen a funcionar 45 minutos antes de la hora del ocaso (para detectar los primeros individuos). Una visita rápida al oscurecer permite asegurarse de la correcta disposición de los focos de infrarrojo.

La práctica totalidad de los quirópteros que salen en una noche lo hacen entre media hora antes y tres horas después del ocaso, de forma que en este periodo se puede estimar con bastante precisión la población de quirópteros en el refugio mediante la diferencia entre salidas y entradas (2).

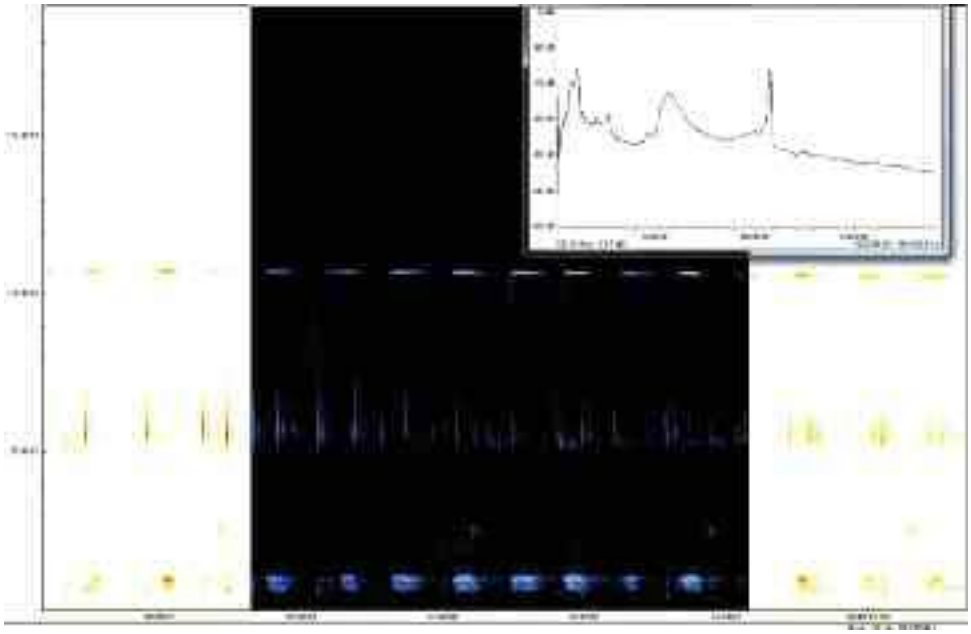


*Figura 2. Ejemplo de sonograma*

De ser necesario reemplazar las baterías y los soportes de grabación varias veces a lo largo de la noche, hay que coordinar las operaciones de forma que se minimice al máximo el número de visitas y el tiempo de las mismas (la presencia de personas e iluminación visible en las proximidades inmediatas de la entrada del refugio perturba el comportamiento de los quirópteros, por lo que debe evitarse en lo posible). Hay que tener en cuenta que en el caso de disponer el refugio de múltiples entradas, es necesario realizar el seguimiento simultáneamente en todas para obtener datos robustos.

Posteriormente en gabinete, el análisis combinado de las grabaciones permite contabilizar las poblaciones de cada especie: el conteo de las entradas y salidas se realiza mediante la visualización de las grabaciones de infrarrojo de la videocámara (este tipo de conteo permite una estima robusta de las poblaciones fuera de los periodos migratorios (2)), y la identificación de las especies se realiza conjuntamente mediante el análisis de las grabaciones de ultrasonidos del detector (usando el *software* de análisis acústico) de acuerdo a la información para la determinación específica existente en la bibliografía (1).

Es necesario subrayar que las especies y el número de individuos de cada una que hacen uso de un refugio varía a lo largo del ciclo anual. Debido a ello, una adecuada caracterización de un refugio implica realizar un censo con una periodicidad al menos mensual, y preferiblemente quincenal.

## Caso práctico: Cueva Rosa

Cueva Rosa (Figura 3), en el concejo asturiano de Ribadesella, es uno de los complejos kársticos más importantes de la cordillera cantábrica, con más de 3.5 km de extensión. Declarada como Reserva Natural Parcial dentro de la Red de Espacios Naturales Protegidos de Asturias, y Lugar de Importancia Comunitaria dentro de la Red Natura 2000 europea, está considerado el mayor refugio de quirópteros de la comunidad autónoma.

*Figura 3. Localización de Cueva Rosa e imagen de la entrada principal*

A modo de prueba en campo de la metodología propuesta para el seguimiento no invasivo de quirópteros en sus refugios diurnos, se realizaron dos jornadas de censo en Cueva Rosa, el 23-24 y el 28-29 de septiembre de 2010, dentro del marco del proyecto de redacción del plan de gestión del Lugar de Importancia Comunitaria de Cueva Rosa para su declaración como Zona de Especial Conservación, contratado a la consultoría ambiental *TAXUS MEDIO AMBIENTE* por la Consejería de Medio Ambiente del Principado de Asturias. El equipo consistió en una videocámara *Sony HDR-XR550VE*, un detector de ultrasonidos *Pettersson D1000x*, dos focos *YES E3009* y el *software BatSound Sound Analysis* 4.01.

## Resultados y discusión del caso práctico

Durante las 4,5 primeras horas de la noche se detectaron 3.310 salidas y 905 entradas de quirópteros en total, lo que supone una población estimada de 2.045 individuos totales. El número de salidas fue mayor al de entradas hasta 1:45 h después del ocaso, a partir del cual la tendencia se invirtió.

Se identificaron un total de 6 especies o grupos de especies: Murciélago grande de herradura (*Rhinolophus ferrumequinum*), Murciélago mediterráneo de herradura (*Rhinolophus euryale*), Murciélago mediano de herradura (*Rhinolo-*

*phus mehelyi*), Murciélago pequeño de herradura (*Rhinolophus hipposideros*), Murciélago de cueva europeo (*Miniopterus schreibersii*) y Murciélago ratonero grande / mediano (*Myotis myotis / M. oxygnatha* – no es posible distinguir entre ambas especies en base a sus emisiones de ecolocación) (Figuras 4 y 5). La especie más numerosa con diferencia fue el Murciélago de cueva europeo (2.069 individuos totales, 86.0% del total), seguida a distancia del Murciélago mediterráneo de herradura (245, 10.2%) y el Murciélago grande de herradura (62, 2.6%). Las especies detectadas son las mismas que aparecen recogidas en el Formulario de Datos Estándar de la Red Natura 2000 del Lugar de Importancia Comunitaria "Cueva Rosa" (código ES1200007), en su última actualización de 1 de febrero de 2004, excepto el Murciélago mediano de herradura, que no aparece previamente citada en la zona y de la que se identificaron una población mínima de 7 individuos.

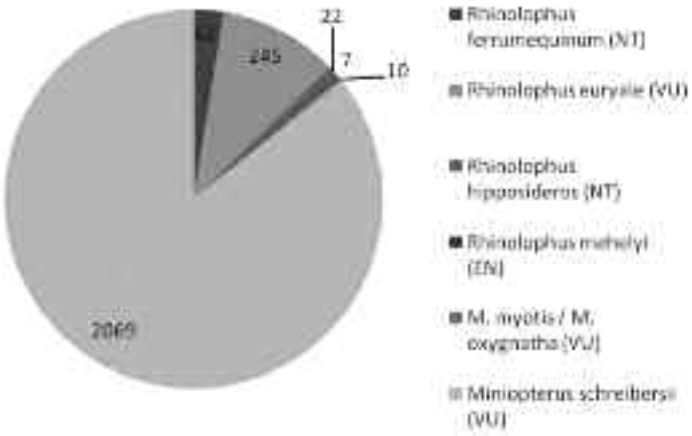



*Figura 4. Individuos detectados y estado de conservación (siglas entre paréntesis) de cada especie identificada mediante la aplicación de la metodología expuesta en Cueva Rosa (Asturias). Las categorías de amenaza, de acuerdo al Atlas y libro rojo de los mamíferos terrestres de España (1), son NT: Casi amenazado, VU: Vulnerable a la extinción, EN: En peligro de extinción*

## Conclusiones

La importancia de la adecuada valoración de los quirópteros dentro del procedimiento de evaluación de impacto ambiental radica en ser uno de los grupos más amenazados de nuestra fauna al mismo tiempo que uno de más afectados por los parques eólicos. En este artículo se propone una metodología para el estudio no invasivo de los refugios diurnos, para complementar al enfoque habitual de seguimiento mediante el uso de detectores de ultrasonidos. A modo de

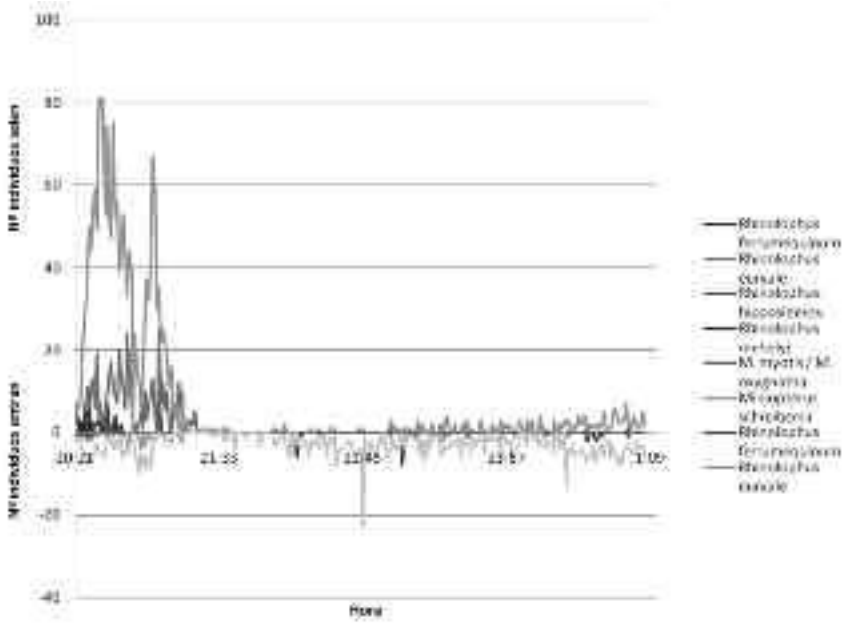


*Figura 5. Evolución temporal del número de individuos de cada especie obtenido en Cueva Rosa (Asturias). La parte superior del gráfico indica los individuos que salen, y la inferior los que entran*

caso práctico para ilustrar su utilidad, esta propuesta metodológica se ha aplicado en la cavidad más importante para los quirópteros de Asturias, y ha mostrado ser **robusta y recomendable**: se detectaron **todas las especies** anteriormente citadas en elevado número, y se identificó una **nueva especie** antes no localizada. Debido a los buenos resultados que ofrece, resulta de gran interés emprender este tipo de estudios dentro de la evaluación de impacto ambiental de proyectos que puedan afectar a los quirópteros.

## Referencias bibliográficas


(1) Palomo, L. J., Gisbert, J., Blanco, J. C. (ed.) 2007. *Atlas y libro rojo de los mamíferos terrestres de España*. Dirección General para la Biodiversidad –SECEM– SECEMU, Madrid.

(2) Quetglas, J. 2010. *Emergencia en murciélagos cavernícolas*. III Jornadas de la SECEMU, La Coruña.

(3) Rodrigues, L., Bach, L., Dubourg Savage, M. J., Goodwin, J., Harbusch, C. 2008. *Guidelines for consideration of bats in wind farm projects*. *EUROBATS Publication Series, 3*, Bonn.

(4) Sutherland, W. J. (ed.) 2006. *Ecological census techniques: A handbook* (2ª ed.). *Cambridge University Press*, Cambridge.

# Recomendaciones para el diseño de programas de seguimiento de aves y quirópteros en parques eólicos mediante metodologías estandarizadas

## *Regional Variability Estimates in the Risk of Collision Rates of Birds as a Result of the Installation of Wind Farms by Means of Mathematical Modelos in the Absence of Field Specific Data*

**E. MONTES CABRERO**
**J. CORDÓN EZQUERRO**
**R. MATEOS CUERVO**
**J. RODRÍGUEZ GARCÍA**
**A. ESCRIBANO BLANCO**
**E. BRAVO ROMÁN**
**A. PULGAR NORIEGA**
**J. GRANERO CASTRO**
Área de Medio Ambiente y Sostenibilidad,
TAXUS MEDIO AMBIENTE, Oviedo, Asturias

**Resumen**

Las aves y los quirópteros son dos de los grupos faunísticos más afectados por los parques eólicos. Debido a ello, en la mayoría de las ocasiones se exige que el estudio de impacto ambiental incluya un seguimiento de campo de estos animales. Es deseable que la metodología empleada siga unas pautas estrictas, estandarizadas y establecidas sobre la base de criterios científicos. El panorama nacional es que en muchas comunidades autónomas la administración no pide ninguna metodología concreta (dando lugar a niveles de detalle muy diferentes entre los estudios elaborados por diferentes consultorías ambientales) y en los casos en los que existe una metodología más o menos definida en el ámbito autonómico, ésta no sigue las metodologías ya estandarizadas, consensuadas y empleadas en otros países.

**Palabras clave**

Avifauna, quiropterofauna, programa de seguimiento y vigilancia ambiental, parque eólico, metodología.

## Introducción y objetivos

La situación actual de la producción energética hace que exista una creciente presencia de proyectos de construcción de parques eólicos. La avifauna y la quirópterofauna son los dos grupos faunísticos que verán más comprometida su estabilidad como consecuencia de este aumento de importancia de la energía eólica.

Actuando en consecuencia, muchas comunidades autónomas han comenzado a exigir seguimientos de campo para estos animales, con el fin de caracterizar las comunidades de estos grupos en la zona de instalación del parque eólico. Sin embargo, dentro de estas exigencias no se plantea una metodología concreta, o, en ocasiones, sí se plantea pero de manera muy difusa, lo que da lugar a niveles de detalle muy diferentes entre los estudios elaborados por observadores distintos.

El objetivo principal de esta serie de recomendaciones es el de establecer unas pautas estandarizadas y estrictas para el diseño de programas de seguimiento de aves y quirópteros en parques eólicos. El resultado de esta estandarización sería el de realizar estudios comparables a la hora de analizar los datos resultantes independientemente del observador, sobre todo teniendo en cuenta el beneficio que esto representaría para la comprensión de los daños que pueden ocasionar proyectos de este calibre tanto para la administración como para el público en general.

## Material y métodos

### Avifauna

A continuación se detallan una serie de pautas metodológicas sobre las cuales se desarrollarán los planes de seguimiento de aves: [1][2][3]

- El estudio debe realizarse en un radio en torno a 5 km del parque eólico.
- La realización de un estudio pre-construcción durante al menos un ciclo anual completo se considera imprescindible para caracterizar las comunidades de animales que sufrirán las consecuencias de la ejecución del proyecto.
- El seguimiento de la avifauna será semanal y extendido durante todo el periodo de actividad anual.
- El seguimiento debe abarcar la totalidad del parque eólico, incluyendo estructuras del parque que se encuentren en un plano más alejado, tales como aerogeneradores aislados, líneas eléctricas, etc.
- La metodología de muestreo debe incluir dos tipos de métodos:
  - Estaciones de censo, situándose el observador en un punto dominante, anotando todas las especies vistas u oídas, durante un periodo de tiempo prefijado. Útil para observar especies que sobrevuelan la zona del parque.
  - Itinerarios o transectos, de unos 600 – 900 m recorridos a paso lento, anotando todas las especies vistas y oídas en la dirección del recorrido, evitando así solapamiento de individuos. Permite caracterizar las poblaciones que se sitúan en el área del parque eólico.
- Se recomienda realizar un estudio específico de aves planeadoras, mediante el mapeado en campo de los movimientos realizados por estas, pu-

diendo identificar territorios, áreas de campeo, desplazamientos frecuentes y las zonas de anidada de las especies reproductoras en la zona.

- El seguimiento visual debe diferenciar tanto las distancias desde el observador hasta el ejemplar observado (0-30 m, 30-100 m, más de 100 m), así como la dirección de vuelo que lleve.
- Asimismo también debe contabilizar el tiempo de vuelo de las observaciones dentro de la franja definida como susceptible de sufrir riesgo por colisión frente al giro de las aspas, dependiendo directamente de las especificaciones técnicas de los aerogeneradores a instalar en el parque eólico en cuestión (Figura 1).

*Figura 1*

- Se tendrá en cuenta el comportamiento y la biología de las especies de cada zona, adecuando los horarios de visita a los momentos de máxima actividad, siendo esta durante las 4 primeras horas tras el amanecer y las dos horas y media anteriores al ocaso.
- El seguimiento de mortalidad mediante búsqueda de cadáveres durante la fase de funcionamiento se extenderá al menos durante 2 años, siendo recomendable extenderlo durante toda la vida útil del parque eólico y seguirá las siguientes directrices:
  - Periodicidad de 2 a 5 días, adecuado al tiempo de permanencia de cadáveres en el área, siendo mayor en caso de abundante presencia de carroñeros en la zona.
  - Radio de búsqueda igual a la altura del aerogenerador, con un mínimo de 50 m.
  - La búsqueda debe realizarse en todos los aerogeneradores del parque eólico, pudiendo darse grandes diferencias de mortalidad entre distintos aerogeneradores.
  - Ensayos (al menos uno por estación del año) con aves muertas de, al menos, tres categorías de tamaño diferentes, para estimar la tasa de desaparición de cadáveres por carroñeros y la tasa de eficacia de búsqueda (detectabilidad) por parte de los investigadores.

Respecto al material a utilizar, se debería contar como mínimo con los siguientes elementos:

- Prismáticos de gama media–alta, preferiblemente de dimensiones 10x42. (Foto 1).
- Telescopio terrestre (Foto 2).
- Grabadora y micrófono profesional (Foto 3).

*Foto 1. Prismáticos de gama media-alta*

*Foto 2. Telescopio terrestre*

*Foto 3. Grabadora y micrófono profesional*

## Quirópterofauna

Los planes de seguimiento de quirópteros seguirán, como mínimo, las directrices indicadas a continuación: [4][5][6][7]

- El estudio se realizará en un radio de 10 km en torno al parque eólico, ampliándose en caso de detectarse especies de grandes desplazamientos de alimentación, como *Nyctalus lasiopterus*.
- Al igual que en las recomendaciones de aves, se considera imprescindible un estudio pre-construcción durante al menos un ciclo anual completo.
- El seguimiento de quirópteros se extenderá a lo largo de todo el periodo de actividad anual siendo como referencia general, del 15 de febrero al 15 de diciembre.

- El seguimiento abarcará la totalidad del parque eólico, inclusive los elementos más alejados de este.
- La realización de muestreos fijos en emplazamientos próximos al área estudiada con características similares, a modo de zona control, así como búsquedas de refugios potenciales se considera de vital importancia en el desarrollo de los seguimientos.
- La periodicidad del seguimiento por ultrasonidos debe ser semanal.
- Siguiendo el criterio de EUROBATS, cada jornada de muestreo por ultrasonidos debe realizarse a lo largo de las dos primeras horas de la noche en los periodos de baja actividad, considerados entre el 15 de febrero y el 15 de marzo y entre el 1 de noviembre y el 15 de diciembre; y durante las cuatro primeras horas en los de alta actividad, considerados entre el 15 de marzo y el 31 de octubre).
- Se realizarán al menos muestreos por ultrasonidos de noche completa dos días por mes durante los meses de mayor actividad, desde junio a septiembre; junto con un muestreo de noche completa un día al mes en el mes de mayo.
- El seguimiento de mortalidad mediante búsqueda de cadáveres durante la fase de funcionamiento seguirá las mismas directrices que en el caso de la avifauna:
  - Periodicidad de 2 a 3 días, adecuado al tiempo de permanencia de cadáveres en el área, siendo mayor en caso de abundante presencia de carroñeros en la zona.
  - Radio de búsqueda igual a la altura del aerogenerador, con un mínimo de 50 m.
  - La búsqueda debe realizarse en todos los aerogeneradores del parque eólico, pudiendo darse grandes diferencias de mortalidad entre distintos aerogeneradores.
  - Ensayos (al menos uno por estación del año) con murciélagos muertos o en su defecto ratones frescos de color pardo para estimar la tasa de desaparición de cadáveres por carroñeros y la tasa de eficacia de búsqueda (detectabilidad) de los investigadores.
- El seguimiento durante la fase de funcionamiento, tanto el de actividad mediante detectores de ultrasonidos (en el parque y en la zona control) como el de mortalidad mediante la búsqueda de cadáveres, se extenderá mínimo, durante 5 años siendo recomendable ampliarlo a la vida útil del parque eólico debido a las características que presentan las poblaciones de quirópteros, ya que siguen una estrategia vital tipo K que implica que las tendencias poblacionales ocurren en plazos prolongados de tiempo.

El material imprescindible en la realización de los seguimientos deberá constar de:

- Personal experimentado (Foto 4).
- Detectores de ultrasonidos profesionales (no heterodinos) (Foto 5).

*Foto 4. Investigador realizando muestreos con un detector de ultrasonidos*

*Foto 5. Detector de ultrasonidos profesional (no heterodino)*

- Software de análisis de ultrasonidos para posterior análisis de las grabaciones (Figura 2).

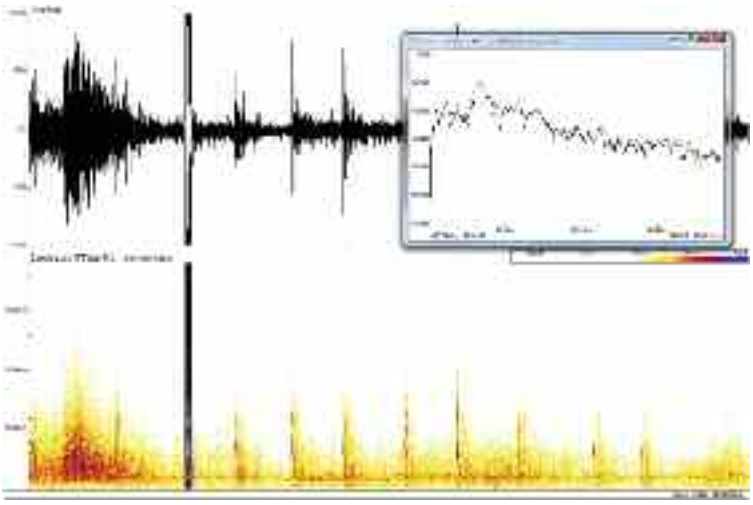


*Figura 2. Software de análisis de ultrasonidos*

## Conclusiones

Mediante estas directrices, la realización de programas de seguimiento de avifauna y quirópterofauna permitirá obtener una **base de datos completa**, que cumplirá con todos los requisitos necesarios para realizar estudios mediante **estimaciones de la mortalidad** sufrida, las **sinergias** que puedan presentar, entre sí, parques eólicos cercanos y una **caracterización clara** de las especies presentes en la zona, la **densidad** en la que se presentan y sus **comportamientos**.

## Referencias bibliográficas

[1] Tellería, J. L. 1986. *Manual para el censo de los vertebrados terrestres*. Ed. Raíces. Madrid.

[2] Bibby, C. Jones, M., Marsden, S. 2008. *Expedition Field Techiniques, Bird Surveys.* Geography Outdorrs: The Centre Supporting Field Research, Exploration and Outdoor Learning. Royal Geographical Society with IBG.

[3] Gilbert, G., Gibbons, D. W., Evans, J. 1998. *Bird Monitoring Methods - a manual of techniques for key UK species.* Ed. RSPB. Sandy.

[4] Puente, A. 2010. *Recomendaciones para el seguimiento de murciélagos en la evaluación de impacto ambiental de parques eólicos.* www.barbastella.org

[5] Rodrigues, L., Lothar Bach, Dubourg Savage, M.-J., Goodwin, J., Harbusch, C. 2008.*Guidelines for consideration of bats in wind farm projects.* EUROBATS Publication Series, 3 (2008).

[6] Duborg Savage, M. J. 2010. *Impact of wind turbines on bats both in France and in Europe.* III Jornadas de la Asociación Española para la Conservación y el Estudio de los Murciélagos (SECEMU).

[7] Arnett, E. B., Erickson, W. P., Kerns, J., Horn, J. 1994. *Relationships between bats and wind turbines in Pennsylvania and West Virginia.* Bats and Wind Energy Cooperative (2005). [5] Flight speeds of birds determined using Doppler radar. Aborn D.A., Ed. Wilson Bull., 106 (1): 155-156.

# Diseño y explotación de una red regional de vigilancia ambiental para proyectos de dragado de mantenimiento de calados mediante la aplicación de las recomendaciones del CEDEX, normas ROM y DMA

## *Design and Operation of a Regional Environmental Monitoring Programa for Maintenance Dredging Projects through the Implementation of the Recommendations of CEDEX, ROM Standards and Water Framework Directive*

**L. DÍAZ CALLEJA**
**J. GRANERO CASTRO**
**E. BRAVO MORÁN**
Área de Medio Ambiente y Sostenibilidad,
TAXUS MEDIO AMBIENTE, Oviedo, Asturias

## Resumen

Los trabajos de dragado de los puertos españoles son labores de gran importancia en el mantenimiento del correcto funcionamiento de estas infraestructuras, así como en casos de ampliación de su capacidad. Estas tareas de dragado llevan asociado el vertido del material extraído, generalmente mar adentro, que debe someterse previamente a una autorización, de forma que se evalúe si es ambientalmente viable.
Se ha diseñado una red de vigilancia ambiental en la cual, en primer lugar, se evalúa la compatibilidad (en cuanto a granulometría y compuestos químicos) de los sedimentos que serán sometidos a dragado y los sedimentos de la zona de vertido elegida; en segundo lugar, se realiza el control del desarrollo de los trabajos de dragado y vertido de materiales y, por último, se lleva a cabo la monitorización de la evolución del medio tanto en el interior del puerto como en la zona de vertido del material extraído. Esta red integra varias metodologías: las Recomendaciones para la Gestión del Material Dragado en los Puertos Españoles (CEDEX, 1994) (1), las Recomendaciones de Obras Marítimas y Portuarias (Programa ROM) (2) y las directrices de la Directiva Marco del Agua (DMA) (3).
Esta Red Regional de Vigilancia Ambiental ha sido implementada en tres puertos asturianos. De esta forma, se puede tener una visión global de la situación de las aguas costeras en el Principado de Asturias.

## Palabras clave

Puertos, indicadores biológicos, parámetros físico-químicos, fitoplancton, macroinvertebrados bentónicos, Directiva Marco del Agua, normas ROM, recomendaciones del CEDEX.

## Introducción

El Servicio de Puertos Infraestructuras del Transporte de la Consejería de Medio Ambiente, Ordenación del Territorio e Infraestructuras del Principado de Asturias realiza dragados periódicos en los puertos de titularidad autonómica, bien por razones de mantenimiento de calados, bien por ampliaciones u otro tipo de obras. Estas tareas de dragado deben someterse a una autorización, ya que pueden aparecer recogidas tanto en el Anexo I como en el II del RDL 1/2008 (4).

Para llevar a cabo una evaluación ambiental de todo el proceso de dragado y vertido, tanto de forma previa a su realización como en lo referente a un seguimiento de la evolución del medio después del final de las obras, se ha diseñado una metodología que aglutina tres métodos diferentes de aplicación contrastada, y complementarios para obtener un análisis completo y exhaustivo de la calidad del medio en el interior del puerto y en el punto de vertido. En este trabajo se resumen los resultados obtenidos tras aplicar dicha metodología a los puertos de Figueras, San Juan de la Arena y Llanes.

## Material y métodos

El material dragado puede ser destinado a varios fines, entre los que se encuentran su vertido en vertedero, regeneración de playas o, más frecuentemente, su vertido en alta mar. Este hecho se encuentra regulado en las Recomendaciones para la Gestión del Material Dragado en los Puertos Españoles (1).

Por tratarse de zonas portuarias, son también de aplicación el Programa de Recomendaciones para Obras Marítimas (ROM 5.1. Calidad de las Aguas Litorales en Áreas Portuarias) (2), y la Directiva Marco del Agua (DMA) (3).

Mediante la aplicación de estas tres metodologías tanto a la zona a dragar como al punto de vertido, es posible establecer indicadores que permitan evaluar la viabilidad de los dragados a efectuar en términos ambientales, valorar el impacto provocado por el dragado y posterior vertido y estimar las posibles afecciones causadas a espacios pertenecientes a la Red Natura 2000.

### 1. Recomendaciones CEDEX

Caracteriza los sedimentos en dos etapas:

- Etapa I: Caracterización física y determinación del contenido en materia orgánica.
- Etapa II: Caracterización química de los sedimentos en cuanto a su contenido en substancias tóxicas.

La concentración de los compuestos químicos analizados determina la pertenencia de los sedimentos al Nivel de Acción 1 o Nivel de Acción 2, en función de los límites que se indican en la Tabla 1.

*Tabla 1. Niveles de acción según las concentraciones de los compuestos químicos*

| | Nivel de Acción 1 | Nivel de Acción 2 |
|---|---|---|
| Mercurio | 0,60 | 3,00 |
| Cadmio | 1,00 | 5,00 |
| Plomo | 120,00 | 600,00 |
| Cobre | 100,00 | 400,00 |
| Zinc | 500,00 | 3.000,00 |
| Cromo | 200,00 | 1.000,00 |
| Arsénico | 80,00 | 200,00 |
| Níquel | 100,00 | 400,00 |
| Σ 7 PCB's (*) | 0,03 | 0,10 |

* Policloro bifenilos 28, 52, 101, 118, 138, 153, y 180.
Concentraciones referidas a la fracción fina del sedimento (diámetro inferior a 63 mm), expresadas en mg/kg de materia seca.

Aquellos sedimentos cuyas concentraciones de compuestos tóxicos sean inferiores al Nivel de Acción 1 pertenecerán a la Categoría I. Los materiales con concentraciones superiores a las indicadas en el Nivel de Acción 1 e inferiores al Nivel de Acción 2 se clasificarán como Categoría II. Las concentraciones superiores supondrán la inclusión de los sedimentos correspondientes dentro de la Categoría III. La Tabla 2 indica las características de los sedimentos de cada categoría y las limitaciones que el CEDEX establece para su vertido.

*Tabla 2. Categorías del material dragado en función de los efectos que pueden producir sobre la biota marina y los usos a que pueden ser destinados*

| Categoría | Características |
|---|---|
| I | Efectos sobre fauna y flora nulos. Pueden verterse considerando los efectos mecánicos. |
| II | Concentraciones moderadas de contaminantes. Se podrán verter al mar de forma controlada. |
| III | Concentraciones elevadas de contaminantes. Deberán ser aislados de las aguas marinas o sometidas a tratamiento. |

## 2. Programa ROM

Las Normas incluidas en el Programa ROM se aplican para la evaluación del Estado Ecológico (aguas no modificadas) y el Potencial Ecológico (aguas modificadas) de la zona de vertido y de dragado. Evalúan la calidad de la columna de agua (medio pelágico) y el sedimento (medio bentónico) de acuerdo con el diagrama de flujo incluido en la Figura 1.

$I_{AG}$: Índice de la calidad de la columna de agua
$I_{SED}$: Índice de la calidad de sedimentos
$I_{FR}$: Índice de la calidad de las comunidades de fondos rocosos

*Figura 1. Esquema del proceso de valoración del Estado Ecológico o del Potencial Ecológico de una masa de agua*

Para ello se aplican los siguientes indicadores (ver Tabla 3):

*Tabla 3. Indicadores del Estado o del Potencial Ecológico para el medio pelágico y el medio bentónico*

| | Indicadores del Estado y Potencial Ecológico |
|---|---|
| Medio Pelágico | Saturación $O_2$ |
| | Turbidez |
| | Hidrocarburos Totales |
| | Detergentes |
| | Clorofila 'a' |
| Medio Bentónico | Carbono Orgánico Total |
| | Nitrógeno Kjeldahl |
| | Fósforo Total |
| | Metales Pesados |
| | Policlorobifenilos |
| | Hidrocarburos Aromáticos Policíclicos |
| | Comunidades Características |

## 3. DMA

La última metodología incluida en la Red Regional de Vigilancia Ambiental propuesta, se basa en indicadores de la Directiva Marco del Agua. En este caso,

se utilizan principalmente dos indicadores biológicos de la calidad de la columna de agua y del sedimento, respectivamente.

La calidad de los fondos sedimentarios se evalúa mediante el uso del índice AMBI (5). El índice AMBI establece la calidad ecológica de costas y estuarios a través de la clasificación de las especies identificadas en la muestra en cinco grupos ecológicos, en función de su tolerancia a la contaminación. También es posible realizar el análisis multivariante que determina el valor de M-AMBI, incorporando, además del valor del índice AMBI, la diversidad y la riqueza específica de cada punto muestreado.

En cuanto a la columna de agua, se toman muestras para el estudio de la comunidad de fitoplancton aplicando el índice FITO, desarrollado por la Universidad de Cantabria (2006, Inédito). Este índice establece rangos de calidad para la concentración de clorofila 'a' y la concentración de varios géneros y especies de fitoplancton tóxico (en células/l). El valor final del índice FITO será la media de las calidades según la concentración de clorofila y la concentración de fitoplancton nocivo.

## Resultados

La Red Regional de Vigilancia Ambiental descrita ha sido aplicada en los puertos de competencia autonómica en el Principado de Asturias. A continuación se muestran los resultados obtenidos en tres de estos puertos, localizados en el oeste, centro y este de la costa asturiana. Son: el puerto de Figueras, en el municipio de Castropol; el puerto de San Juan de la Arena, en el municipio de Soto del Barco; y el puerto de Llanes, en el municipio del mismo nombre. Su localización se indica en la Figura 2.

*Figura 2. Localización de los puertos de Figueras, San Juan de la Arena y Llanes*

## 1. Puerto de Figueras

El puerto de Figueras, en Castropol, se encuentra próximo a la desembocadura del río Eo, frontera natural entre Galicia y Asturias. Ante el próximo dragado de mantenimiento que se va a efectuar, se ha aplicado la metodología antes indicada para el análisis de una muestra en el punto de dragado y una muestra en la zona de vertido, obteniéndose los siguientes resultados:

- Recomendaciones del CEDEX: El resultado de las granulometrías muestra porcentajes de finos, arenas y gruesos muy similares en el punto de vertido y de dragado. Lo mismo ocurre con el porcentaje de Carbono Orgánico Total. Según el análisis químico, todos los parámetros analizados, en ambos puntos, indican la pertenencia de los sedimentos a la Categoría I
- Programa ROM 5.1: Los parámetros estudiados para la calidad de la columna de agua y de los fondos (blandos en este caso) muestran resultados de calidad muy buena para los dos puntos muestreados (puerto y vertido).
- DMA: Los resultados obtenidos al aplicar el índice FITO a la concentración de clorofila 'a' y la abundancia de especies de fitoplancton tóxicas indican que la calidad en los dos puntos es muy buena. El índice M-AMBI, ofrece resultados de calidad muy buena tanto en el puerto como en el punto de vertido, aunque esta calidad es ligeramente superior en el punto de vertido.

Según lo expuesto, no se encuentra ningún impedimento para que los materiales dragados en el puerto de Figueras puedan ser vertidos libremente al mar, con la sola consideración de los efectos de naturaleza mecánica sobre el punto de vertido.

## 2. Puerto de San Juan de la Arena

Este puerto, situado en Soto del Barco, se encuentra en la costa central del Principado de Asturias, próximo a la desembocadura del río Nalón. Se proyecta el dragado de este puerto con el fin de ampliar la capacidad del mismo. Al igual que el en caso anterior, se aplica la metodología propuesta en esta red de vigilancia ambiental. Los resultados son los siguientes:

- Recomendaciones del CEDEX: El resultado de las granulometrías muestra ciertas diferencias en los porcentajes, encontrándose mayor proporción de finos en el puerto que en el punto propuesto para el vertido, y mayor proporción de gruesos en el punto de vertido que en el de dragado. En cuanto al análisis químico, todos los parámetros analizados, en ambos puntos de muestreo, indican la pertenencia de los sedimentos a la Categoría I.
- Programa ROM 5.1: Los parámetros estudiados muestran resultados de calidad insuficiente en ambos casos, a consecuencia de unos niveles de hidrocarburos demasiado elevados.

- DMA: Los resultados obtenidos al aplicar el índice FITO indican que la calidad del agua en el puerto es moderada, puesto que se encuentra una concentración de células de fitoplancton tóxico relativamente alto. Según este mismo índice, la calidad en el punto de vertido es muy buena.
- El índice M-AMBI muestra calidades, de media, similares en ambos puntos, siendo ésta buena.

La posibilidad de disponer de varias herramientas que evalúen la calidad del agua y el sedimento utilizando indicadores de diferente naturaleza (en este caso, parámetros físico-químicos y biológicos) permite concluir que el alto contenido en hidrocarburos que condiciona la insuficiente calidad de la columna de agua (ROM) puede deberse a una situación puntual, puesto que los indicadores biológicos (índices FITO y M-AMBI) no reflejan la misma alteración.

De nuevo, estos resultados indican que es viable el vertido del material dragado en el puerto de San Juan de la Arena en el punto estudiado para su vertido.

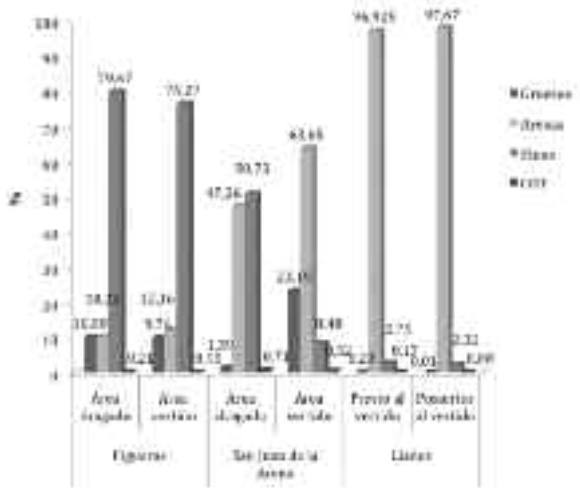
### 3. Puerto de Llanes

El puerto de Llanes se ubica en el oriente de Asturias. Con motivo del dragado de mantenimiento que se ha realizado recientemente en este puerto, se aplicó la metodología propuesta en esta Red de Vigilancia, habiendo sido posible, además, realizar el seguimiento de la evolución del medio en la zona de vertido tras las labores de dragado y vertido, llevando a cabo los mismos análisis con carácter previo y dos meses después del vertido del material dragado. Los resultados obtenidos son los que se indican a continuación:

- Recomendaciones del CEDEX: El resultado de las granulometrías muestra que la distribución en gruesos, arenas y finos es prácticamente igual antes del vertido que dos meses después del mismo. En cuanto al análisis químico, todos los parámetros analizados, en ambas situaciones, indican la pertenencia de los sedimentos a la Categoría I.
- Programa ROM 5.1: Los parámetros analizados para la estima de la calidad de la columna de agua y de los fondos (de nuevo, fondos blandos) muestran resultados de calidad insuficiente antes del vertido y muy buena después.
- DMA: Por último, los resultados tras aplicar el índice FITO indican que la calidad del agua en el punto de vertido antes del mismo era Buena y después mantenía este nivel. El índice M-AMBI, no obstante, presenta resultados muy buenos antes del vertido y buenos después del mismo, por lo que este indicador sí refleja una disminución de la calidad a consecuencia del vertido, aunque ligera. Esto es así debido a que los macroinvertebrados bentónicos muestran una velocidad de recuperación más lenta que otros indicadores como los parámetros físico-químicos.

Estos resultados son reflejo de la evolución del medio marino una vez se ha efectuado un vertido de materiales dragados en un puerto. Repasando estos datos se concluye que, en este caso, el efecto negativo no resulta significativo dos meses después del vertido.

En la Figura 3 y las Tablas 4 a 7 se resumen los resultados antes indicados.



COT: Carbono Orgánico Total

*Figura 3. Caracterización física y determinación del contenido en materia orgánica de cada uno de los puertos analizados*

*Tabla 4. Categoría de las muestras de cada puerto según los parámetros analíticos indicados por las Recomendaciones del CEDEX*

| Parámetro | Figueras | | San Juan de la Arena | | Llanes | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | Área de dragado | Área de vertido | Área de dragado | Área de vertido | Precio al vertido | Posterior al vertido |
| Arsénico (mg/kg) | I | I | I | I | I | I |
| Cadmio (mg/kg) | I | I | I | I | I | I |
| Cobre (mg/kg) | I | I | I | I | I | I |
| Cromo (mg/kg) | I | I | I | I | I | I |
| Mercurio (mg/kg) | I | I | I | I | I | I |
| Níquel (mg/kg) | I | I | I | I | I | I |
| Plomo (mg/kg) | I | I | I | I | I | I |
| Zinc (mg/kg) | I | I | I | I | I | I |
| S 7 PCB's (μg/kg) | I | I | I | I | I | I |
| Materia orgánica (COT) (%) | I | I | I | I | I | I |

* Policloro bifenilos 28, 52, 101, 118, 138, 153, y 180.

*Tabla 5. Potencial y Estado Ecológico según la metodología ROM aplicada a los tres puertos*

| ROM | Figueras | | San Juan de la Arena | | Llanes | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | Área de dragado | Área de vertido | Área de dragado | Área de vertido | Previo al vertido | Posterior al vertido |
| $I_{CQ}$ | 4,16 | 4,16 | 4,17 | 3,83 | 5 | 5 |
| $I_{CO}$ | 5 | 5 | 4,5 | 4,5 | 5 | 5 |
| $I_{SED}$ | 9,16 | 9,16 | 8,67 | 8,33 | 10 | 10 |
| $I_{AG}$ | 9,3 | 9,3 | 2 | 2 | 2 | 9,3 |
| Estado Ecológico | Muy bueno | Muy bueno | Insuficiente | Insuficiente | Insuficiente | Muy Bueno |

$I_{CQ}$: Índice de la contaminación química.
$I_{CO}$: Índice de la contaminación orgánica.
$I_{SED}$: Índice de la calidad de sedimentos.
$I_{AG}$: Índice de la calidad de la columna de agua.

*Tabla 6. Resultados del índice FITO en los puertos analizados*

| Puerto | Muestra | Parámetro | Valor asignado | | Calidad |
|---|---|---|---|---|---|
| Figueras | Área dragado | Cla | Muy Buena | 5 | Muy Buena |
| | | Tox | Muy Buena | 5 | |
| | Área vertido | Cla | Muy Buena | 5 | Muy Buena |
| | | Tox | Muy Buena | 5 | |
| San Juan de la Arena | Área dragado | Cla | Muy Buena | 5 | Moderada |
| | | Tox | Deficiente | 2 | |
| | Área vertido | Cla | Muy Buena | 5 | Muy Buena |
| | | Tox | Muy Buena | 5 | |
| Llanes | Previo al vertido | Cla | Muy Buena | 5 | Buena |
| | | Tox | Buena | 4 | |
| | Posterior al vertido | Cla | Muy Buena | 5 | Buena |
| | | Tox | Moderada | 3 | |

Cla: Valor asignado a la clorofila “a”.
Tox: Valor asignado a las especies tóxicas.

## Discusión y conclusiones

Se concluye, a la vista de toda la información recogida en este documento, que la metodología que compone la Red Regional de Vigilancia Ambiental para proyectos de dragado ofrece una valoración completa y objetiva del posible impacto producido a consecuencia del dragado de materiales en puerto y su posterior vertido en alta mar.

Además, estas metodologías en conjunto constituyen una herramienta útil en la toma de decisiones sobre la localización del vertido.

*Tabla 7. Resultados del índice M-AMBI correspondientes a los puertos estudiados*

| Puerto | Muestra | AMBI | Clasificación | M-AMBI | Estado ecológico |
|---|---|---|---|---|---|
| Figueras | Área dragado | 1,059 | Sin alteración | 0,92 | Muy Bueno |
| | Área vertido | 1,286 | Ligeramente alterado | 0,99 | Muy Bueno |
| San Juan de la Arena | Área dragado | 1,854 | Ligeramente alterado | 0,765 | Bueno |
| | Área vertido | 1,800 | Ligeramente alterado | 0,711 | Bueno |
| Llanes | Previo al vertido | 0,792 | Sin perturbación | 0,905 | Muy Bueno |
| | Posterior al vertido | 0,715 | Sin perturbación | 0,87 | Muy Bueno |

Esta Red Regional de Vigilancia Ambiental puede ser aplicada tanto en las fases previas al dragado como en la vigilancia ambiental posterior al dragado.

Es importante resaltar que la implementación de esta Red de Vigilancia posibilita el conocimiento global del estado de la costa mediante la aplicación de tres metodologías complementarias. De esta forma resulta posible detectar situaciones anómalas y actuar con rapidez detectando el origen de las mismas y procediendo a su corrección.

## Referencias bibliográficas

(1) CEDEX. 1994.Recomendaciones para la Gestión del Material Dragado en los Puertos Españoles. Ministerio de Obras Públicas, Transporte y Medio Ambiente.
(2) Puertos del Estado. 2005. ROM 5.1: Calidad de las aguas litorales en áreas portuarias, Ministerio de Fomento.
(3) Comisión Europea. 2000. Directiva 2000/60/CE del Parlamento Europeo y del Consejo, de 23 de octubre de 2000, por la que se establece un marco comunitario de actuación en el ámbito de la política de aguas.
(4) Real Decreto Legislativo 1/2008, de 11 de enero, por el que se aprueba el texto refundido de la Ley de Evaluación de Impacto Ambiental de proyectos.
(5) Borja, Á., Franco, J., Pérez, V. 2000. A marine biotic index to establish the ecological quality of soft-bottom benthos within European estuarine and coastal environments. *Marine Pollution Bulletin*, 40: 1.100-1.114.

# Vigilancia ambiental del canal de Navarra. Acciones y consecuencias

## *Environmental Monitoring of Navarra Canal. Actions and Consequences*

**J. F. MIRAL DURÁN**
Gestión Ambiental, Viveros y Repoblaciones de Navarra

**L. SANZ AZCÁRATE**
Asistencia Técnica para Canal de Navarra, SA

## Introducción

El Canal de Navarra posibilita que las aguas del Pantano de Itoiz, situado en las cuencas de los ríos Urrobi e Irati, sean usadas en los regadíos denominados "Zonas Regables del Canal de Navarra". Esta actuación agrícola que se está desarrollando en la zona media y sur de Navarra en los últimos años consiste en la transformación en regadío o la modernización del regadío tradicional de más de 53.000 hectáreas.

El Canal de Navarra tendrá 177 Km con 20 Tramos y 4 Ramales. Está definido en 2 fases.

- **1ª fase**: Se está terminando actualmente. A lo largo de 98 kilómetros va desde el Pantano de Itoiz hasta el río Aragón, incluye los 10 primeros tramos, el ramal 18 (ramal de Artajona) y el 19 (ramal de Tafalla). Tiene además 4 balsas de regulación: Villaveta, Unciti o Monreal, Artajona y Pitillas. Permite el riego de 22.336 hectáreas repartidas en 15 sectores que se localizan en la zona media de Navarra entre los ríos Arga y Aragón. Tiene 16 tomas de riego y conduce un caudal de 45 m3/s.
- **2ª fase**: En previsión a medio-largo plazo. Desde el río Aragón hasta la margen derecha del Ebro. Incluye desde la 2ª mitad del tramo 10 hasta el tramo 16, además del 17 (ramal de Corella) y el 20 (ramal de Ablitas).

El Canal de Navarra y la Transformación de sus Zonas Regables, cuenta con Declaración de Impacto Ambiental favorable por Resolución de 17 de mayo de 1999, de la Dirección General de Calidad y Evaluación Ambiental del Ministerio de Medio Ambiente. El Gobierno de Navarra evaluó la incidencia territorial y ambiental de este proyecto como Proyecto Sectorial de Incidencia Supramunicipal cuya Declaración de Impacto Ambiental favorable se formuló por la Orden Foral 558/1999 de 29 de abril, de la Consejera de Medio Ambiente, Ordenación del Territorio y Vivienda.

Al comienzo de su ejecución se estableció un sistema de vigilancia ambiental en cumplimiento de la Declaración de Impacto Ambiental (DIA en adelante). En

esa vigilancia ha participado Canal de Navarra S.A. responsable de la ejecución y explotación del Canal, la Dirección General de Medio Ambiente del Gobierno de Navarra y, según los tramos, personal de las respectivas contratas y de las correspondientes empresas que ejercen la dirección de obra.

Los principales impactos que según la DIA están sujetos a control o seguimiento ambiental y corrección son:

La ocupación del medio natural: hábitats naturales, formaciones vegetales, cursos de agua, etc.

- Impactos sobre la fauna: fragmentación del hábitat, efecto barrera y caídas y ahogamientos.
- Proyectos auxiliares: préstamos, vertederos de sobrantes, desvíos provisionales de cauces, etc.
- Impacto paisajístico derivado de los desmontes y terraplenes del canal.
- Afecciones al patrimonio arqueológico.

El seguimiento ambiental efectuado tanto del proyecto principal como de los proyectos auxiliares, ha permitido controlar ambientalmente la obra, corregir las posibles deficiencias en el cumplimiento de las prescripciones ambientales, reducir la ocupación del medio natural, plantear posibles mejoras ambientales en fase de obras y procurar una buena integración ambiental final.

En cumplimiento del Programa de Vigilancia Ambiental (PVA en adelante) previsto, se constituyó la Comisión de Seguimiento Ambiental de esta obra. En ella participan los organismos y agentes antes indicados, además de los Departamentos del Gobierno de Navarra de Obras Públicas como promotor y de Cultura y Turismo responsable de la supervisión del seguimiento previsto en la DIA de los posibles impactos sobre el patrimonio arqueológico de la obra. Este último aspecto condicionó en los primeros tramos la promoción de préstamos y vertederos para la obra.

Esta comisión se reúne varias veces al año según se desarrolla la obra. Supervisa el seguimiento y estado de la obra y aborda otras cuestiones con relevancia ambiental como modificaciones del proyecto, nuevos impactos o datos no previstos, quejas, incidentes, etc.

## Seguimiento de los Impactos sobre la Fauna Silvestre

A modo de ejemplo, y como uno de los principales elementos del seguimiento de los impactos de esta infraestructura, se encuentra el estudio del efecto barrera del canal sobre la fauna terrestre.

Según se recoge en el PVA una vez construido el canal, se debe realizar un "*estudio de la eficacia de las obras de drenaje como paso para la fauna, así como de las obras diseñadas al efecto*". El periodo establecido en el PVA para este seguimiento será de al menos 3 años una vez finalizada la fase de obra.

Canal de Navarra S.A. inició este seguimiento en el año 2005 al finalizar la construcción de los dos primeros tramos del Canal de Navarra, mediante el control del uso de los drenajes por la fauna silvestre. Posteriormente hasta la actualidad, se han ido incorporando nuevos controles conforme se han ido terminando los distintos tramos.

El diseño general de este seguimiento se propuso a la Comisión de Seguimiento Ambiental y fue supervisado por la Dirección General de Medio Ambiente. En ese foro se acordó ampliar el seguimiento previsto en el PVA controlando el uso por la fauna silvestre no solo de los drenajes sino también de las otras estructuras de paso transversales así como estudiando la mortalidad de mesomamíferos en el interior del canal. También se propuso analizar los proyectos de los siguientes tramos para incluir algunas mejoras que disminuyeran el impacto sobre la fauna.

Así pues, además de dar cumplimiento a lo exigido en el PVA, se ha pretendido sacar conclusiones tanto para mejorar los tramos de esta misma infraestructura que se van a construir en el futuro como para, de modo más general, ser aplicadas a otros proyectos semejantes.

## Material y métodos

Para conocer si las medidas correctoras aplicadas para disminuir el efecto barrera y para evitar la mortalidad por caídas y ahogamientos en el canal son eficaces, se ha estudiado por un lado, el uso por parte de la fauna silvestre tanto de los pasos de fauna específicos como del resto de los pasos y obras transversales (drenajes, pasos de caminos, etc.) potencialmente aptos para atravesar de un lado a otro el Canal de Navarra y, por otro lado, se han registrado las incidencias de caídas y ahogamiento en el propio canal.

De ahí se pretende valorar si se mantienen las conexiones entre los hábitats fragmentados o las poblaciones que sufren el efecto barrera y si la incidencia de muertes es relevante o no.

Las especies o grupos de especies de fauna de referencia que se han estudiado son las siguientes:

- Ungulados: Este grupo, que en la zona atravesada por el Canal de Navarra incluye al jabalí y al corzo, y es el más sensible a la fragmentación de los hábitats.
- Carnívoros: Este grupo incluye especies con requerimientos muy distintos, por lo que se intenta realizar el seguimiento de cada una de las especies del grupo por separado.
- Lagomorfos.
- Micromamíferos: La mayor parte de insectívoros y roedores son poco sensibles al efecto barrera.

Para el seguimiento del efecto barrera del Canal de Navarra se han seguido los siguientes pasos:

1. Inventario de estructuras transversales de cada tramo del canal y selección de puntos de muestreo.
2. Selección de metodología utilizada para el control de cada paso y establecimiento de los periodos de control de paso. Se ha utilizado la combinación de 2 tipos de muestreo o cuando no es posible la misma la aplicación de alguno de ellos: el muestreo mediante cámara fotográfica conectada a sensor infrarrojo y recogida de huellas con superficies preparadas para ese fin.
3. Obtención de datos de uso de los pasos y de indicadores. Para la evaluación de la efectividad de cada estructura se obtienen los siguientes indicadores:
   - Nº de especies que la han utilizado durante el periodo total de control.
   - Frecuencia de uso por parte de cada especie expresado como número de días en que se registra el uso de cada especie por unidad de tiempo de control.

Respecto al control de la mortalidad que genera el Canal de Navarra, desde 2005 se revisan los distintos tramos del canal por parte del personal de mantenimiento con el fin de localizar animales en su interior, también se actúa a instancia de avisos a través del teléfono de emergencias 112. Existe un protocolo de actuación y tras cada incidente se levanta un acta. Hasta la fecha se han redactado informes anuales recogiendo el resumen de estas incidencias.

## Resultados

### Seguimiento de la fragmentación del hábitat y movilidad de la fauna silvestre

Desde 2005 hasta 2010 se han controlado 31 estructuras transversales al Canal de Navarra en los 6 primeros tramos construidos. A continuación en la Tabla 1, recoge el número de estructuras por tramo en los que se ha realizado el seguimiento.

En la siguiente Tabla 2, se indica un resumen de los resultados obtenidos en la totalidad de los muestreos realizados en las 31 estructuras transversales estudiadas agrupadas por tipo de estructura.

Resumiendo los resultados por especies, hasta el momento se puede concluir que la garduña, el tejón y el zorro han utilizado la mayoría de las estructuras controladas en este estudio y de forma bastante habitual. La gineta también aparece de forma bastante habitual en muchos de los pasos muestreados, aunque en menos pasos y, en general, con menor intensidad de uso.

Los lagomorfos (liebres y conejos) usan pocos pasos y muy ocasionalmente en los tramos más al norte del canal en la zona de estudio. Sin embargo, en los tramos más al sur, presentan intensidades de uso de paso más elevadas tanto en drenajes como en pasos superiores.

*Tabla 1. Número de estructuras por tramo en los que se ha realizado el seguimiento*

| | Tramo 1 | Tramo 2 | Tramo 3 | Tramo 4 | Tramo 5 | Tramo 18 | Total |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Tubos de drenaje | 3 | 5 | 25 | 8 | 3 | 4 | **49** |
| Marcos de drenaje | 2 | 3 | 3 | 2 | 1 | | **10** |
| Pasos superiores camino o carretera | 1 | 3 | 4 | 4 | 2 | 1 | **15** |
| Pasos superiores fauna | | | | | | 3 | **3** |
| Pasos inferiores carretera | | | 2 | | | | **2** |
| Acueducto | 1 | | | | | | **1** |
| Túnel | | 2 | | 3 | 2 | | **7** |
| Sifón | | 1 | 1 | 1 | | 1 | **4** |
| **Total** | **7** | **14** | **35** | **18** | **8** | **9** | **91** |
| **Pasos muestreados** | 4 | 7 | 6 | 5 | 3 | 6 | **31** |

*Tabla 2. Resumen de los resultados obtenidos*

| | Marcos de drenaje | Tubos de drenaje | Pasos superiores de camino | Pasos superiores de fauna |
|---|---|---|---|---|
| Nº estructuras muestreadas | 10 | 13 | 5 | 3 |
| Jornadas de muestreo | 1541 | 1404 | 149 | 343 |
| Jornadas válidas | 1347 | 1251 | 105 | 275 |
| Jornadas no válidas | 194 | 153 | 44 | 68 |
| Jornadas con paso | 517 | 414 | 43 | 196 |
| Jornadas sin paso | 830 | 837 | 62 | 79 |
| **Índice de uso** | **0,384** | **0,331** | **0,410** | **0,713** |
| Felis sp. | 0,010 | 0,042 | 0,010 | 0,018 |
| Zorro | 0,082 | 0,036 | 0,143 | 0,225 |
| Gineta | 0,052 | 0,026 | 0,010 | |
| Tejón | 0,124 | 0,111 | 0,181 | 0,044 |
| Garduña | 0,176 | 0,088 | 0,200 | 0,229 |
| Nutria | 0,007 | | | |
| Comadreja | 0,004 | 0,005 | | |
| Liebre | | 0,001 | | |
| Conejo | 0,001 | 0,026 | | 0,462 |
| Corzo | | | | 0,004 |
| Jabalí | | | 0,029 | 0,025 |
| Visón/Turón | 0,001 | 0,007 | | |
| Micromamíferos | 0,067 | 0,119 | 0,029 | 0,142 |
| Nº especies/grupos usando | | | | |

De forma mucho más esporádica, y utilizando un número menor de estructuras se está detectando el paso de gato montés, comadreja, nutria, visón europeo y turón. De igual forma, se ha detectado el uso por parte del jabalí y corzo de forma esporádica en algunos pasos superiores muestreados (el corzo solo se ha detectado en 1 paso superior específico para fauna, mientras que el jabalí se ha detectado en pasos superiores tanto específicos como con otros usos).

No todos los tipos de pasos transversales han sido utilizados por un espectro similar de especies, ni tienen índices de uso similares. Sólo los pasos más permeables parecen ser usados por la gran mayoría de las especies y presentan índices de uso elevados. Además, dentro de un mismo tipo de paso se pueden encontrar índices de uso muy distintos, e incluso el espectro de especies que lo usan es muy variable, posiblemente muy en relación con las características del paso, su ubicación y la densidad de especies cercanas a cada paso.

*Foto 1. Corzo usando un paso superior específico para fauna*

*Foto 2. Hurón usando una obra de drenaje transversal de sección circular*

**Seguimiento de la mortalidad de la fauna silvestre**

Se ha constatado que la mortalidad de fauna silvestre terrestre generada por el canal es muy baja. Casi todos los incidentes están relacionados con jabalís, unos pocos con corzos. También se ha contabilizado un solo incidente con tejón, zorro y garduña. En el interior del canal también se han recogido 8 mamíferos domésticos (perros, gatos y 1 oveja) y 7 aves, entre ellas, milano real.

En los primeros años de control, la mayoría de incidentes con mamíferos silvestres (ahogados, o sacados vivos desde dentro del canal) ocurrían en el tramo 3. Por ello, se revisó el cerramiento de este tramo detectando puntos débiles que permitían la entrada de fauna a su interior. En 2006 se reacondicionó este vallado y se redujeron estos incidentes de manera importante.

Tras esta actuación, se ha comprobado que casi todos los incidentes con ungulados que acontecieron después se presentaban si se abría el cerramiento

por obras de acondicionamiento o cuando no se mantenían cerradas las puertas existentes en el mismo. Este hecho, unido a que no se han registrado entradas de fauna al canal mientras el cerramiento se ha mantenido en buen estado, muestran la importancia de que el vallado se mantenga siempre cerrado y en buenas condiciones y la necesidad de revisar periódicamente su buen estado.

## Discusión y conclusiones

Los resultados obtenidos hasta el momento confirman las estimaciones realizadas en el Estudio de Impacto Ambiental en cuanto al importante papel de los drenajes para disminuir el efecto barrera del Canal de Navarra.

Se ha detectado la utilización de drenajes por todas las especies de carnívoros presentes en el área de estudio, así como por lagomorfos y micromamíferos pero no así los ungulados. Se ha verificado que todas esas especies controladas han utilizado algún drenaje de los 6 primeros tramos del Canal de Navarra.

En cuanto a los pasos transversales superiores estudiados han sido usados por parte de todos los grupos de mamíferos silvestres controlados. Así, los lagomorfos, un buen número de especies de carnívoros y el jabalí han usado pasos superiores, específicos para fauna o no. El corzo, sin embargo, sólo ha sido detectado en pasos superiores específicos.

Se han podido incorporar conclusiones del seguimiento en los nuevos tramos. Se han propuesto adaptaciones para mejorar la permeabilidad del canal al paso de la fauna silvestre.

Algunas medidas propuestas son generales y se han aplicado en todos los tramos (a partir del 3):

- Aumento de la sección de los tubos de drenaje previstos hasta un mínimo de 1,40 m de diámetro.
- En todos los marcos de drenaje rectangulares se ha creado una zona seca de paso para la fauna.

También de modo más concreto se han adoptado otras medidas para mejorar la permeabilidad del canal al paso de la fauna silvestre:

- Inclusión de 3 pasos superiores específicos para fauna en el tramo 18
- Sustitución de tubos de drenaje por marcos sobredimensionados (4 en el tramo 6 y varios en los tramos 7, 8, 9 y 10)
- Recomendación para eliminar varias arquetas y escalones en varios drenajes de los tramos 7, 8, 9 y 10

Por otra parte, el control de los incidentes de caída de fauna al canal ha servido para actuar en las zonas en que se concentraban algunos problemas y minimizar sus efectos, mejorando en especial el estado del vallado en esos puntos.

## Referencias bibliográficas

(1) Cost 341. *Wildlife and Traffic: A European Handbook for Identifying Conflicts and Designing Solutions*. Iuell, B., Bekker, G.J., Cuperus, R., Dufek, J., Fry, G., Hicks, C., Hlaváˇc, V., Keller, V., B., Rosell, C., Sangwine, T., Tørsløv, N., Wandall, B. le Maire, (Eds.) 2003.

(2) Ministerio de Medio Ambiente. 2006. *Prescripciones Técnicas para el diseño de pasos de fauna y vallados perimetrales.* Documentos para la reducción de la fragmentación de hábitats causada por infraestructuras de transporte, número 1. O. A. Parques Nacionales. Ministerio de Medio Ambiente. 108 pp. Madrid.

(3) Ministerio de Medio Ambiente y Medio Rural y Marino. 2008. *Prescripciones Técnicas para el seguimiento y evaluación de la efectividad de las medidas correctoras del efecto barrera de las infraestructuras de transporte.* Documentos para la reducción de la fragmentación de hábitats causada por infraestructuras de transporte, número 2. O. A. Parques Nacionales. Ministerio de Medio Ambiente y Medio Rural y Marino. 138 pp. Madrid.

# Seguimiento ambiental del vaciado del azud de la central hidroeléctrica del río Cauxa en Belmonte de Miranda (Asturias)

## *Environmental Monitoring for Draining of the Weir of the Hidroelectric Power Station from Cauxa River (Belmonte de Miranda, Asturias)*

**J. GRANERO CASTRO**
Director Área Medio Ambiente y Sosteniblidad, TAXUS, Gestión Ambiental, Ecología y Calidad, SL, Oviedo

**M. FERRANDO SÁNCHEZ**
**M. SÁNCHEZ ARANGO**
**C. PÉREZ BURGOS**
Área Medio Ambiente y Sostenibilidad, TAXUS, Gestión Ambiental, Ecología y Calidad

## Introducción

El río Cauxa, afluente del río Narcea, posee un azud en el concejo de Belmonte de Miranda (Asturias). Éste fue construido en 1996 con el fin de obtener un aprovechamiento energético por parte de la empresa Hidroeléctrica del Cauxa S.L. No obstante durante sus más de diez años de actividad sufrió un acelerado proceso de colmatación que redujo notablemente su capacidad de almacenamiento y anegó parcialmente la toma de agua para la turbina y la escala para peces. Así en abril de 2007 se presentó ante la Confederación Hidrográfica del Norte la correspondiente Memoria de Actuaciones y el Estudio Preliminar de Impacto Ambiental (EPIA) del proyecto, cuyos objetivos eran: recuperar la capacidad inicial del embalse mediante la extracción del sedimento y limpiar la toma de agua para la turbina y la salida del caudal ecológico a través de la escala para peces. Dichos documentos obtuvieron resolución favorable en junio de 2008, desarrollándose las obras entre los meses de agosto y noviembre del mismo año.

Las actuaciones incluyeron una primera fase de protección de la ictiofauna en la que se procedió a la captura (mediante pesca eléctrica) y traslado de todos los individuos a una zona situada aguas arriba de la cola del embalse. Posteriormente, durante la fase de obra propiamente dicha y una vez acondicionada la vía de acceso al vaso, se procedió al vaciado del azud mediante apertura del desagüe de fondo. La extracción de lodos se realizó mediante retroexcavadora y camiones de obra. Para facilitar el acceso de la maquinaria al lecho del embalse y mantener el libre flujo de las aguas fue necesaria la instalación de un tubo de desagüe, que fue retirado una vez finalizadas las obras.

El destino final de los lodos fue la mina de oro a cielo abierto “El Valle-Boinás” (actualmente inactiva) propiedad de Kinbauri Gold Corp., donde fueron emplea-

dos en las labores de restauración vegetal. Finalmente se procedió a la restitución de las condiciones iniciales: llenado del embalse y restauración vegetal mediante la extensión de lodos sobre la pista de acceso al vaso, con el fin de que ésta recuperase su capacidad para albergar una cubierta vegetal. Actualmente está en proceso el seguimiento de la evolución de la vegetación, con el fin de determinar la necesidad de desarrollar el proyecto de Restauración Vegetal propuesto en el EPIA del proyecto.

## Objetivos

El Seguimiento Ambiental del proyecto tuvo como objetivos:

- La vigilancia de todas las fases del proyecto, controlando que se ejecutasen adecuadamente desde el punto de vista legislativo y ambiental.
- La determinación de las afecciones reales que se produjeron en cada una de las fases del proyecto.
- La vigilancia del cumplimiento de las prescripciones previstas en el capítulo de medidas preventivas y correctoras del EPIA, así como la comprobación de su eficacia en el control de los impactos.

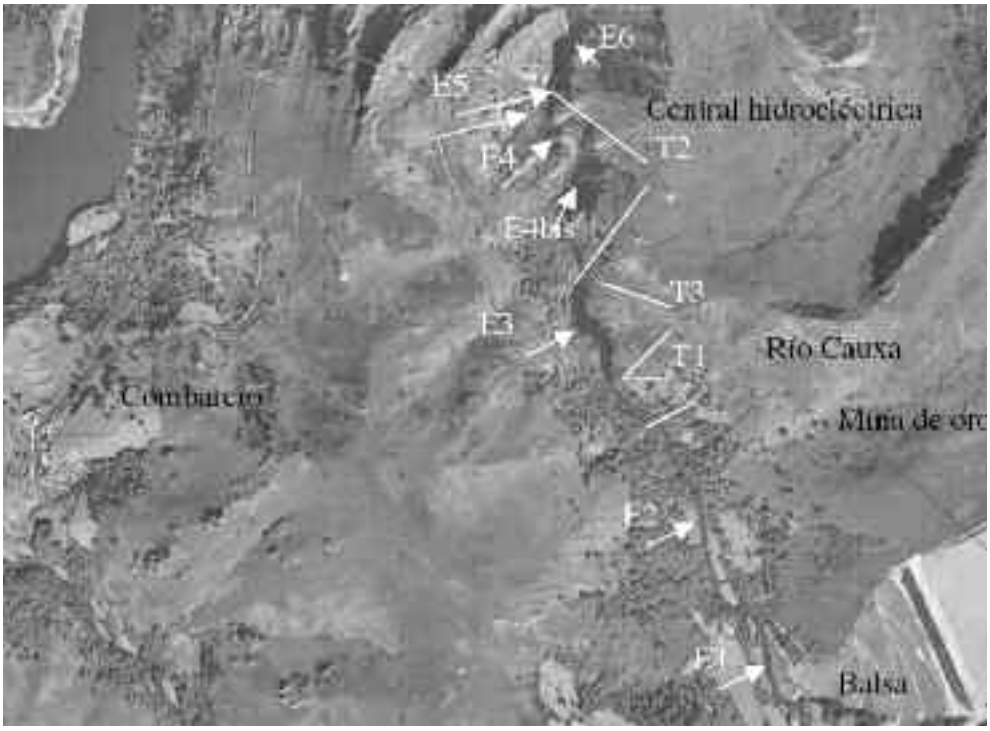
## Metodología y resultados

Para el desarrollo del Programa de Vigilancia Ambiental del proyecto, el equipo técnico de TAXUS estuvo presente en todas las fases del mismo: fase preoperacional, fase de obra y fase de explotación, desarrollándose informes específicos de aquellos elementos del medio más susceptibles, en base a la valoración de impactos ambientales desarrollada en el EPIA.

Las conclusiones de todo el seguimiento ambiental se basan en la comparación de los datos obtenidos en tres campañas de muestreo: una desarrollada en 2007 con anterioridad a la redacción del EPIA (Campaña 1), otra en agosto de 2008, previamente al inicio de las obras (Campaña 2) y una tercera desarrollada en noviembre de 2008 tras la finalización de las mismas (Campaña 3), manteniéndose, siempre que fue posible, la metodología y la localización de las estaciones de muestreo.

### Determinación y seguimiento de impactos ambientales

Los principales impactos ambientales se produjeron sobre el suelo, las condiciones geomorfológicas, la vegetación, la calidad del agua y la fauna del área de estudio. No obstante, las afecciones detectadas sobre los tres primeros factores fueron consecuencia de la apertura y acondicionamiento de la vía de ac-




*Mapa 1. Área de afección del proyecto y estaciones de muestreo*

ceso al vaso, la cual supone un espacio aproximado de 30 m de longitud, siendo esta superficie muy pequeña en relación con el alcance global del proyecto.

El impacto más importante fue aquel generado por la extracción de lodos sobre la calidad de las aguas, lo cual provocó un aumento de la turbidez que afectó considerablemente a la fauna acuática, tal y como se confirma en los estudios específicos de ictiofauna y macroinvertebrados (Índice BMWP´) que se presentan a continuación.

## Estudio de la ictiofauna

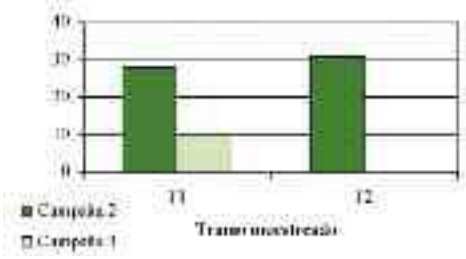
La metodología para el estudio de la ictiofauna se basó en las directrices emanadas de la propuesta metodológica del proyecto “STARFISH Sampling Protocol” basado en la norma EN ISO 14011:2003 (1).

Se desarrollaron dos campañas de campo:

- Campaña 2, previamente al inicio de las obras (agosto de 2008); Se muestrearon tres tramos: aguas arriba del embalse (T1), aguas abajo del embalse (T2) y el propio embalse (T3). En este caso se aplicó un método de

*muestreo cuantitativo*, cuyo objeto era capturar todos los individuos presentes en la zona de afección para su traslado a una zona protegida.

- Campaña 3, tras la finalización de las obras (noviembre de 2008); Únicamente fueron muestreados dos tramos: aguas arriba del embalse (T1) y aguas abajo del mismo (T2); ya que el embalse (T3) estaba lleno y su profundidad impedía la obtención de resultados comparables con la Campaña 2. En esta segunda fase se pretendía la caracterización de la población presente en la zona tras las obras, sin la intención de que este muestreo fuese exhaustivo, ya que la época para su desarrollo no era la más adecuada para la fauna implicada. Es por ello que únicamente fue necesaria la toma de una muestra representativa de la población presente, y por tanto la aplicación de un método de *muestreo cualitativo,* del que no se pueden sacar conclusiones poblacionales.




| Tramo | Campaña 2 - 2008 | | Campaña 3 - 2008 | |
|---|---|---|---|---|
| | Truchas | Piscardos | Truchas | Piscardos |
| T1 | 28 | 0 | 10 | 0 |
| | | | | |

*Figura 1 y Tabla 1. Comparación de los resultados del muestreo de ictiofauna en sendas campañas*

Resultados:

- Tramo 1: Aguas arriba del embalse. En ambas campañas únicamente fueron capturadas truchas, obteniéndose 28 individuos en agosto (Campaña 2) y 10 en noviembre (Campaña 3). En ambos casos los individuos capturados se incluyen en las clases de tamaño más pequeñas, correspondiendo por tanto a individuos juveniles. No se observan diferencias significativas entre ambas campañas ya que la variación en el total de capturas se asocia a las diferencias metodológicas aplicadas en el muestreo y a la época de desarrollo del mismo.
- Tramo 2: Aguas abajo del embalse. En la primera campaña se capturaron en este punto 30 piscardos y una trucha, no apareciendo ninguna de las dos especies en el segundo muestreo. Los 31 individuos capturados en la primera campaña fueron trasladados aguas arriba de la cola del embalse. El hecho de que no hayan sido detectados individuos en la segunda campaña se asocia, en primer lugar a las malas condiciones para la vida piscícola que presentaba, lo cual habría condicionado que estos organismos no hubieran migrado a ella, y en segundo lugar a las fuertes riadas acaecidas en la zona durante la semana previa al muestreo, las cuales condicionaron

que el embalse se desbordara por encima del azud durante 3 días consecutivos.

## Seguimiento del sedimento

***Seguimiento visual*:** Se observó una clara estratificación de capas alternas de hojas y sedimentos, así como dos aportes extraordinarios de material rojizo hace aproximadamente 7 y 10 años. Asimismo, durante el vaciado del azud, tras la apertura del desagüe de fondo previo a la extracción de lodos, se observó una fuerte desestabilización del sedimento que tuvo como consecuencia la liberación de gran cantidad de biogás (composición: $CH_4$ 60-80%, $CO_2$ 20-40%, $H_2$ 1-3%, $O_2$ 0.1-1%, $SH_2$ 0.5-1%, $N_2$ 0.5-3%), lo cual provocó problemas de asfixia en la ictiofauna aún no capturada. Dicho biogás aparece por la descomposición de materia orgánica en condiciones de anoxia, quedando retenido en el sedimento como consecuencia de la presión ejercida por la masa de agua sobre él, liberándose al disminuir el volumen de agua (y por tanto de presión) por la apertura del desagüe de fondo.

***Análisis químico*:** Se desarrollaron dos análisis químicos del sedimento: uno previo a la ejecución del proyecto (marzo de 2007), tomándose la muestra mediante draga desde embarcación según norma ISO 5667-12:1995 (2) y otro tras el vaciado del embalse, tomándose la muestra de forma manual (septiembre de 2008). En ninguno de los dos casos se superaron los valores límites establecidos en el Real Decreto 1310/1990 por el que se regula la utilización de los lodos de depuración en el sector agrario, a la vez que fueron detectados los micronutrientes necesarios para la vida vegetal. Es por ello que ambos análisis definen los lodos como aptos para su uso agrario.

***Análisis microbiológico*:** Tanto en los lixiviados del sedimento como en zonas de agua estancada fueron observados crecimientos microbianos masivos de color rojo-anaranjado. Dichas poblaciones fueron observadas al microscopio invertido, apreciándose gran cantidad de bacterias filamentosas, cianobacterias y diatomeas, así como acúmulos sólidos, con posible presencia de metales pesados. Dichas poblaciones son formas de vida colonizadoras de ambientes muy alterados y por lo tanto responden a los primeros estadios de la regeneración de la vida en escenarios sumamente degradados.

## Estudio faunístico

Para este estudio se desarrollaron itinerarios, estaciones de observación y visitas a charcas y zonas estancadas, aplicándose tanto métodos de observación directa como indirecta (búsqueda de restos biológicos y rastros de actividad).

Durante toda la fase de obra se observó una abundante actividad faunística, detectándose gran cantidad de huellas en la superficie del sedimento, junto a la

maquinaria, por lo que se estima que las afecciones provocadas a estos individuos han sido moderadas, tal como quedaba recogido en el EPIA del proyecto.

**Estudio de evolución del Estado Ecológico**

Para el cálculo y seguimiento del estado ecológico se han tomado como referencia los parámetros indicados en la Directiva Marco del Agua (DMA)(3), no obstante ha sido necesario ajustarlos a las dimensiones y características del curso fluvial en cuestión, ya que no se dispone de valores de referencia para buena parte de los indicadores. Es por ello que finalmente se aplicó la metodología desarrollada por el Gobierno Vasco para la Caracterización de la calidad de sus ríos en 2002 (4), la cual se basa en el cruce de dos índices de calidad: por un lado un índice biológico basado en la fauna bentónica de invertebrados (BMWP') (5) que se ha denominado "Calidad de cauce" y por otro el índice de "Calidad del bosque de ribera" (QBR) (Munné et. al, 1997) (6). El código de colores empleado para la caracterización de los resultados es el indicado en el Anexo V de dicha Directiva: Estado Ecológico Muy Bueno: azul, Bueno: verde, Aceptable: amarillo; Deficiente: naranja; Malo: rojo.

Se tomaron muestras en dos campañas de campo: una en 2007 (Campaña 1) previamente a la redacción del EPIA y otra en 2008 tras la finalización de las obras (Campaña 3). En la primera de ellas se seleccionaron 5 estaciones de muestreo: 2 aguas arriba del embalse y 3 aguas abajo del mismo, sin embargo, las condiciones de los dos últimos puntos durante la Campaña 3 obligaron a su consideración conjunta, muestreándose una nueva estación (E4bis) localizada inmediatamente debajo del azud.

Resultados:

***Índice BMWP :*** En la Campaña 3 las estaciones localizadas aguas abajo del azud presentan una calidad inferior a la detectada en la primera campaña, siendo especialmente relevante la estación localizada inmediatamente debajo del azud (E4bis), cuya comunidad bentónica presenta una "calidad crítica" como consecuencia de las obras y particularmente del depósito de sólidos en suspensión arrastrados por el agua.

***Índice QBR:*** No se han observado diferencias entre una y otra campaña.

***Estado Ecológico:*** Los valores obtenidos en la campaña 1 describían un ecosistema fluvial con un "Buen Estado Ecológico", tanto aguas arriba del embalse (E1 y E2) como inmediatamente aguas abajo del mismo (E4), mientras que para las estaciones localizadas debajo de la central hidroeléctrica (E5 y E6) era "Aceptable". Este hecho se debe a las características de este tramo en el que el río forma un desfiladero que condiciona el desarrollo de una comunidad vegetal bien estructurada.

Comparando la situación inicial (Campaña 1) con la actual, tras la finalización de las obras (Campaña 3), se observa el mismo patrón descrito en el párrafo an-

terior, excepto en la Estación E4 bis, de la cual no existe referencia en 2007. En cualquier caso el "Estado Ecológico Deficiente" que lo caracteriza es consecuencia del escaso número de familias de macroinvertebrados presentes (índice BMWP´), lo cual se ha atribuido a las obras, siendo consecuencia directa de la turbidez del agua generada por el vaciado del vaso.

*Tabla 2. Calidad de la comunidad de macroinvertebrados según el índice BMWP*

| Estaciones | Campaña 1 - 2007 | Campaña 3 - 2008 |
|---|---|---|
| E1 | Buena | Buena |
| E2 | Buena | Buena |
| E4 | Buena | Aceptable |
| E4 bis | – | Crítica |
| E5 | Dudosa | Dudosa |
| E6 | Dudosa | |

*Tabla 3. Resultados del cálculo del Estado Ecológico en base a los índices QBR y BMWP*

| Estaciones | Campaña 1 - 2007 | Campaña 3 - 2008 |
|---|---|---|
| E1 | Bueno | Bueno |
| E2 | Bueno | Bueno |
| E4 | Bueno | Bueno |
| E4 bis | – | Deficiente |
| E5 | Aceptable | Aceptable |
| E6 | Aceptable | |

## Discusión y conclusiones

Únicamente se han observado diferencias significativas entre una y otra campaña de muestreo en las poblaciones de macroinvertebrados e ictiofauna, siendo especialmente relevante el hecho de que no haya sido localizada ninguna especie íctica aguas abajo del embalse tras las obras. En cualquier caso, la comunidad de macroinvertebrados, dieta fundamental de la ictiofauna, se mantiene en este punto en un estado de conservación aceptable, por tanto se estima que la población de peces (la cual fue trasladada antes del inicio de las obras a una zona protegida localizada aguas arriba del embalse) volverá a recuperarse en un corto periodo de tiempo.

Asimismo es muy destacable la liberación de biogás del fondo del embalse producida como consecuencia del vaciado del azud, lo cual provocó problemas de asfixia en la ictiofauna aún no capturada. Este hecho fue consecuencia de la

pérdida de presión de la masa de agua que se situaba sobre el sedimento, ya que el metano (principal componente del biogás) aparece como consecuencia de la descomposición de materia orgánica en condiciones de anoxia, quedando retenido en el sedimento del embalse como consecuencia de la presión ejercida por la masa de agua sobre él. Este hecho deberá ser tenido en cuenta en futuras actuaciones similares, ya que en el caso que nos ocupa provocó la muerte por asfixia de aproximadamente 30 individuos de trucha.

Por último se sugiere considerar la posibilidad de extender la vigilancia ambiental más allá de la conclusión del proyecto, para conocer de esta forma en qué momento se restablecen las condiciones iniciales, o incluso si estas se mejoran como consecuencia de la recuperación del caudal ecológico.

## Referencias bibliográficas

(1) EN ISO 14011:2003. Calidad del agua. Muestreo de peces con electricidad.
(2) ISO 5667-12: 1995. Water quality-Sampling-Part 12: Guidance on sampling of bottom sediments.
(3) Directiva 2000/60/CE del Parlamento Europeo y del Consejo, de 23 de octubre de 2000, por la que se establece un marco comunitario de actuación en el ámbito de la política de aguas.
(4) Departamento de Ordenación del Territorio y Medioambiente, Consorcio de Aguas. (2002). *Caracterización de las masas de agua superficiales de la CAPV. Documento de Síntesis. Julio 2002*. 46 pág. http://www.ejgv.euskadi.net/r53-2291/es/contenidos/libro/caracterizacion_masas_agua/es_12298/adjuntos/sintesis.pdf
(5) Alba Tercedor J., Sánchez-Ortega, A. 1988. Un método rápido y simple para evaluar la calidad biológica de las aguas corrientes basado en la de Hellawell (1978). *Limnetica,* 4: 51-56.
(6) Munné, A., Solà, C., Prat. N. 1998. QBR: Un índice rápido para la evaluación de la calidad de los ecosistemas de ribera. *Tecnologia del Agua,* 175: 20-37.

# Bloque V:

# Restauración

# Restauración de una antigua cantera en un espacio natural protegido

*Restoration Old Quarry in a Protected Natural Area*

**M. DÍAZ MARTÍN**
MDM Consultores Estudios y
Proyectos Ambientales, SL, Madrid

## Introducción

El proyecto consiste en la restauración de una antigua cantera, de la que se extrajo el material para construir la presa de Valmayor, con los materiales sobrantes de excavación generados en las obras de ampliación de la Estación de Tratamiento de Agua Potable (ETAP) de Valmayor.

La cantera objeto de restauración se localiza en el término municipal de Valdemorillo, provincia de Madrid, en las proximidades de la presa de Valmayor y aproximadamente a 2 km de las obras de ampliación de la ETAP. Asimismo, la cantera se encuentra incluida en una Zona de Máxima Protección del Parque Regional del Curso Medio del Río Guadarrama y su entorno (Ley 20/1999, de 3 de mayo, del Parque Regional del Curso Medio del río Guadarrama y su entorno).

La planta de la cantera es rectangular, estando inundada gran parte de ella. El Proyecto tiene como objetivo definir y concretar las medidas encaminadas a restaurar la cantera. Para ello toman como bases de partida el Estudio de Impacto Ambiental de la ETAP, el Documento Ambiental "Proyecto de Aprovechamiento y valorización de los materiales sobrantes de excavación para restauración de cantera", así como los dictámenes ambientales emitidos por la Dirección General de Evaluación Ambiental de la Comunidad de Madrid, la Declaración de Impacto Ambiental de la ETAP y la Resolución caso por caso del "Proyecto de Aprovechamiento y valorización de los materiales sobrantes de excavación para restauración de cantera".

## Material y métodos

El proyecto fue redactado en el primer trimestre de 2009 y en la fecha actual, mayo de 2011, se encuentra en las últimas fases de su ejecución. Básicamente consiste en el relleno de la zona Sur de la cantera, no pudiendo ocupar éste más de 25% de la lámina de agua actual, y la posterior revegetación.

La situación inicial, tal y como se aprecia en la Figura 1, muestra una cantera de planta rectangular e inundada gran parte de ella. La zona Sur es la única que no queda inundada, presentando distintos niveles de banqueo. El río Aulencia discurre al Norte de la cantera a escasos metros.

El vaso de esta masa de agua está constituido por terrenos graníticos bastante sanos, aunque se encuentren fracturados. La familia de diaclasas predominante tiene una orientación NNO-SSE, aproximadamente; hay también algunas fracturas subhorizontales de descompresión.

La explotación de esta cantera se utilizó para la construcción de la presa del Embalse de Valmayor, hace algo más de treinta años. Se sabe que la extracción del material se hizo en seco a pesar de que su fondo se encuentra actualmente a más de 5 m por debajo del cauce del río Aulencia, lo que parece indicar que las filtraciones a través del umbral rocoso que separa el hueco de la cantera con el río eran mínimas, y que las entradas subterráneas del resto del macizo eran también despreciables.

*Figura 1. Situación inicial de la antigua cantera*

Tras su abandono y al haberse creado una depresión cerrada, se fueron almacenando las aguas de lluvia y de escorrentía de la pequeña cuenca creada (en total unos 60.000 $m^3$), y al constituir el punto más bajo del entorno, hacia él convergieron los flujos subterráneos locales (1). Año tras año el hoyo se fue lle-

nando hasta llegar a la situación con la que se la conoce actualmente y que no ha variado desde hace más de 20 años. Es ésta una situación de equilibrio hídrico, donde las entradas de agua a este sistema cerrado (precipitación y flujo subterráneo, principalmente), se han igualado a las salidas (evaporación), haciendo que el nivel no varíe sustancialmente a lo largo de los años ni que se noten de modo apreciable las oscilaciones estacionales, cosa ésta que a primera vista puede sorprender. El hecho es que el nivel no ha llegado a superar la cota del umbral que lo separa del río, es decir, nunca se ha desbordado, pero tampoco ha bajado sustancialmente, manteniendo una profundidad de al menos 7 u 8 m.

No hay una zona superior de alteración importante que pudiera constituir un acuífero superficialmente colgado. De hecho no se aprecian surgencias a media ladera ni tampoco se conocen brotes apreciables de agua sumergidos, por lo que los flujos subterráneos deben ser descargas difusas. No se piensa que la laguna sea una ventana del nivel freático propiamente dicha, si no el nivel de presión de un punto de descargas mixto de agua subterránea y superficial.

El que el nivel de la charca se mantenga tan constante y sin fluctuaciones estacionales apreciables puede ser debido a una continua alimentación subterránea por parte de pequeñas filtraciones procedentes del Embalse de Valmayor que se halla inmediato, y que pudieran producirse a través de fracturas dentro del granito. Como este embalse suele estar bastante lleno casi siempre, ello hace que las fugas, por pequeñas que sean, estén muy próximas a las máximas posibles.

Para la restauración de la cantera, dado que se encuentra en un Espacio Natural Protegido, se han definido una serie de criterios para la protección del territorio que van desde la señalización de la zona a restaurar mediante tochos de ferralla que se hincarán cada 4 m y cinta señalizadora de balizamiento con el objeto de que no se realice acción alguna fuera de esta zona, hasta la presencia de un vigilante ambiental encargado de verificar la correcta ejecución de las actuaciones diseñadas. Asimismo, se ha contado con la vigilancia y apoyo del personal del Parque Regional que ha contribuido intensamente a la solución de los problemas que se han planteado.

## Resultados

### 1. Relleno del hueco

Para el relleno del hueco se han utilizado las tierras y materiales pétreos de excavación exentos de contaminación, procedentes de las obras de ampliación de la ETAP de Valmayor, quedando expresamente prohibido el empleo de cualquier otro tipo de material. El volumen de materiales aportados ha sido de aproximadamente 1.000.000 $m^3$.

*Figura 2. Situación de la cantera una vez realizado el relleno*

El plan de calidad del movimiento de tierras ha permitido el control exhaustivo del origen y destino de los productos transportados a la cantera. Por tanto, ha existido una persona controlando la carga tomando nota tanto del tajo de obra de donde se ha cargado, hora de carga y matrícula de camión. Asimismo en el punto de descarga se llevará un registro similar donde se indicará la tongada donde se va a colocar, hora de descarga y matrícula de camión. De esta manera se puede llevar una correcta trazabilidad del material puesto en obra y se garantiza que todo el material empleado en la regeneración de la cantera ha correspondido a excavación de la obra.

Las recomendaciones Geotécnicas para un pedraplén con granito sano mediante vertido indicaban que el talud debía ser de 40º o menor. En este caso el modelo construido planteaba dejar un talud de 3H/2V (ángulo 34º) suponiendo bermas de 2 m cada 8 m de altura (2). Finalmente se ha ejecutado un talud con dos pendientes diferentes, la inferior de 33º y la superior de 20º, dejando dos bermas, una en la parte inferior junto a la lámina de agua y otra a mitad de talud, tal y como se aprecia en la Figura 2.

No obstante, indicar que la pendiente ha estado más condicionada por la estabilidad de la extensión de la tierra vegetal que por la propia estabilidad del pedraplén, es decir, a igual pendiente será más estable el pedraplén que la capa de tierra vegetal. Por ello, se ha colocado una red de fibras de coco recubriendo la tierra vegetal, que evitará la erosión y servirá de soporte a la hidrosiembra (3).

En la cabecera del talud se ha ejecutado una cuneta de guarda con el objeto de que las aguas se recirculen a los laterales y no discurran libremente por el talud. Asimismo, se han ejecutado dos bajantes en los laterales de los taludes que conduzcan las pluviales hasta la masa de agua. Estas bajantes se han rellenado de materiales gruesos al objeto de que las aguas circulen lentamente por la misma y no tengan poder erosivo (4).

## 2. Revegetación

Para el diseño de la revegetación se ha atendido en primer lugar a su localización, en función de la cual se han proyectado tratamientos específicos, de los que han resultado las siguientes zonas de actuación: Taludes y Zonas horizontales en cabecera de talud.

La superficie total a restaurar en taludes y zonas horizontales en cabecera de talud será de cuarenta y dos mil doscientos cincuenta metros cuadrados (42.250 $m^2$), que se distribuye de la siguiente manera (ver Figura 3):

- Superficie horizontal en cabeza de talud 19.300 $m^2$
- Superficie del talud en verdadera magnitud 23.800 $m^2$

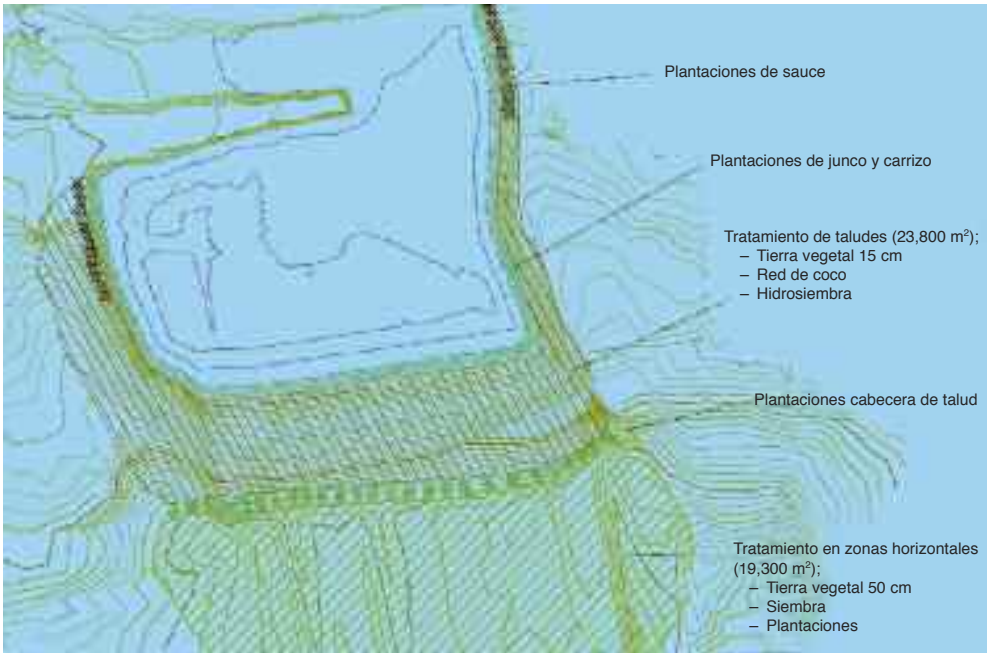



*Figura 3. Zonas de actuación*

La restauración de la *parte superior del talud* ha consistido en la incorporación de 15 cm de tierra vegetal, la implantación de una red de coco y la ejecución de una hidrosiembra. Asimismo, se han ejecutado plantaciones en la cabecera del talud y en las zonas colindantes con la lámina de agua (5).

El extendido de las tierras se ha ejecutado mediante camiones basculantes que han vertido las tierras en la parte superior de los taludes y, posteriormente, estas se han colocado para obtener una capa más o menos continua y de espesor uniforme. La tierra vegetal disponible es de aproximadamente 14.000 $m^3$.

Por último, se ha procedido a la instalación en toda la superficie de talud de una red de fibras de coco de 400 $g/m^2$. Estas redes dan soporte a la hidrosiembra y controlan la erosión del suelo, estabilizando la superficie del terreno y evitando la pérdida de la tierra vegetal.

Los componentes y características de la hidrosiembra empleada son:

| | |
|---|---|
| • Agua limpia en pasadas de hidrosiembra | 0,005 $m^3/m^2$ |
| • Agua limpia en riegos en periodo de garantía | 0,01 $m^3/m^2$ |
| • Estabilizador sintético de base acrílica | 10 $gr/m^2$ |
| • Abono mineral de liberación muy lenta (12-24-12) | 50 $gr/m^2$ |
| • Mulch protector de fibra larga para hidrosiembras | 200 $gr/m^2$ |
| • Mezcla de semillas | 25 $gr/m^2$ |

Las semillas son una mezcla pluriespecífica de gramíneas y leguminosas herbáceas constituidas por:

| | |
|---|---|
| • Festuca arundinacea | 3 $g/m^2$ |
| • Dactylis glomerata | 3 $g/m^2$ |
| • Lolium rigidum | 3 $g/m^2$ |
| • Lotus corniculatus | 2 $g/m^2$ |
| • Trifolium subterraneum | 4 $g/m^2$ |
| • Sanguisorba minor | 3 $g/m^2$ |
| • Vicia sativa | 4 $g/m^2$ |
| • Avena sativa | 3 $g/m^2$ |

En la *parte inferior del talud*, con pendiente de 33º, se apreció durante la ejecución de las obras que soportaba mal el extendido de la tierra vegetal, por lo que se propuso a la dirección del Parque Regional una modificación en la revegetación del mismo que fue aceptada.

Este propuesta de cambio tiene una doble vertiente, una técnica, dada la complejidad que supone extender de forma homogénea la tierra vegetal en el talud, y una segunda ambiental, ya que podría producirse un lavado de la tierra vegetal y terminar parte de ella en el agua del hueco, con las consecuencias negativas que ello supondría.

En consecuencia, la ejecución ha consistido en el extendido de la red de coco y la mezcla de semillas propuestas, envuelta en compost de origen vegetal (a

razón de 750/1000 g/m²) y abono de liberación lenta 12-24-12 (50 g/ m²). Este compost sustituiría al aporte de tierra vegetal, y al mulch (200 g/m²) y estabilizador (10 g/m²) de la hidrosiembra.

El compost orgánico utilizado tiene la garantía de un gestor de restos vegetales autorizado en la Comunidad de Madrid. Se trata de un compost de origen vegetal, que incluye restos de talas y podas recogidos por el mismo, triturados, cribados y apilados para fermentación aerobia.

De forma complementaria a la hidrosiembra, se ha realizado una plantación de especies arbustivas en la cabecera del talud (5 m de anchura), con el fin de anclar el terreno con las raíces. Se han dispuesto 35 arbustos y subarbustos cada 50 $m^2$. Las especies empleadas son Enebro (*Juniperus oxycedrus*), Romero (*Rosmarinus officinalis*), Tomillo (*Thymus mastichina*), Jara (*Cistus ladanifer*) y Espliego (*Lavandula latifolia*).

Asimismo, en la banda en contacto con el agua se han plantado juncos y carrizos. Los juncos están en la zona más próxima al agua, quedando los carrizos en una segunda alineación. Finalmente, en los laterales situados más al Norte, tanto del talud Este como de Oeste, se han plantado en una longitud de 50 m ejemplares de sauce salvifolio (*Salix salvifolia*).

En el caso de las *zonas horizontales en cabecera de talud* se ha realizado en primer lugar una mejora edáfica, incorporando la tierra vegetal retirada de la ampliación de la ETAP, en un espesor de 50 cm. A continuación, se ha incorporado la semilla mediante siembra, siendo ésta una mezcla pluriespecífica de especies herbáceas de gramíneas y leguminosas existentes en la zona. Finalmente, se han ejecutado las plantaciones a base de especies arbóreas, arbustivas y subarbustivas propias de la zona, a razón de 2 encinas y 56 arbustos y subarbustos cada 100 $m^2$.

Se ha diseñado un sistema de mantenimiento de las actuaciones ejecutadas. El servicio se prestará durante los tres primeros años y consistirá en la realización de las labores que a continuación se relacionan, para mantener en buen estado botánico y ornamental las siembras y plantaciones efectuadas: Abonados; Riegos; Tratamientos fitosanitarios; Reposición de marras.

Asimismo, durante los tres años siguientes a la finalización de las obras se llevará a cabo el seguimiento de la estabilidad del relleno y de los taludes generados, controlando que no existen corrimientos de tierras y que no aparecen regueros en superficie. Este control se hará de forma visual cada tres meses.

En caso de que aparezcan regueros en la superficie del talud, se restaurarán éstos mediante incorporación de tierra vegetal, refinando y compactando la superficie, procediendo posteriormente a la siembra de la misma.

## Discusión y conclusiones

La antigua cantera objeto de restauración llevaba más de 30 años en la situación original en la que fue abandonada una vez finalizada la construcción de la presa de Valmayor.

*Figura 4. Estado actual de la restauración (mayo de 2011)*

El volumen de materiales necesario para su relleno total o parcial así como su situación hacían bastante improbable una restauración satisfactoria.

La ejecución de la ampliación de la ETAP de Valmayor, con un volumen de materiales sobrantes de excavación de aproximadamente 1.000.000 m3 ha permitido, dando cumplimiento al Plan de Residuos de Construcción y Demolición de la Comunidad de Madrid, la recuperación de este espacio degradado existente en un espacio natural protegido.

Este proyecto ha contado con todas las autorizaciones del órgano ambiental autonómico, así como del Patronato del Parque Regional.

## Referencias bibliográficas

(1) Sáenz Sanz, C., Sanz Pérez, E. 2007. Notas acerca de las condiciones hidrogeológicas actuales y pronóstico de las futuras en la laguna de la cantera del pie de presa de Valmayor. Acciona, Madrid.

(2) Barco Herrera, J. A., Lorenzo Martín, F. 2008. Análisis de la estabilidad resultante de las operaciones de relleno. Restauración de la cantera existente junto a la presa. Ferrovial-Agroman, Madrid.

(3) López Jimeno, C. *et al*., 1999. Manual de Restauración de terrenos y evaluación de impactos ambientales en minería. Instituto Tecnológico Geominero de España, Madrid.

(4) ITGE. 1987. Criterios geoambientales para la restauración de canteras, graveras y explotaciones a cielo abierto en la Comunidad de Madrid. Instituto Geológico y Minero de España, Madrid.
(5) ANEFA. 2006. Manual de Restauración de Minas a Cielo Abierto. Consejería de Turismo, Medio Ambiente y Política Territorial del Gobierno de La Rioja. http://www.medioambienteyaridos.org

# Restauración del talud erosionado de un vertedero de inertes

## *Eroded Slope Restoration of an Inert Landfill*

**N. SOLANILLA RODRÍGUEZ**
**M. DÍAZ MARTÍN**
MDM Consultores Estudios y Proyectos Ambientales, SL

**J. ALEXANDRI VARELA**
Alexandri Ingenieros Consultores, SL

## Introducción

El proyecto consiste en la restauración del talud Noroeste del vertedero de inertes de Villanueva del Pardillo (Madrid). Se trata de un vertedero de inertes de aproximadamente 1,1 ha de superficie, con un borde perimetral irregular de unos 400 m. El volumen de materiales vertidos asciende a aproximadamente 90.000 $m^3$.

La planta del vertedero es irregular, situándose los taludes de mayor altura al Noroeste, con aproximadamente 10 m de altura y más de un 40% de pendiente. Al Este prácticamente está a nivel con el terreno original, formando un replano similar al de las parcelas antropizadas por prácticas agrícolas colindantes.

Dicho vertedero comenzó su actividad en la década de los 80 y ha permanecido activo hasta 2005, cuando fue restaurado. No obstante, algunos de sus taludes, sobre todo los situados al Este del mismo y especialmente los localizados al Noroeste, han experimentado algunos fenómenos erosivos dejando al descubierto los materiales originales del vertido (ver Figura 1).

*Figura 1. Situación inicial del talud*

En el proyecto, en primer lugar, se ha realizado un levantamiento topográfico de la zona a restaurar, con el objeto de definir la morfología original del vertedero. Una vez analizada la composición de materiales del terreno y la topografía actual, ya con una composición exacta de la situación, se estudia el movimiento de tierras a efectuar, intentando compensar el balance de las tierras (el material que se excava se utiliza como relleno para el terraplén), toda vez que el objetivo buscado es regularizar y disminuir la pendiente del talud existente del vertedero, obteniendo un talud más extendido, con pendientes más suaves. Finalmente, se ha procedido a la aportación del suelo y a la implantación de la vegetación.

## Material y métodos

El proyecto fue redactado en el segundo trimestre de 2009 y se ejecutó a lo largo del año 2010. Inicialmente se realizó un levantamiento topográfico del talud objeto de restauración.

Para la definición del sistema de coordenadas se emplea el sistema de referencia U.T.M., obteniendo dichas coordenadas de la cartografía 1:5:000. Debido a que la proyección U.T.M. no conserva las superficies, se transforman estas coordenadas a planas, para que no existan diferencias entre las superficies reales y las medidas, siendo el sistema de coordenadas finalmente adoptado un Sistema Plano con expresión U.T.M. El plano se realiza a escala 1/500 y con equidistancia entre curvas de nivel de 0.5 m. Se radian un total de 399 puntos en campo.

Para la realización del trabajo se empleó la metodología G.P.S en tiempo real, con conexión a la red virtual de referencia IBEREF. La precisión para la radiación de los puntos objeto del levantamiento es ±1 cm en planimetría y de ±2 cm. en altimetría. Se utilizó para la realización de las observaciones una Estación Total G.P.S. de doble frecuencia en tiempo real, de la marca Trimble, modelo 5800. Para el cálculo se utilizó el programa TGOFFICE de la misma marca.

Finalmente, el trabajo de acondicionamiento topográfico o simulación gráfica de las curvas de nivel del terreno se ha realizado mediante el uso de la aplicación informática ISTRAM y su módulo de modelado de superficies (ver Figura 2).

Por otra parte, de acuerdo con los datos del Estudio de Restauración Medioambiental del Vertedero situado en el Monte la Dehesa de Villanueva del Pardillo (1), se puede concluir lo siguiente:

- La deposición de los vertidos se ha realizado en celdas de 3, 4 y 5 metros de altura y unos 50 metros de longitud. Presentando dos pisos superpuestos y no superponibles en toda su extensión. Habiendo sido recubierto de tierra al clausurarse.
- De los muestreos realizados en los sondeos hasta 6 metros de profundidad se ha obtenido la siguiente composición: Piedra+grava, entre el 13,7 y el 26,8%; Inerte de vertedero, 2,7 - 19,9%; Tierra fina, 56,6 - 76,2%; Arena, 72 - 76%; Limo, 8-10%; Arcilla, 16-18%.

*Figura 2. Levantamiento topográfico del talud*

No se observaron restos de envases de sustancias toxicas.
  – Densidad real media 2,43 g / cc
  – Porosidad, entre 19,11 y 31,69 %

- El análisis químico de las sustancias que impregnan los materiales del vertedero arrojan los siguientes resultados: Contenido de carbono, 8,1 – 18,9 mg/g; Materia orgánica, 14,1 - 32,7mg/g; 1,4 – 3,3%; pH , 7,19 – 7,97; Sales, 0,080 – 0,113%.
  El análisis de 21 metales y metaloides realizados mediante ICP-masa, no señalaron la presencia de concentraciones anómalas, siendo los valores más altos los correspondientes al Aluminio y Hierro.
- Al objeto de determinar si junto a los inertes se había depositado materia orgánica, se analizo mediante muestreador de gases, la presencia de metano y dióxido de carbono, en todos los casos los valores obtenidos estaban por debajo del límite de detección de los medidores, es decir por debajo de los niveles admitidos.
- Al fin de detectar la composición de los lixiviados del vertedero se realizó un muestreo en el arroyo que bordea al pié del mismo, agua arriba y aguas abajo, tanto de elementos mayoritarios como minoritarios y trazas, las variaciones entre los dos puntos de muestreo no fueron significativas. Como

el muestreo se realizo tras un periodo seco, se repitió, tras unos días de lluvia, aunque estas fueron escasa, obteniéndose resultados similares.
- De las sustancias analizadas no se ha detectado riesgos para la salud ni una especial peligrosidad del vertido.

## Resultados

### 1. Movimiento de tierras

Para la ejecución del movimiento de tierras se han llevado a cabo una serie de actuaciones:

***Preparación del terreno:*** consiste en labores de eliminación de tocones, raíces, basuras y elementos sueltos que se encuentren a nivel superficial del terreno actual y que pudieran dificultar las obras.

***Excavaciones:*** consiste en las labores de desplazar el terreno de la parte superior del talud actual hacia las zonas que serán rellenadas con el mismo material. Se realiza con una retroexcavadora o bulldozer.

***Limpieza manual:*** consiste en las labores de vigilancia por parte de un operario de los materiales excavados, extrayendo, seleccionando y separando aquellos elementos que, bien por su volumen o bien por su composición, resulten inadecuados o que puedan presentar inconvenientes a la hora de ejecutar los rellenos y su compactación (restos de maderas, metálicos, envases, etc).

***Terraplenado:*** consiste en las labores de relleno con el material excavado e incluye su compactación mediante tongadas no superiores a los 30 cm. Se ejecutan con motoniveladora que va extendiendo y nivelando las tierras. Antes de extender cada una de las tongadas se realiza una compactación por medio de rodillo vibrante autopropulsado, previa humectación de las mismas con cisterna de agua.

***Perfilado:*** es el perfilado final de la superficie del terreno una vez ejecutadas las obras. Consiste en el repaso y alisamiento de las tierras terraplenadas de manera que se logra así una superficie homogénea y preparada para las posteriores labores de revegetación.

### 2. Revegetación

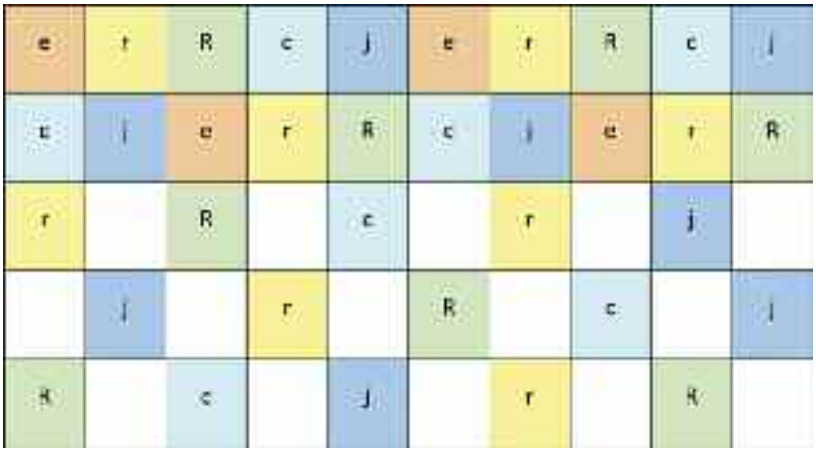
Las plantaciones, siembras e hidrosiembras desempeñan el papel protagonista en la mejora ambiental y paisajística del vertedero (2 y 3). Estas deben cumplir dos objetivos fundamentales: lucha contra la erosión e integración del vertedero en el medio.

Para el diseño de las revegetaciones se ha atendido en primer lugar a su localización, en función de la cual se han proyectado tratamientos específicos, de los que han resultado los siguientes casos: Talud Noroeste y Zonas de cabecera y pie de talud (ver Figura 3).

*Figura 3. Esquema de las plantaciones*

En el Talud Noreste, en primer lugar se procederá a una mejora edáfica, incorporando la tierra vegetal, en un espesor de 50 cm. A continuación, se incorporará la semilla mediante hidrosiembra, debiendo ser ésta una mezcla pluriespecífica de especies herbáceas de gramíneas y leguminosas existentes en la zona. Finalmente, se realizarán plantaciones continuas de arbustos y subarbustos en el perímetro del talud y rodales dispersos por el mismo.

La disposición de las plantas en el perímetro del talud se hará mediante el siguiente esquema:

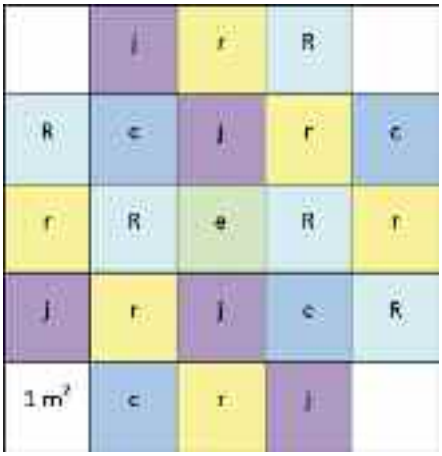


e – enebro; r – romero; R – retama; c – cantueso; j – jara pringosa.

*Figura 4. Modelo de plantación en el perímetro del talud*

En total se dispondrán 35 arbustos y subarbustos cada 50 m$^2$.

Asimismo, de forma dispersa por todo el talud, a modo de pequeños rodales, se dispondrán arbustos con la siguiente disposición:




e – enebro; r – romero; R – retama; c – cantueso; j – jara pringosa.

*Figura 5. Modelo de plantación de rodales en el talud (P2)*

En total se dispondrán 24 rodales de 25 m$^2$ cada uno que contendrán 21 arbustos y subarbustos.

En las zonas de cabecera y pie de talud, en primer lugar se procederá a una mejora edáfica, incorporando la tierra vegetal, en un espesor de, al menos, 20 cm. A continuación, se incorporará la semilla mediante siembra, debiendo ser ésta una mezcla pluriespecífica de especies herbáceas de gramíneas y leguminosas existentes en la zona. Finalmente, se ejecutarán las plantaciones a base de especies arbóreas, arbustivas y subarbustivas propias de la zona.

*Figura 6. Estado actual de la restauración*

Se prestará un servicio de mantenimiento durante los tres primeros años que consistirá en la realización de abonados, riegos, tratamientos fitosanitarios y reposición de marras, para mantener en buen estado botánico y ornamental las siembras, hidrosiembras y plantaciones efectuadas.

## Discusión y conclusiones

La Dirección General del Medio Ambiente de la Comunidad de Madrid promueve la restauración del talud Noroeste del vertedero de inertes de Villanueva del Pardillo, dada la continua degradación que está sufriendo en los últimos tiempos.

Para ello se redacta el presente Proyecto que tiene como objetivo, definir y concretar las medidas encaminadas a restaurar el talud Noroeste del vertedero de inertes de Villanueva del Pardillo, localizado al Sur del casco urbano.

A partir de los datos iniciales se ha realizado un levantamiento topográfico de la zona a restaurar para definir la morfología original del vertedero. Posteriormente, se ha modelizado la situación final, cubicando el volumen de materiales a remover, previo a la aportación del suelo y a la implantación de la vegetación.

Con la aplicación de las actuaciones especificadas en el proyecto se ha conseguido minimizar la degradación del vertedero y devolver a este territorio un aspecto naturalizado (ver Figura 6).

## Referencias bibliográficas

(1) Universidad Autónoma de Madrid. Estudio de Restauración Medioambiental del Vertedero situado en el Monte la Dehesa de Villanueva del Pardillo. Informe 1º. Caracterización e Impacto Ambiental del Vertedero. Universidad Autónoma de Madrid, Madrid, 2008.

(2) López Jimeno, C. et al. Manual de Restauración de terrenos y evaluación de impactos ambientales en minería. Instituto Tecnológico Geominero de España, Madrid, 1999.

(3) ITGE. Criterios geoambientales para la restauración de canteras, graveras y explotaciones a cielo abierto en la Comunidad de Madrid. Instituto Geológico y Minero de España, Madrid, 1987.

# Valoración de la integración paisajística de las autopistas españolas por agentes implicados en su gestión

## *Landscape Integration Assessment of Spanish Highways by Stakeholders*

**M. LORO AGUAYO**
**B. MARTÍN RAMOS**
**R. M. ARCE RUIZ**
**I. OTERO PASTOR**
TRANSyT-UPM. Centro de Investigación del Transporte.
Universidad Politécnica de Madrid, Madrid

**Resumen**

En esta comunicación se sintetizan los resultados obtenidos a partir de las entrevistas y cuestionarios realizados a diversos agentes implicados en la gestión, diseño y ejecución de proyectos de integración paisajística de autopistas. Este análisis se integra a su vez en una investigación que pretende conocer y valorar la eficacia de este tipo de proyectos en la corrección de impactos negativos en el paisaje.

**Palabras clave**

Integración paisajística, autopistas, infraestructuras lineales, agentes implicados.

## Introducción

La correcta integración paisajística de una autopista debe ser el principal objetivo del promotor de la misma, ya que facilita su aceptación social al minimizar el impacto y hacer más agradable la conducción. Pero ésta integración no siempre se ejecuta adecuadamente en la fase de construcción, y es durante su fase de operación cuando se completa.

Fruto del interés por mejorar esta labor de integración paisajística durante esta última fase, nace el proyecto OASIS (Operación de Autopistas Seguras Inteligentes y Sostenibles). Los resultados que se exponen en la presente comunicación son fruto de los trabajos de investigación realizados en el marco de este proyecto, el cual está subvencionado por el Centro para el Desarrollo Tecnológico e Industrial (CDTI) dentro del programa CENIT. Dichos resultados son, pues, propiedad exclusiva de las empresas que promueven dicho proyecto y que constituyen la Agrupación de Interés Económico OASIS-CENIT, A.I.E. (OHL-Concesiones, ABERTIS, IRIDIUM, INDRA, SICE, OHL, DRAGADOS, GMV y GEOCISA).

Si se tiene en cuenta que, según algunos estudios, el coste medio de las medidas de adecuación ambiental es del 3-5% del presupuesto de ejecución de la obra total (1)(2)(3) y el de conservación posterior ronda los 4.000 €/km (4), no es de extrañar que tanto las concesionarias de autopista como algunas administraciones públicas hayan adoptado nuevas formas de licitación y supervisión de estos trabajos. La realidad es que, en ocasiones, durante la obra, los fondos destinados a integración paisajística se destinan a cubrir partidas extraordinarias de la propia construcción de la infraestructura o simplemente no se ejecutan (5)(6).

No se debe olvidar que la correcta integración de una autopista tiene una importante repercusión en la percepción de una mejor gestión de la infraestructura y un mayor compromiso medioambiental (7). Algunos ejemplos destacados de esta labor pueden ser los trabajos llevados a cabo en la AP-7, la AP-6 o la M-12, entre otras, en los últimos años (7)(8)(9).

## Material y métodos

### Revisión del estado del arte

El primer paso de la investigación realizada ha sido la revisión y selección de aquellas guías, manuales y ponencias relacionados con la integración paisajística de carreteras. Entre las publicaciones consultadas se han seleccionado aquellas que daban recomendaciones más prácticas y concisas. Algunas de estas publicaciones a destacar son:

Recomendaciones técnicas para el diseño y ejecución de sistemas viarios en medios sensibles (GIASA, 2006).

Impacto ambiental de carreteras, Evaluación y restauración (Comunidad de Madrid, 1999).

La carretera en el paisaje, Criterios para su planificación, trazado y proyecto (Junta de Andalucía, 2008).

Impacto ambiental de las líneas de alta velocidad, Medidas preventivas correctoras y compensatorias (CCCP, 2002).

Libro de estilo de las carreteras catalanas (GISA, 2009).

### Inventario en autopistas

Una vez fijadas las bases de referencia de dónde debían aplicarse las medidas de integración paisajística en una autopista, se han recorrido la mayor parte de las autopistas gestionadas por las empresas concesionarias participantes en el proyecto OASIS, fotografiando y localizando con GPS aquellas zonas que presentaban una mejorable integración paisajística o que, por el contrario, mostraban destacados esfuerzos por la mejora del paisaje.

En esta fase se han recorrido más de 4.000 km de autopistas y se han tomado más de 4.500 fotografías, ver Figura 1.

*Figura 1. Recorrido realizado durante el inventario fotográfico de medidas de integración paisajística en autopistas participantes en el proyecto OASIS*

**Fase de entrevistado a los agentes implicados**

Tras el inventario realizado y una posterior selección de aquellas fotografías más representativas, se ha elaborado un cuestionario estructurado en tres grupos de preguntas tal y como se muestra en la Figura 2.

Para conseguir la mayor representatividad posible en la investigación, se han realizado entrevistas a técnicos especialistas de las consultoras especializadas de España, a técnicos encargados de la ejecución y gestión de zonas verdes de las concesiones, y a funcionarios especializados en el seguimiento y control de dicha gestión. En total se preseleccionaron a un total de veinte expertos, de los cuales finalmente se ha podido contactar con dieciocho. De estos, doce han realizado la entrevista en persona o vía e-mail. El perfil profesional de los entrevistados se describe a continuación:

- Técnicos medioambientales de concesionarias de autopistas encargados en el control de la ejecución y mantenimiento de las medidas de integración durante la fase de operación.
- Funcionarios responsables de la supervisión de los trabajos de integración paisajística en los Planes y Proyectos de carreteras gestionadas por la DG de Carreteras del Ministerio de Fomento.
- Técnicos especialistas en medioambiente de GIASA (Gestión de Infraestructuras de Andalucía).

*Figura 2. Estructura del cuestionario realizado*

- Directores técnicos y jefes de departamento de Infraestructuras y Medioambiente de las consultoras PROINTEC, INECO y TECNOMA (grupo TYPSA).

El protocolo seguido durante las entrevistas se ha basado en preguntas con respuesta abierta, con la intención de que el entrevistado pudiera añadir información adicional a lo que se le preguntaba, permitiéndole ampliar los temas tratados. Las preguntas y el orden en que se han ido efectuando se han diseñado con la intención de crear una conversación fluida, pasando de conceptos generales sobre la integración paisajística en carreteras a opiniones técnicas sobre problemas concretos mostrados en fotografías. Esta metodología ya ha sido empleada anteriormente en estudios similares (10)(11).

En las Figuras 3, 4 y 5 pueden verse algunas de las fotografías que se mostraron durante la fase de entrevistado.

*Figura 3. Área de servicio con un diseño orientado a la observación del paisaje en Zuasti AP15 (Izqda.) y área donde se impide esta observación por la presencia de motas en AP6 (Dcha.)*

*Figura 4. Tramo en trinchera por falta de adaptación de la traza a la topografía (Izqda.) y presencia de talud con fuerte pendiente sin revegetar (Dcha.)*

*Figura 5. Medidas de integración de túneles y falsos túneles cuestionables por la presencia de colores ajenos al paisaje y de gunitados sin cubrir*

## Resultados

Los resultados obtenidos durante la fase de entrevistado se agrupan en los siguientes bloques:

## La integración paisajística en las autopistas y autovías españolas

Se ha obtenido gran diversidad de opiniones entre los expertos entrevistados respecto a **cómo debe realizarse una correcta integración paisajística en una autopista**. Algunos han considerado que debe buscarse la máxima ocultación de la infraestructura en el paisaje (tramos en trinchera, plantaciones lineales en sus márgenes, etc), en cambio, otros expertos opinaron que ésta debe buscar la máxima adaptación a la topografía de la zona (minimización de desmontes, ampliación de la longitud de la traza para sortear fuertes movimientos de tierra, etc). Tal y como puede verse en la Figura 6, las posiciones se encuentran divididas entre los expertos consultados.

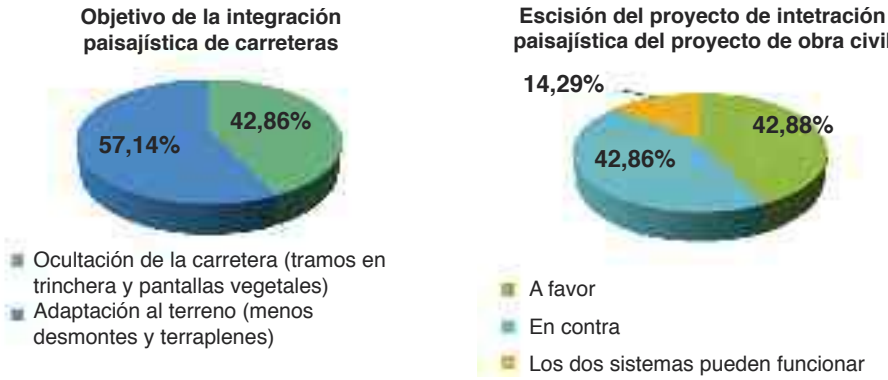



*Figura 6. Opinión sobre los objetivos buscados en la integración paisajística de carreteras (Izqda.) y sobre las nuevas formas de licitar estos trabajos por algunas CCAA (Dcha.)*

## Nuevas formas de licitación de los trabajos de integración paisajística

Algunas administraciones autonómicas separan el **diseño y la ejecución de los trabajos de integración paisajística** en los concursos públicos de obra civil (por ejemplo en Andalucía). Esta nueva manera de realizar las licitaciones no ha sido bien vista por todos los expertos consultados. Por un lado, los partidarios de esta medida destacaron que de esta forma **se evita derivación de fondos** para otras unidades de obra y se propicia la **correcta ejecución** de los trabajos por parte de las empresas especializadas. Además, subrayaron la importancia de la elección del **momento adecuado** para llevar a cabo este tipo de trabajos, sin depender de plazos de puesta en funcionamiento de la infraestructura. En cambio, los detractores de estas medidas justificaron que no hace falta separar los trabajos, siempre que exista un correcto seguimiento por el Director Ambiental de Obra y un auténtico **compromiso por parte de los promotores** en la correcta restauración ambiental de la zona afectada. Los resultados relativos a esta pregunta se muestran en la Figura 6.

### Factores prioritarios en la integración de una autopista

Para la mayoría de los entrevistados, los **aspectos más importantes que deben ser tenidos en cuenta** para lograr una buena integración paisajística son: estudiar la **traza** y la **nueva topografía** que se genera, las condiciones ecológicas de la zona, la **adaptabilidad al ecosistema destino** de las plantas procedentes de viveros próximos a la zona, las **condiciones intrínsecas de cada tramo** de autopista y un **seguimiento continuo** de la dirección ambiental de los trabajos de implantación y conservación.

### Aspectos a mejorar de los proyectos de integración paisajística

Todos los entrevistados afirmaron que la mayoría de los proyectos de integración paisajística en carretera no incluyen un **estudio técnico y económico del coste de mantenimiento de las plantaciones durante la fase de explotación de la autopista** (a excepción de los dos años de garantía). Esta deficiencia provoca que, en muchos casos, un diseño incorrecto se traduzca en la necesidad de **frecuentes siegas y podas de arbolado**, problemas de descalce de árboles en taludes o **problemas de seguridad** por el efecto llamada de ciertas especies faunísticas (grandes praderas atraen a lagomorfos, por ejemplo).

### Aplicación de medidas de integración en taludes

Durante la muestra de diferentes fotografías de taludes a revegetar o revegetados se recogieron recomendaciones tales como:

- Durante el primer año, la hidrosiembra es una buena solución para fijar taludes con fuertes pendientes (más de 45 grados), pero, al mismo tiempo, se deberían realizar **plantaciones en banquetas con matorrales** pertenecientes a especies frugales, aportando tierra vegetal. A largo plazo, estos matorrales serán los que sujeten el suelo y eviten la erosión del talud. En muchos casos, **solamente se realiza la hidrosiembra**, lo que lleva asociado la aparición de regueros en el talud al cabo del tiempo.
- Si se diseñan taludes con menor pendiente, no hace falta hidrosembrar ni plantar matorrales. Bastaría con una **buena gestión de la tierra vegetal** procedente de la fase de excavación, con la intención de asegurar una correcta cobertura de **plantas herbáceas provenientes del banco de semillas** del propio suelo.
- La creación de pequeños **muros a los pies del talud es una solución interesante para tender el mismo y facilitar su posterior revegetación**. Este tipo de medidas llevan asociado un sobrecoste debido a la necesidad de construir barreras de seguridad delante de los muros por razones de seguridad vial.

### Aplicación de medidas de integración mediante pantallas vegetales

Durante la muestra de diferentes fotografías de pantallas vegetales se recogieron recomendaciones tales como:

- La creación de **pantallas vegetales con fines de ocultación** debe ser **limitada a zonas puntuales de la autopista** debido a su alto coste de ejecución (necesidad de grandes densidades de plantación).
- La **combinación de motas de tierra con pantallas vegetales** es una solución **poco utilizada en España**. Este tipo de soluciones deben ser **diseñadas *a priori*** entre el equipo de diseño de la infraestructura y el equipo de integración paisajística, ya que las tierras necesarias para su construcción procederán de las tierras sobrantes de la obra civil. Se trata de una solución muy interesante **para aislar visual y acústicamente las áreas de descanso/ servicio** de las autopistas.

### Aplicación de medidas de integración en áreas de descanso/servicio

Según la mayoría de los entrevistados, en España **no se tiene en cuenta el paisaje y su potencial recreativo** a la hora de localizar y diseñar las áreas de servicio/descanso. Los principales escollos a los que se enfrenta este hecho son: la **falta de interés** por parte de las administraciones gestoras de infraestructuras y la **preocupación del Órgano Ambiental** de las CCAA y el Estado ante posibles daños ambientales que estas pudieran causar en el entorno. Pese a ello, y como puede verse en la Figura 7, muchos de los entrevistados consideraron interesante el incluir esta función en el diseño de las áreas de servicio siempre y cuando la Administración apoyara estos criterios.

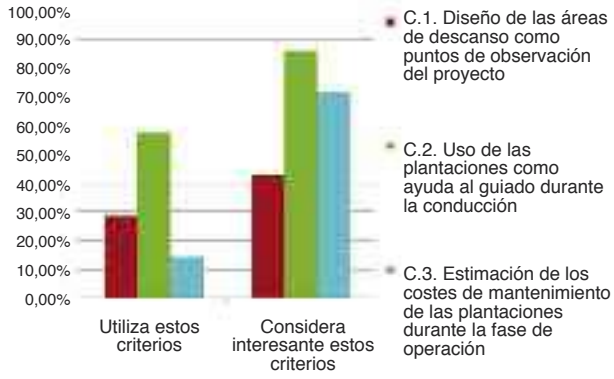



*Figura 7. Evaluación de la utilización de algunos criterios paisajísticos propuestos y grado de interés mostrados por los mismos*

### Aplicación de medidas de integración en túneles

Durante la muestra de diferentes fotografías de bocas de túneles y falsos túneles se recogieron recomendaciones tales como:

- En el diseño de **falsos túneles, deberían evitarse las formas lineales** puesto que resultan poco naturales, dejando el terreno con formas onduladas. Además, podrían **sustituirse los canales de drenaje de hormigón prefabricado** por otros de mampostería ordinaria.
- La utilización de **colores vistosos en las bocas de los túneles** puede ser interesante en zonas urbanas, pero no en un entorno rural.
- En caso de existir **movimientos en masa** próximos a las bocas de los túneles, es recomendable **prolongar la boca del túnel** para recuperar la pendiente de la montaña y realizar plantaciones. Si finalmente se realiza un gunitado para estabilizarlo, existen **tintes oxidantes** que en dos semanas dan el color que tendría la piedra en varios años. Otra solución puede ser colocar **mallas sobre el gunitado**, y posteriormente, aplicar un hidrosembrado.

### Aplicación de medidas de integración en medianas

Durante la muestra de diferentes fotografías de medianas se recogieron recomendaciones tales como:

- Las plantaciones en las medianas, pese a que llevan asociado **un alto coste de conservación**, aportan al conductor una sensación de **confort y cercanía con el paisaje** que atraviesa durante su viaje. Estas ventajas se pierden cuando se sustituyen dichas plantaciones por pantallas antideslumbramiento.
- Deberían hacerse **estudios que valorasen** qué especies vegetales y qué marcos de plantación son adecuados para **minimizar los costes de conservación** de la mediana a lo largo de la fase de explotación de la infraestructura.

## Discusión y conclusiones

Las conclusiones obtenidas en la investigación realizada se resumen a continuación:

- El concepto de integración paisajística de carreteras no es compartido por todos los agentes entrevistados. No existe un enfoque claro del objetivo buscado: ocultación de la carretera o adaptación al terreno.

- Los criterios ambientales no son tenidos en cuenta durante la fase de trazado, solamente en la definición de corredores (salvo excepciones).
- Algunas CCAA han introducido nuevos procedimientos de licitación de los trabajos de restauración paisajística, obteniendo buenos resultados. Esta nueva forma de licitación no es aprobada por el 25% de los entrevistados.
- La ausencia de estudios técnicos y económicos del coste de mantenimiento de las plantaciones durante la fase de explotación de la autopista es un problema a resolver para hacer más eficiente su posterior mantenimiento durante la fase de explotación.
- No se aprovecha suficientemente el potencial recreativo del paisaje de las áreas de servicio/descanso.
- El diseño de los taludes suele ser inadecuado para su posterior plantación. Muchos taludes son originados por una falta de coordinación entre el trazadista y el equipo de integración paisajística.
- La incorporación de colores artificiales debe evitarse, así como los gunitados sin decolorar.
- Las áreas de descanso carecen, en su mayoría, de suficiente arbolado y se encuentran demasiado cerca de las infraestructuras.
- Los costes de conservación de las plantaciones en medianas debería revisarse y rediseñarse.

## Agradecimientos

Esta investigación ha podido llevarse a cabo gracias a la colaboración de las siguientes entidades: TRANSyT- UPM (Emilio Ortega), ABERTIS, IRIDIUM, OHL-Concesiones, PROINTEC, INECO, TECNOMA (grupo TYPSA), GIASA y a la Dirección General de Carreteras del Ministerio de Fomento.

## Referencias bibliográficas

(1) Arce, R. 2004. Los proyectos de infraestructuras de transporte y la integración de medidas preventivas, correctoras y compensatorias de daños al medio ambiente en los últimos diez años en España. Perspectivas de futuro. *Revista Carreteras,* 131: 26-36.

(2) Borrajo, J. 2004. Evaluación ambiental estratégica de planes de infraestructuras. VII Congreso Nacional de Medioambiente. Madrid.

(3) Mola, I. 2008. Infraestructuras lineales de transporte vs integración ambiental. ¿Estamos haciendo las cosas bien?. *IX Congreso Nacional del Medio Ambiente.*

(4) Borrajo, J. 2009. Implantación del seguimiento en la fase de explotación: responsabilidades y financiación. Jornada sobre impacto ambiental de infraestructuras en el medio natural. Madrid.

(5) Herrera, R., Ramajo, L. 2003. Manual de recomendaciones de restauración paisajística. III Congreso Andaluz de Carreteras. Sevilla.

(6) Aizpurúa, N. 2011. Medidas preventivas, correctoras y compensatorias del impacto ecológico de carreteras. Tesis Doctoral dirigida por Arce, R.. ETSI Caminos, Canales y Puertos. Universidad Politécnica de Madrid. http://oa.upm.es/6373/
(7) Glaría, G., Ceñal, M. A. 1995. Los estudios de impacto ambiental en relación al procedimiento de evaluación. *Informes de la Construcción*, Vol. 47, 441-442: 5-12.
(8) Loaso, J. 2009. Compromiso con el medioambiente. *Revista Tercer Carril*, 9: 8-9.
(9) Arbilla, I., Romero, L. 2009. La vegetación en el ámbito de la explotación de las autopistas de peaje AP-6, AP-51 y AP-61. Jornada sobre explotación de carreteras y medio ambiente: un enfoque integrado. Asociación Técnica de la Carretera. Madrid.
(10) Scott, J. M. 2007. Roadside naturalization and Texas Highway 190: a comparison between best practices and plant selection. http://dspace.uta.edu/handle/10106/552.
(11) Fischer, T., Dalkmann, H., Lowry, M., Tennoy, A. 2010. The dimensions and context of transport decision making. *Indicators of environmental sustainability in transport.* Ed. Joumard, R. and Gundmunson, J: Pp. 97-102. INRETS-LTE. Editorial Recherches. Bron cedex (France).

# Restauración ecológica y funcional de un LIC en Icod de los Vinos (Tenerife)

## *Ecological and Functional Restoration on a LIC in Icod de los Vinos (Tenerife)*

**D. DE TORRES RODRÍGUEZ**
Área de Ingeniería Agroforestal de la Universidad de La Laguna, San Cristóbal de la Laguna

**F. GUTIÉRREZ LLARENA**
ENVIRO, SL, Consultoría y Proyectos, Tacoronte

## Resumen

El lugar de actuación es un LIC localizado en Icod de los Vinos (norte de Tenerife) donde se desarrollan especies endémicas, algunas de las cuales tienen un elevado valor ecológico como consecuencia de su escasa población y hábitat muy restringido. En concreto, nos referimos a poblaciones de *Kunkeliella subsucculenta* y de *Anagyris latifolia.*

La restauración alcanza a tres afecciones en un paraje de alto valor natural: Por una parte, la presencia de un vertedero de escombros y residuos de 50.000 $m^3$ en un barranco situado en la parte más alta de la parcela objeto de las actividades de restauración. En segundo lugar, la destrucción de una loma para la extracción de áridos de la que se han movido 14.808 $m^3$. En este lugar, más alejado del acceso a la zona, y próximo a la zona de acantilados que llegan hasta el mar, es donde se encuentra el hábitat en que se desarrollaban las especies endémicas y de mayor valor que han sido destruidas. En tercer lugar, y como consecuencia también de las labores de extracción, aparece un hueco de 4.200 $m^3$ próximo a la loma descrita anteriormente, y se debe proceder a su reparación.

La actuación llevada a cabo, pretende la restauración de unas condiciones, morfológicas y biológicas semejantes a las originales, que permitan la recuperación de las especies que se venían desarrollando con anterioridad a las actividades de extracción. El proyecto contempla igualmente la eliminación del vertido de escombros del barranco, su revegetación posterior y la restauración paisajística de las zonas afectadas. Se describen los condicionantes considerados, las decisiones adoptadas, las dificultades principales que representaron dichas actuaciones, así como el seguimiento

y control de las acciones desarrolladas para comprobar el grado de restauración alcanzado con el paso del tiempo en los distintos niveles perseguidos: perceptual, morfológico, edáfico, y biológico.

**Palabras clave**

Restauración ambiental, restauración ecológica, *Kunkeliella subsucculenta, Anagyris latifolia.*

## 1. Situación de partida

En el momento de iniciar los estudios de restauración, la situación de partida se caracteriza por la existencia de tres afecciones en un paraje de alto valor natural, debido a que en el mismo se desarrollan especies endémicas, algunas de las cuales tienen un elevado valor ecológico como consecuencia de su escasa población y hábitat muy restringido.

Las afecciones mencionadas son las siguientes:

- Una zona de escombrera y vertido de materiales procedentes de demolición, así como residuos domésticos. En su mayor parte se trata de productos inertes, que afectan a la cabecera del barranco con un volumen estimado de residuos de 50.200 $m^3$. (UTM: 334.770,22 ; 3.141.561,34)
- La destrucción parcial de una loma, como consecuencia de la extracción de áridos con el fin de rellenar y establecer unas parcelas de cultivo en una zona contigua de la finca. La extracción supuso la modificación sustancial de la orografía primitiva de dicha loma, al tiempo que ocasionó el desbroce y retirada de buena parte de su cobertura vegetal. El volumen de extracción de material se pudo calcular con bastante precisión en 14.808 $m^3$, de los cuales, 11.000 $m^3$ correspondieron a horizontes profundos (roca madre), y el resto a material edáfico. (UTM:334.265,63 ; 3.141.833,58)
- Con idéntica finalidad de extracción de áridos, se excavó una zona en la que se produjo como resultado un hueco o vacío en el terreno, de aproximadamente 4.200 $m^3$ en una parcela adyacente a la loma antes mencionada. (UTM: 334.344,51 ; 3.141.816,00)

## 2. Condiciones de entorno

### 2.1. Botánicas

Las actuaciones llevadas a cabo tuvieron repercusiones de distinto gravedad, destacando de forma llamativa la eliminación de plantas endémicas de elevado valor ecológico. En concreto, la *Kunkeliella subsucculenta* es una especie en peligro de extinción.

En un censo realizado en mayo de 1998 se contaron 215 ejemplares. En diciembre de 1999 se localizó una segunda población en el término municipal de La Guancha, en la que se contaron unos 300 ejemplares.

Según Ludwig (1984) en cuatro especies del género *Kunkeliella* conocidas, solamente se conocen hemiparásitos y las plantas se deben conectar a sus huéspedes mediante haustorios en la zona radicular. En el caso de K. subsucculenta los huéspedes más probables son *Micromeria varia*, *Argyranthemum frutescens* y *Lavandula multifida.* Solo tiene presencia en suelos del lugar, no habiéndose encontrado ejemplares en los suelos sorribados.

La *Anagyris latifolia,* es otra planta endémica con presencia en esta localización. Por fortuna en este caso, ha sido citada en otras zonas de la isla y también citada en Gran Canaria, La Gomera y La Palma pero con un escaso número de individuos.

Tenerife, con una treintena de localidades, presenta un número de individuos estimado en un total de 160 ejemplares (Mesa, 1999); la mayor parte de las poblaciones consta de un número reducido de individuos o son ejemplares solitarios. En el municipio de Icod existen varias poblaciones, algunas de ellas con un número de individuos bastante alto (en torno a la treintena de ejemplares). Las poblaciones de esta especie se distribuyen en las zonas bajas de la isla (sobre todo en la vertiente norte) y por las medianías hasta alcanzar el pinar en las bandas del sur.

Ambas plantas se encuentran incluidas en el Catalogo Nacional de Especies Amenazadas como “en peligro de Extinción” y la zona ha sido catalogada como L I C, “Lugar de Importancia Comunitaria” con la identificación “LIC ES7020113, Acantilado de los Perros”.

Estas especies se encontraban presentes principalmente en la loma descrita como afección número dos. Este promontorio se asoma al mar en su vertiente NE en unos acantilados de gran belleza, que suministran las condiciones de humedad y temperatura, a través de sus corrientes de aire ascendentes, responsables del desarrollo de las especies vegetales en el suelo sódico de la zona.

En cuanto al resto de la vegetación predominante en la zona, podemos señalar que está compuesta por matorrales xerófilos costeros de composición heterogénea con presencia de especies halófilas de costa por la influencia de la maresía (vientos con elevado contenido salino). En el matorral, las especies que más destacan y que en ocasiones dominan son: el salado (*Schisogyne sericea*), la magarza (*Argyranthemum frutescens* subsp. *succulentum*) y el mato de risco (*Lavandula multifida* subsp. *canariensis*). Con menor frecuencia aparecen también especies como *Justicia hyssopifolia, Pericallis echinata* y *Limonium pectinatum*.

La cabecera del barranco está caracterizada por el dominio del tabaibal cardonal inmerso en un espacio típico de terrazas de cultivo mayoritariamente abandonadas y sin especial interés botánico. La cabecera se continúa en un cauce que discurre hacia el norte, poblado por una vegetación característica del tabaibal, con presencia dispersa de ejemplares de *Anagyris latifolia* a lo largo del cauce que justifica su inclusión dentro de la zona L I C.

*Figura 2. Kunkeliella subsucculenta*

### 2.2. Geológicas

Las características geológicas están marcadas por la presencia de una colada traquifonolítica, de la Serie IV, integrada por fonolitas peralcalinas subsaturadas de máxima alcalinidad. Son coladas poco frecuentes en la isla localizadas en la zona norte como consecuencia de la extrusión desde el estratovolcán de Pico Viejo.

Los suelos son, mayoritariamente, suelos procedentes de sorribas para cultivo que ocupan las zonas aledañas al cantil. Las áreas de desarrollo espontáneo, no cultivadas, están compuestas por suelos poco evolucionados, con poco o nula diferenciación entre horizontes, se trata de Entisoles con alto contenido en Na.

La afección número tres, que hemos definido como “hueco de extracción” está situado en un lateral de una finca de cultivo abandonada, adyacente a un talud de desarrollo espontáneo de idénticas características geológicas y edáficas que la loma (afección número dos) y con cobertura vegetal característica del Matorral xerófilo de las zonas bajas dominado por la tabaiba amarga (comunidad de *Euphorbia obtusifolia*).

## 3. Planteamiento de actuaciones

Las afecciones generadas han dado lugar a la apertura, por parte de la administración competente, de un expediente sancionador a la propiedad y la obligación de devolver al espacio las condiciones preexistentes.

El proyecto técnico de ejecución contempla la restauración de unas condiciones, morfológicas y biológicas, semejantes a las originales que permitan la recuperación de las especies que se venían desarrollando con anterioridad a las

actividades de extracción. El proyecto contemplará igualmente la eliminación del vertido de escombros del barranco y su revegetación posterior, así como la restauración paisajística de las zonas afectadas.

Por otra parte, las acciones llevadas a cabo deberían tener los menores impactos ambientales negativos durante la fase de obras, así como suponer el mínimo consumo de recursos -materiales y económicos- posible.

Los impactos negativos que necesariamente se iban a producir en fase de obra eran los derivados de la presencia de maquinaria pesada para el movimiento, carga y transporte de material que debería aportarse a la loma y hueco de extracción, por una parte y que debería eliminarse de las aportaciones de escombros e inertes que fueron depositados en la cabecera del barranco.

Todas las acciones deberían estar presididas por los criterios de máxima eficacia funcional, así como de la reconstrucción orográfica y paisajística, junto con los criterios de mínimo impacto posible en fase de obras y de mínimo coste.

## 4. Actuaciones llevadas a cabo

### 4.1. Actuaciones en cabecera del barranco

Aunque cada zona tenía unas necesidades diferentes de actuación, el enfoque que planteó el equipo redactor fue la de integrar las tres actuaciones separadas a fin de buscar la coherencia de una estrategia conjunta. En la primera fase se consideró simultáneamente la posibilidad de que una parte de los inertes depositados en la cabecera del barranco, y que deberíamos eliminar, pudiera servir como material de relleno para la formación de sub-base que sería necesario aportar para el relleno de las zonas excavadas.

El mayor problema a nivel de volúmenes se presentaba en la afección del barranco, dado el importante acopio que se había acumulado en el mismo con 50.200 $m^3$ que deberían ser teóricamente reubicados, y como mínimo removidos para extraer del mismo los materiales que forzosamente tenían que eliminarse (como neumáticos, electrodomésticos, envases e incluso restos de vehículos).

Por otra parte eran necesarios inertes en la parte baja de la finca (cerca de 11.000 $m^3$ para restaurar la orografía de la loma, y alrededor de 4.000 $m^3$ para rellenar el hueco de extracción). Se decidió proceder a la remoción los vertidos del barranco para extraer de ellos los materiales que deberían transportarse a vertedero, haciendo acopio de inertes y tierra vegetal en las zonas laterales adyacentes al cauce.

Con los inertes de mejor calidad y granulometría, se procedió a una primera modelación, como relleno de la loma y el hueco de extracción. Una vez eliminado y transportado a vertedero todos aquellos elementos que no tenían utilidad para la reconstrucción de perfiles o que presentaban un peligro potencial de contaminación, con el material restante –cerca de 25.000 $m^3$ de inertes y tierra vegetal- se formaron tres pequeñas terrazas junto al cauce del barranco. Esta

actuación supuso un vivo debate sobre la conveniencia de una eliminación radical (y costosa) o una actuación aceptable ambientalmente aunque mucho más rápida y económica. Finalmente se optó por esta segunda, teniendo en cuenta el entorno antropizado en la inmediaciones de la finca, y del barranco en concreto, en el que abundan las terrazas y abancalados para el cultivo.

Como condición innegociable, se respetó el cauce del barranco, dejándolo libre para las avenidas en las estaciones lluviosas, y finalmente se redujo el volumen de material que debería transportarse a vertedero, con la consiguiente reducción del tiempo de trabajo de las máquinas, los ruidos, humos, olores y molestias al entorno; así como la reducción del coste de la operación.

Las terrazas fueron cubiertas con tierra vegetal que aportan las aguas del barranco y la revegetación de la zona fue espontánea y rápida.

### 4.2. Restauración de la loma y hueco de extracción

Mediante la realización de perfiles topográficos en la zona de actuación se decidió cual era el relieve más adecuado y similar al previamente existente y que íbamos a reproducir mediante aporte de material. Una vez decidida la morfología del perfil definitivo, medimos el espesor de suelo propiamente dicho de las zonas aledañas no afectadas. En las catas realizadas se encontraron profundidades que oscilaron entre los 12 y los 20 cm de profundidad, siendo el valor modal el correspondiente a 16.5 cm.

En consecuencia, tras el relleno de conformación inicial, se decidió efectuar una adición de suelo semejante al que existe en la loma mediante aportaciones tomadas de un talud de las huertas de cultivos formadas, que no presenta ningún interés en cuanto a presencia de especies de relevancia, y que por su propia situación de proximidad a las huertas de cultivo, difícilmente iban a evolucionar en el sentido de albergar poblaciones de significación.

El volumen aproximado que se trasladó hasta la loma para conseguir la morfología y acabado propuestos anteriormente fue de 11.000 $m^3$ de inertes para dar la forma a la misma, sobre la que se añadieron 16 cm de suelo superficial extraído del talud de las huertas antes mencionado, con un volumen aproximado de 3.750 $m^3$.

El hueco de extracción fue relleno con 4.200 $m^3$ procedentes igualmente de los inertes seleccionados de mejor calidad procedentes de la limpieza del barranco y una capa superficial de suelo del talud.

En total se eliminaron 16.200 $m^3$ de escombros y materiales depositados en la cabecera del barranco, que fueron trasladados a vertedero autorizado, eliminando este “vertedero” improvisado que se había formado con el paso del tiempo y que albergaba toda clase de residuos.

En cuanto al coste de la operación, podemos decir que en esta zona de la isla y en la fecha indicada, el coste de transporte a vertedero resultante fue de 7,20 €/$m^3$, incluyendo pala retroexcavadora, camión de 20 tm y tasas de vertedero.

## 5. Resultados y conclusiones

De los objetivos inicialmente propuestos, el grado de obtención y satisfacción del equipo redactor y director de la obras ha sido diverso.

Podemos considerar como un éxito la eliminación del vertido de escombros del barranco. La solución ofrecida al material restante (inertes y tierra vegetal) relativo a la formación de tres pequeñas terrazas dejando libre el cauce del barranco, aún a fecha de hoy parece razonable. La vegetación espontánea ha cubierto el suelo y las terrazas están estabilizadas.

En las actuaciones llevadas a cabo en la loma destruida y hueco de extracción, el grado de logro de la restauración de unas condiciones morfológicas y biológicas semejantes a las originales; y la recuperación de las especies que se venían desarrollando con anterioridad a las actividades de extracción. Podemos indicar un éxito razonable y completo en el hueco de extracción. En la loma (nuestro principal reto) estamos razonablemente satisfechos del resultado morfológico; de la estabilidad del suelo; su baja erosión en estos años, dada la pendiente y el grado de drenaje obtenidos, con la incorporación dispersa de rocas, y la revegetación posterior; así como de la normalización paisajística de las zonas afectadas.

Finalmente debemos admitir que donde no se han obtenido logros hasta el momento ha sido en la aparición de las especies endémicas dentro de las zonas restauradas. Esto confirma nuestra idea inicial de las dificultades para favorecer el desarrollo de endemismos que, ya de por sí y de modo espontáneo tienen muchos factores limitantes para su proliferación y estabilidad poblacional.

## Anexo. Normativa de referencia

- Catalogo Nacional de especies amenazadas.
- Directiva 97/62/CEE (Anexo II y IV).
- Orden de 20 de Febrero de 1991 sobre protección de especies de la flora vascular silvestre de la Comunidad Autónoma de Canarias (Anexo I y Art 2).
- Red Natura 2000.
- Real Decreto 1997/1995 de conservación de hábitats naturales (Transposición a España de la directiva 92/43/CEE).
- Ley 11/1990 de 13 de julio de prevención del impacto ecológico.
- Ley 42/2007, de 13 de diciembre, del Patrimonio Natural y de la Biodiversidad.

## Referencias bibliográficas

(1) Clewell, A. F., Aronson, J. 2006. Motivations for the Restoration of Ecosystems. *Conservation Biology*, Vol. 20 Issue 2: 420-428. Apr 2006.

(2) Clewell, A. F., Aronson, J. 2007. Ecological restoration: principles, values, and structure of an emerging profession. ISBN: 978-1-59726-168-5
(3) De Torres Domínguez, D., Rodríguez Padilla, A., López Cepero, J. 2005. Ingeniería en espacios naturales protegidos: criterios de actuación. Universidad de La Laguna. Colección de Proyectos fin de Carrera.
(4) Muntean, O. L., DrĂgut L., Baciu, N. 2007. Environmental impact assessment as a tool for environmental restoration: the case study of Copşa-Mică area, Romania. NATO Science for Peace and Security Series C: Environmental Security Part VI.
(5) Salazar, M., Campos, J. J., Villalobos, R. 2005. Evaluation of landscape restoration in Hojancha, Costa Rica. *Recursos Naturales y Ambiente,* 45: 81-90.
(6) Wissel, S., Watzold, F. 2010. A Conceptual Analysis of the Application of Tradable Permits to Biodiversity Conservation. *Conservation Biology,* Vol. 24 Issue 2: 404-411. Apr2010.

# Recuperación ambiental de la Laguna de la Celadilla (El Pedernoso, Cuenca-España)

## *Environmental Recovery of the Celadilla Pond*

**L. A. MONTEAGUDO MARTÍNEZ**
Ideas Medioambientales, SL, Albacete

**A. AGUADO MILLÁN**
Deméter, SL, Cuenca

**M. BELLO LA PUERTA**
Ingema, SL, Valencia

**V. EXOJO RAMÍREZ**
Ideas Medioambientales, SL, Ciudad Real

**J. DOMÍNGUEZ DEL VALLE**
Ideas Medioambientales, SL, Ciudad Real

## Introducción

La Laguna de la Celadilla es un humedal natural situado al sur del casco urbano de El Pedernoso (Cuenca, España) y se ubica de forma íntegra en dicho término municipal. Se ha venido actuando a lo largo de los últimos años sobre la laguna, restaurando la zona de baño hasta que a finales de la década de los ochenta la laguna quedó totalmente seca con el consiguiente impacto sobre el medio natural y el valor social de la zona.

Desde ese momento todos los planteamientos de actuación en la Laguna de la Celadilla pasaban únicamente por recargar la laguna mediante bombeos cercanos, con el objetivo de último de contar con un mínimo vaso, recuperando así dicha laguna para el uso y disfrute de bañistas atraídos por la calidad y fama ancestral de sus lodos. En la actualidad planteamientos de explotación centrados únicamente en el baño son inciertos y no responden a las demandas de ocio de la sociedad actual, que requieren una oferta integral de ocio y centrada en temas medioambientales, por lo que los nuevos objetivos perseguidos con este proyecto fueron los siguientes:

- Restauración hidrológica del vaso lagunar, mediante la dotación de una lámina de agua suficiente y permanente para permitir así el asentamiento de especies de flora y fauna, entonces desaparecidas.
- Restauración ambiental y paisajística del entorno de la laguna.
- Acondicionamiento del entorno para el uso público sostenible.

Así mismo, los objetivos transversales de dicha recuperación eran:

- Aprovechar al máximo los recursos hídricos disponibles en la zona.
- Restaurar una importante zona húmeda para la fauna, especialmente para las aves, sirviendo de área de alimentación, reproducción y descanso.
- Dotar a la población de El Pedernoso de equipamiento para la educación ambiental y el ocio, implicando a la población local en la conservación de este espacio.
- Plantear la instalación de una estación permanente de anillamiento científico que pueda ser ofertada a anilladores de diferentes procedencias.

## Material y métodos

Previo al establecimiento de las medidas a adoptar para la correcta recuperación de la Laguna de La Celadilla fue necesario realizar un reconocimiento del entorno para entender su dinámica y funcionamiento. De este análisis dependió en gran medida el éxito de las medidas adoptadas.

En primer lugar se definió la escala de trabajo, procurando que ésta fuera estandarizada y cartografiable, no obstante la variabilidad de los factores y la escasa información disponible no permitió utilizar siempre la misma escala.

Para el estudio de variables como el *suelo y la hidrogeología* de la zona, se llevó a cabo una campaña de calicateo de los depósitos superficiales que forman la laguna, lo que posibilitó el estudio de los ambientes sedimentarios que conforman dicho sistema, igualmente se elaboró una reconstrucción estratigráfica del subsuelo partiendo de sondeos eléctricos verticales y del reconocimiento in situ de los relieves o afloramientos existentes, lo que permitió elaborar tal reconstrucción hasta aproximadamente cien metros de profundidad.

La piezometría local y su variación a lo largo del tiempo se estimó a partir de los datos del inventario de pozos del Instituto Geológico y Minero de España (IGME), para el caso de la reconstrucción de los niveles durante las pasadas décadas y para la estimación de los niveles actuales, el estudio se basó en el contraste del nivel registrado en un pozo situado en las viviendas de la orilla meridional, con la prospección geoeléctrica realizada y compuesta por dos sondeos eléctricos verticales.

La caracterización de otros factores como el *clima, la flora o la fauna* vertebrada se basó en la bibliografía expuesta y especialmente en los muestreos realizados, distinguiendo dos escalas de trabajo distintas para estas dos últimas variables; el estudio de la flora se limitó a la laguna y su entorno inmediato, mientras que para el inventario de la fauna se utilizó un ámbito territorial definido por la cuadrícula de 10x10 Km. donde queda ubicada la laguna.

Tanto el estudio de la flora como de la fauna no se limitó a describir el estado previo al proyecto si no que se estudiaron todas aquellas especies con previsible presencia en la zona donde se ubica la laguna tras su restauración. El amplio criterio utilizado para el caso de la fauna, se debió a la posibilidad de que ciertas especies con hábitats característicos de cercana localización, pudieran ocupar temporalmente el área del proyecto, fruto de sus movimientos diarios o dispersivos, para refugiarse, descansar, alimentarse, etc.

## Resultados

Los inventarios descritos sirvieron en primer lugar para la realización del balance hídrico del sistema de La Celadilla partiendo de datos de permeabilidad del vaso, superficie de contacto, pérdidas por infiltración, evaporación potencial y pluviometría durante periodos secos. Para satisfacer el balance hídrico, se concluyó que la actuación, ante la imposibilidad de actuar sobre otros factores, podría ser únicamente sobre la permeabilidad del vaso de la laguna de La Celadilla transformando la permeabilidad del vaso palustre-lacustre de La Celadilla al menos, de $K_0$=0,5 m/día a $K_{diseño}$≤0,0085 m/día empleando para ello geosintéticos de tipo filtro (geotextiles).

En lo que a flora se refiera, las comunidades vegetales que presumiblemente podrían colonizar la laguna una vez recuperada, basándose en estudios de lagunas cercanas, eran las siguientes (1) y (2):

- Comunidad de *Potamogeton pectinatus L.*;
- *Ass. Soncho marítimi-Cladietum marisci* Br.-Bl. & O. Bolos 1957 nom. nov. (Syn. Mariscetum «oligohalinum» Br.-Bl. & O. Bolos 1957).
- *Ass. Caricetum hispidae Brullo & Ronsisvalles* 1974 (Syn. *Cladio-Caricetum hispidae* O. Bolos 1967 p.p.).
- *Cirsio monspessulani-Holoschoenetum Br.-Bl. 1931.*

Entre la fauna inventariada en la zona las especies de aves con mayor abundancia y que potencialmente pueden tener presencia en el humedal, es decir, las ligadas ecológicamente al medio acuático y a la vegetación palustre propia del mismo son las expuestas en la Tabla 1.

Tras obtener estos datos basados en los inventarios se procedió a describir las actuaciones necesarias para la restauración. Inicialmente se planteó la posibilidad de aprovechar las aguas residuales provenientes de la EDAR de El Pedernoso mediante una canalización hasta la laguna y un filtro verde a su llegada a la laguna. Esta opción fue desechada por los organismos evaluadores del proyecto por lo que optó por la segunda de las opciones posibles, el bombeo de agua desde pozos existentes con destino a la laguna.

Tras asegurar la disponibilidad de agua, la primera de las fases del proyecto consistió en la disminución de la permeabilidad, para ello las opciones eran diversas y se optó por la impermeabilización de una superficie de 36.446 $m^2$ ejecutando las siguientes acciones:

- Desbroce de la zona de trabajo, concretamente 4,0679 hectáreas.
- Tras el desbroce o simultáneamente a él, se excavaron 0,1 m superficiales correspondiente al tramo más húmico, retirando los fragmentos de hormigón, etc.,
- Excavación de otros 0,2 m intermedios.
- Excavación de los últimos 0,2 m más profundos.

*Tabla 1. Especies de aves con mayor abundancia previsible de la zona*

| Especies | | | | Estatus legal | | | Estado de conservación | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | Estatus fenológico | Reproduc-ción | Estima de abundancia | Unión Europea | España | CLM | Europa (SPECs) | Libros Rojos |
| Garza real (Ardea cinerea) | D | NO | ++ | No incluida Anexo III No incluida | De Interés Especial | De Interés Especial | – | No evaluado |
| Silbón europeo (Anas Penélope) | I | NO | ++ | Anexos II y III Anexo III Apéndice II | Cinegética | Cinegética | 3 | No evaluado |
| Ánade friso (Anas strepera) | R, I | SI | + | Anexo II Anexo III Apéndice II | Cinegética | Cinegética | 3 | Preocupación menor |
| **Cerceta común (Anas crecca)** | I | NO | ++ | Anexos II y III Anexo III Apéndice II | Cinegética | Cinegética | — | **Vulnerable** |
| Ánade azulón (Anas platyrhynchos) | R | SI | +++ | Anexos II y III Anexo III Apéndice II | Cinegética | Cinegética | — | No evaluado |
| Cuchara común (Anas clypeata) | I, R | SI | ++ | Anexos II y III Anexo III Apéndice II | Cinegética | Cinegética | — | Casi Amenazada |
| Rascón europeo (Rallus aquaticus) | R | SI | ++ | Anexo II Anexo III No incluida | No Catalogada | De Interés Especial | – | No evaluado |
| Gallineta común (Gallinula Chloropus) | R | SI | +++ | Anexo II Anexo III No incluida | Cinegética | De Interés Especial | – | No evaluado |
| Focha común (Fulica atra) | R | SI | +++ | Anexo II, III Anexo III Apéndice II | Cinegética | Cinegética | — | No evaluado |

| Especies | Estatus fenológico | Reproducción | Estima de abundancia | Estatus legal | | | Estado de conservación | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | Unión Europea | España | CLM | Europa (SPECs) | Libros Rojos |
| **Cigüeñuela común (Himantopus himantopus)** | E | SI | ++ | **Anexo I Anexo II Apéndice II** | De Interés Especial | De Interés Especial | – | No evaluado |
| Avefría europea (Vanellus vanellus) | R, I | SI | ++ | Anexo II Anexo III Apéndice II | Cinegética | Cinegética | — | Preocupación menor |
| Correlimos menudo (Calidris minuta) | P | NO | ++ | No incluida Anexo II Apéndice II | De Interés Especial | De Interés Especial | — | No evaluado |
| Correlimos común (Calidris alba) | P, I | NO | ++ | No incluida Anexo II Apéndice II | De Interés Especial | De Interés Especial | 4 | No evaluado |
| **Agachadiza común (Gallinago gallinago)** | P, I | NO | ++ | Anexos II-III Anexo III Apéndice II | Cinegética | Cinegética | — | **En Peligro** |
| Andarríos chico (Actitis hypoleucos) | P | NO | ++ | No incluida Anexo II Apéndice II | De Interés Especial | De Interés Especial | — | No evaluado |
| Gaviota reidora (Larus ridibundus) | P | SI | ++ | Anexo II Anexo III No incluida | Cinegética | Cinegética | — | No evaluado |
| Bisbita común (Anthus pratensis) | I | NO | ++ | No incluida Anexo II No incluida | De Interés Especial | De Interés Especial | 4 | No evaluado |

- Ejecución de una zanja perimetral donde se ancló el geosintético, recubriendo toda la sección de la zanja con el geosintético y enterrando el mismo con la tierra extraída de la excavación de la zanja.
- Revisión del lecho de colocación de la lámina.
- Colocación, soldadura, anclaje, etc., de los 39.265,61 $m^2$ de lámina de geotextil con un solape entre paneles del orden de 15 cm.
- Control de calidad para la geomembrana
- Cubrición con los materiales extraídos, en tres fases, con el fin de evitar el contacto de fragmentos punzantes con los geosintéticos y compactando por tongadas.

Finalizada esta fase y gracias a la climatología y los bombeos realizados a lo largo de los años 2009 y 2010 se consiguió que la Laguna de La Celadilla presentara una lámina de agua permanente (Figura 1).

*Figura 1. Panorámica de la Laguna de Celadilla*

Conseguido el primero de los objetivos, resta la ejecución de la restauración ambiental y paisajística del entorno de la laguna con el objetivo de promover la flora y la fauna esperadas. El diseño de una revegetación dirigida o asistida se realizó dividiendo la zona de proyecto en tres zonas (Figura 2). Paralelamente se diseñaron diferentes medidas para potenciar el uso de la zona del proyecto por parte de los diferentes grupos taxonómicos de fauna, tales como:

- Creación de un área de exclusión en el cuadrante noroeste de la laguna con el objetivo de crear áreas sin molestias que faciliten la permanencia de las especies.
- Fabricación e instalación de isletas artificiales en las cercanías del área de exclusión –ver Fgura 3– para especies que anidan en el suelo desnudo o de vegetación baja, como la Cigüeñuela Común (*Himantopus himantopus)* o el Ánade Real (*Anas platyrhynchos)* (3).
- Instalación de cajas nido, balsas y plataformas, que supongan zonas aptas para la reproducción, invernada o descanso de especies de aves y quirópteros (4).

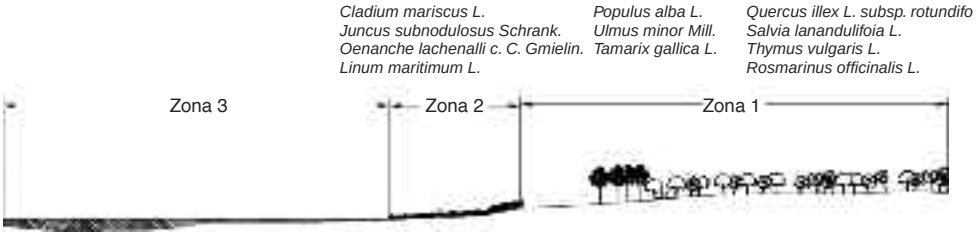



*Figura 2. Esquema de la vegetación a implantar sobre el perfil de la laguna. Fuente: elaboración propia*

*Figura 3. Modelo simplificado de isleta y balsa flotante apropiado para gaviotas, rálidos, fumareles, zampullines y somormujos. Fuente: Du Feu 2005 (4) y elaboración propia*

- Potenciación de la comunidad de artrópodos dado que son fuente de alimento fundamental para muchas especies de aves, quirópteros, anfibios y reptiles. Para ello se prevé la colocación en el entorno de cajas artificiales para dermápteros (tijeretas), coccinelidos (mariquitas), neurópteros (crisopas) y véspidos (abejorros y avispas).
- Disponer material para nidos, instalando en el entorno de la laguna fardos de paja o cualquier otro material apropiado.
- Limitación de acceso general, mediante el vallado perimetral de la laguna para evitar la entrada de personas.
- Traslocación de anfibios como Rana Común (*Rana perezi)*, Gallipato (*Pleurodeles walt)*, Sapo Común (*Bufo bufo)* o Sapo Corredor (*Bufo calamita)* en coordinación con el órgano administrativo pertinente –Consejería de Agricultura y Medio Ambiente con el fin de asentar poblaciones viables y permanentes.
- Seguimiento o monitorización de todas estas actuaciones.

Como Fase III se procedió a la redacción de las principales líneas de gestión necesarias para mantener el equilibrio del espacio natural, que contempló la determinación de los límites naturales y legales, un estudio de frecuentación y caracterización de los visitantes potenciales, así como un inventario de medios actuales y futuros para el uso público, para terminar estableciendo las directrices generales relativas al uso de la laguna.

Se establecieron las actividades de conservación y mejora de los valores naturales, paneles interpretativos y cartelería general, instalaciones para la observación de aves y la creación de un sendero interpretativo y perímetro de protección.

## Discusión y conclusiones

Tras la ejecución de la primera Fase del Proyecto de Recuperación de la Laguna de La Celadilla se puede concluir que el primero de los objetivos perseguidos se ha cumplido al disponer de una lámina de agua permanente, consiguiendo además otro de los objetivos transversales como es la disponibilidad de un espacio de ocio y la implicación de la población local de El Pedernoso en su conservación al considerarlo el proyecto estandarte de la población.

Como se describe en el Manual de la Convención de Ramsar (5), las lagunas son cuna de diversidad biológica, dado que aportan el agua y la productividad y sobre las cuales, infinidad de especies de plantas y animales dependen de su supervivencia. De entre las principales funciones que poseen las lagunas, la Laguna de La Celadilla está realizando ya tras una primera fase de actuación, funciones tales como el almacenamiento de agua, recarga y descarga del acuífero, retención de nutrientes o sedimentos y multitud de funciones desde el punto de vista biológico y social.

## Referencias bibliográficas

(1) Cirujano, S. 1980. Las Lagunas Manchegas y su vegetación. I. Anales Jard. Bot. Madrid 37(1): 155-192

(2) Cirujano, S. 1980. Las Lagunas Manchegas y su vegetación. II. Anales Jard. Bot. Madrid 37(1): 188-232

(3) Cramp, S. (Ed.). 1998. The Complete Birds of the Western Palearctic. Oxford CDROM. Oxford University Press.

(4) Du Feu, C. 2005. Nestboxes. Extracts from British Trust for Ornithology Field Guide Number 23 with some additions and amendments. The British Trust for Ornithology, 38 S.

(5) Secretaría de la Convención de Ramsar, 2006. Manual de la Convención de Ramsar: Guía a la Convención sobre los Humedales (Ramsar, Irán, 1971), 4a. edición. Secretaría de la Convención de Ramsar, Gland (Suiza).

# Reconstrucción geomorfológica y de hábitats en el plan de restauración de la cantera "Los Quebraderos de la Serrana" (Toledo, España)

## *Geomorphologic and Habitats Reconstruction at the Reclamation Plan of the "Los Quebraderos de la Serrana Quarry" (Toledo)*

**I. ZAPICO[1], J. F. MARTÍN DUQUE[1], N. BUGOSH[2], L. BALAGUER[1], J. V. CAMPILLO[3], C. DE FRANCISCO[1], J. GARCÍA[4], N. HERNANDO[1], J. M.NICOLAU[5], S. NYSSEN[1], J. ORIA[6], M. A.SANZ[1]; M. TEJEDOR[1]**

[1] Universidad Complutense, Madrid
[2] Compañía GeoFluv, Estados Unidos
[3] Construcciones Lozoya, SA, Toledo
[4] Licenciado en CC Ambientales
[5] Universidad de Zaragoza
[6] Ingeniero de Montes

## Introducción

Este trabajo forma parte del *Estudio de Impacto Ambiental y del Plan de Restauración de la cantera "Los Quebraderos de la Serrana", situada en el término municipal de Noez (Toledo)*, desarrollados en el marco de un contrato de investigación entre la Universidad Complutense de Madrid y la empresa Construcciones Lozoya. Además, este trabajo representa una contribución a los proyectos de investigación REMEDINAL 2 (S2009AMB-1783) y *Mejora de la eficiencia ecológica y económica de las restauraciones mineras mediante reconstrucciones geomorfológicas que favorecen el control hidrológico* (CGL2010-21754-C02-01), este último financiado por el Ministerio de Ciencia e Innovación.

### Minería y Medio Ambiente

La minería es una actividad imprescindible para nuestro bienestar, hasta el punto que somos totalmente dependientes de ella. Por otra parte, la minería es una actividad que genera un fuerte impacto ambiental, ya que afecta a todos los compartimentos del ecosistema. Por ello, se hace necesario conciliar esta actividad tan imprescindible como transformadora del medio. Para ello existen tres herramientas: la Ordenación Territorial y Minera, la Evaluación de Impacto Ambiental y la Restauración Ecológica. En este artículo se van a exponer los aspectos más importantes del Plan de Restauración de la cantera los Quebraderos de la Serrana, el cual se ha elaborado desde un enfoque de la Restauración Ecológica.

## Cantera los Quebraderos de la Serrana

El proyecto de cantera Los Quebraderos de Serrana, promovido por Construcciones Lozoya S.A., se sitúa sobre la denominada Meseta de Toledo, rodeada por relieves residuales de gran valor geomorfológico, como los Cerros Pulgar y Layos (ver Figura 1). Al Norte de la cantera se encuentra la ciudad de Toledo, y al Sur los Montes de Toledo.

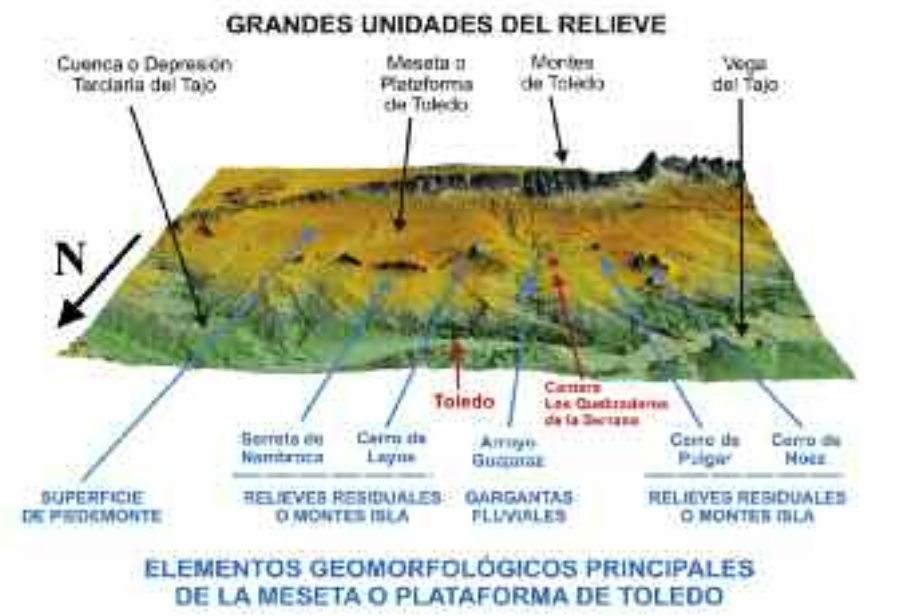



*Figura 1: Situación del proyecto de cantera Los Quebraderos de la Serrana, sobre la meseta de Toledo*

De esta cantera se pretenden extraer unas pizarras de gran calidad y valor para su uso como aglomerado asfáltico. Todo ello a lo largo de los 13 años que contempla el Plan de Explotación. A su vez, este emplazamiento es *Zona de Dispersión e Importancia del Águila Imperial*.

Inevitablemente la extracción de este material va a generar una alteración del relieve que soporta unos ecosistemas sobre los que habita el conejo, que es la principal presa del águila imperial, ave catalogada en *Peligro de Extinción*. Así que el objetivo de este trabajo es poder compatibilizar la extracción de pizarras con la *Zona de Dispersión e Importancia del Águila Imperial* por medio de un Plan de Restauración cuyo núcleo lo constituye un diseño de reconstrucción geomorfológica. Para ello se ha utilizado la metodología GeoFluv™ y el *software* Natural Regrade. Con esta actuación se pretende corregir la alteración del relieve que se producirá con el desarrollo de la actividad minera. Este diseño, junto con

la reposición de suelos y la revegetación, permitirán crear una serie de hábitats capaces de albergar densidades óptimas de conejo. Adicionalmente se recuperarán los bienes y servicios ambientales asociados a una restitución de los suelos y la cubierta vegetal.

## Material y métodos

Desde nuestra óptica, en la restauración ecológica de espacios afectados por minería a cielo abierto el aspecto más importante es la reconstrucción geomorfológica. Ello es así porque si no se logra establecer un relieve estable, el éxito de las otras dos fases de la restauración ecológica en espacios mineros, restitución de suelos y revegetación, se verá comprometido (1) (2).

### Reconstrucción geomorfológica con GeoFluv™ y Natural Regrade

El diseño de reconstrucción geomorfológica de la cantera Los Quebraderos de la Serrana se ha basado en la creación de una topografía que replica las formas naturales de una serie de referentes geomorfológicos del entorno, caracterizados por laderas convexo-cóncavas y por poseer redes de drenaje. Este *software* es la única herramienta el mercado que diseña restauraciones mineras teniendo como base principios geomorfológicos. Todo el procedimiento se lleva a cabo teniendo en cuenta cuatro aspectos:

- **Identificación de un referente geomorfológico**: dado que los estériles generados por la explotación serán similares a depósitos coluvionares de rocas metamórficas, se eligió como referente geomorfológico la base de los cerros de Layos y Pulgar, de similares características. De ellos se extrajeron parámetros como la densidad de drenaje y la forma de los canales.
- **Condiciones meteorológicas-clima**: se tiene en cuenta para dimensionar los canales y para definir su perfil transversal. Se establece a partir de valores de precipitación para diferentes periodos de retorno, lo que permite definir canales preparados para evacuar tanto precipitaciones de alta frecuencia y baja magnitud como la situación opuesta.
- **Tipo de estériles**: en este caso se trata de bloques de pizarras y calcoesquistos de diferentes tamaños. Su naturaleza, junto con el suelo que se repondrá, determinan el coeficiente de escorrentía.
- **Cantidad de estériles y topografía**: El *software* no sólo tiene en cuenta una serie de factores ecológicos del entorno, sino que también considera las características de la cantera que se va a restaurar: hueco de explotación (ver imagen inferior izquierda de la Figura 2, que corresponde a una vista en 3D del estado del hueco de explotación que quedaría en caso de no hacer restauración y que tiene 16 hectáreas de superficie y una profundidad aproximada de 30 metros), método de extracción y restauración y volumen

de estériles (del hueco anteriormente citado se extraerán unos 650.000 $m^3$ a lo largo de los 13 años de actividad y que es el volumen con el que se ha diseñado la restauración).

### Reposición de Suelos

El Plan de Restauración desarrolla que, durante el proceso de explotación, se procederá a la retirada y acopio de los suelos originales, incluyendo una capa arcillosa situada bajo el suelo edáfico. Todo el proceso de retirada y acopio de los suelo se llevará a cabo siguiendo un protocolo específico, para procurar su correcta conservación. Estos suelos, una vez retirados y acopiados en el exterior de la explotación, se extenderán sobre el nuevo relieve, con un espesor próximo a 40 cm.

### Revegetación y hábitats

En la actualidad, la superficie sobre la que proyectará la cantera se caracteriza por poseer un hábitat, dominante y homogéneo, de pastizales sobre llanuras ligeramente alomadas. Dado que las nuevas condiciones de relieve crearán una mayor diversidad topográfica y de sustratos, la fase de revegetación está dirigida a la implantación de una serie de comunidades vegetales (tomillares, espartales, arbustos espinosos…) adaptados a esas circunstancias específicas, buscando siempre la creación de hábitats para el conejo.

## Resultados

### Reconstrucción geomorfológica con GeoFluv™ y Natural Regrade

Con los cuatro elementos de partida antes descrito (referente geomorfológico, clima, tipo de estériles y cantidad de estériles y topografía), se ha elaborado el primer diseño de restauración en España con el *software* Natural Regrade (3) (ver Figura 2). En esta figura se pueden ver las curvas de nivel (verde) y la red de canales principales (azul).

Además de las formas convexo-cóncavas de las laderas y de la presencia de una red de drenaje preparada para evacuar la escorrentía de eventos de alta frecuencia y baja magnitud, y baja frecuencia y alta magnitud, otro elemento importante de la restauración ha sido una laguna final, que recogerá toda la escorrentía de la zona restaurada, y que ha sido diseñada también con una base hidrológica.

La imagen de la Figura 2 corresponde a la Alternativa 1 de restauración, que se ha elaborado para la cantidad de estériles que generará la explotación, sin tener en cuenta ningún aporte externo. A parte de esta alternativa se han elaborado otras dos: Alternativas 2 y 3. Éstas consideran la posibilidad de relleno con otro tipo de materiales adicionales, tales como otros estériles mineros o RCDs (Residuos de Construcción y Demolición), siempre y cuando cumplan toda una serie de condiciones de control establecidas en el Plan de Restauración.

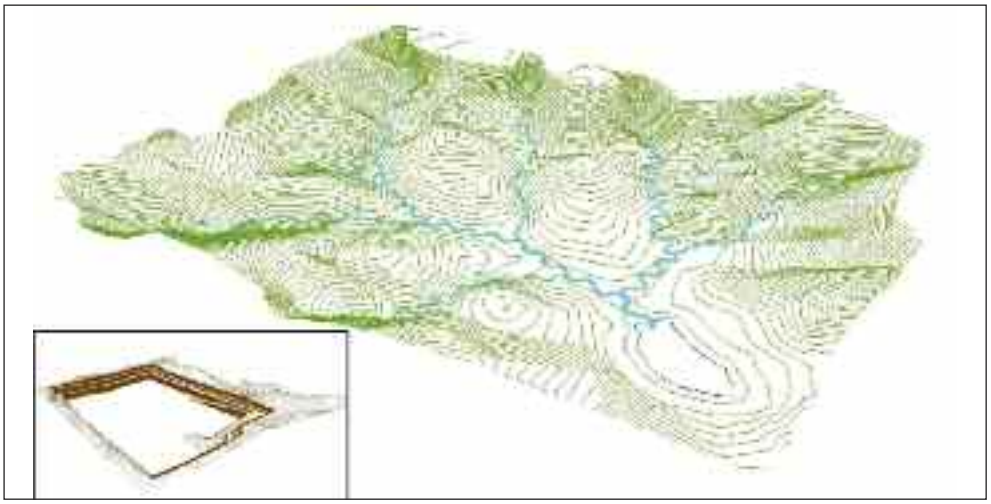


*Figura 2: Vista en 3D del relieve diseñado con Natural Regrade (Alternativa 1). En la parte inferior izquierda vista en 3D del estado del hueco de explotación que quedaría en caso de no hacer restauración*

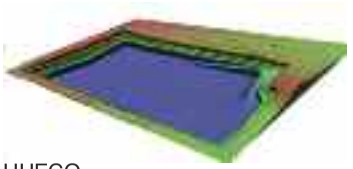
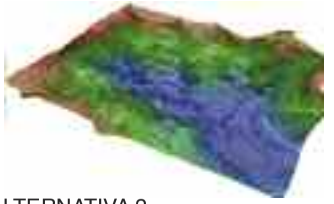
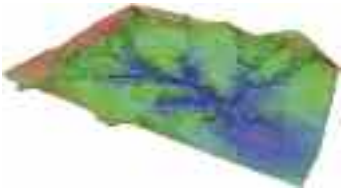
En la Tabla 1 se puede ver una comparativa entre las tres alternativas. El modelo de restauración es siempre el mismo, y viene establecido por la presencia de una red de drenaje y una laguna final. La principal diferencia entre estas tres alternativas reside en que, al aumentar la cantidad de material de relleno, aumenta la profundidad de relleno, y se reducen por tanto las zonas de pendiente más elevada.

## Revegetación, reposición de suelos y hábitats

El relieve diseñado con Natural Regrade, junto con la reposición de suelos y la revegetación, permitirá la creación de cinco nuevos hábitats (ver Figura 3):

1. ***Cortados rocosos***: Zonas excavadas directamente en la roca y que servirán para conectar la zona restaurada con su entorno. La cantidad de materiales que se extraerán al abrir estas cuñas están incorporados en la cantidad de estériles disponibles para la restauración (ver Tabla 1).
2. ***Canchales***: zonas sobre las que no se va a reponer suelos, ni se va a revegetar. Estarán formados por fragmentos de pizarras de tamaño canto y bloque, que servirán de refugio al conejo.
3. ***Tomillares y espartales sobre lomas***: zonas revegetadas que servirán de alimento al conejo. Unos sectores tendrán más espesor de suelos, y sobre ellos se plantará retama de bolas (*Retama sphaerocarpa*). Otras zonas tendrán menor espesor de suelos, y en ellas se plantarán tomillo (*Thymus zygis*).

*Tabla 1. Tabla comparativa entre las alternativas propuestas para la restauración de la cantera Los Quebraderos de la Serrana. En la misma se comparan toda una serie de aspectos referidos al movimiento de tierras y a la superficie de habitas creados*

|  HUECO<br>CARACTERÍSTICAS | ALTERNATIVA 1 |  ALTERNATIVA 2 |  ALTERNATIVA 3 |
|---|---|---|---|
| **Características básicas sobre movimientos de tierras** | | | |
| **Volumen de excavación ($m^3$) (apertura de cuñas en frentes de explotación)** | 181.354,61 | 34.433,49 | 22.407,96 |
| **Volumen de estériles total ($m^3$) (incluyendo material procedente de la apertura de cuñas en frentes de explotación)** | 831.976,52 | 1.568.109,95 | 2.676.464,55 |
| **Volumen de estériles neto ($m^3$)** | 650.621,9 | 1.533.676,5 | 2.654.056,6 |
| **Profundidad media del relleno (m)** | 6,33 | 10,67 | 17,06 |
| **Superficies de los distintos hábitats reconstruidos** | | | |
| **Superficie de hábitat 'cortados rocosos' (ha)** | 1,54 | 1,54 | 1,54 |
| **Superficie de hábitat tipo 'canchal' (ha)** | 5,66 | 5,66 | 5,66 |
| **Superficie de hábitat tipo 'tomillares y espartales sobre lomas' (superficie sobre la que se extenderían suelos) (ha)** | 7,57 | 7,57 | 7,57 |
| **Superficie de hábitat 'arbustos espinosos en fondo de vaguadas' (ha)** | 1,41 | 1,41 | 1,41 |
| **Superficie de tipo humedal (ha)** | 0,6 | 0,6 | 0,6 |
| **Superficie total de nuevos hábitats (ha)** | 16,78 | 16,78 | 16,78 |
| **Limitaciones para la restauración** | | | |
| **Superficie con pendientes > 45% (ha)** | 2,2 | 0,9 | 0,18 |

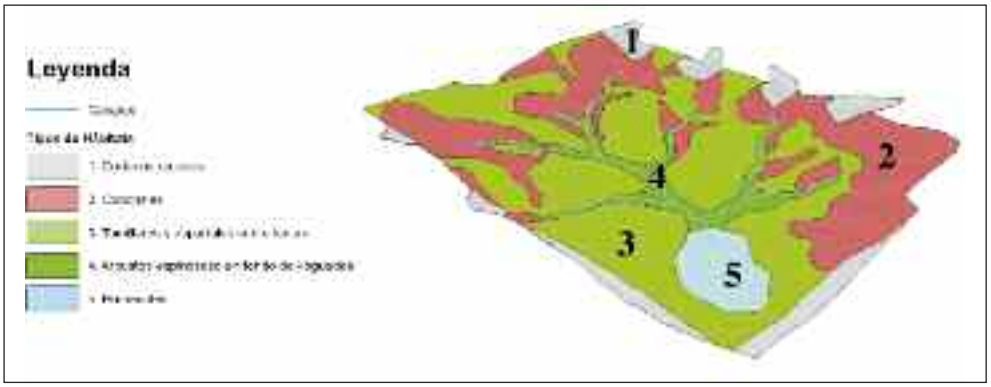



*Figura 3: Vista en 3D que muestra la distribución de hábitats sobre la futura superficie restaurada de la cantera Los Quebraderos de la Serrana*

4. ***Arbustos espinosos en fondos de vaguada***. Corresponde a los fondos de vaguadas profundas con mayor disponibilidad hídrica, donde se sitúan los canales principales. En ellos se plantarán zarzamoras (*Rubus ulmifolius*), rosas silvestres (*Rosa canina*) y majuelos (*Crataegus monogyna*). Ésta es la vegetación típica del arroyo Guajaraz, que es el más próximo a la zona.
5. ***Humedal***: ocupará la zona más baja del área restaurada. Teniendo en cuenta el clima del entorno, mantendrá una lámina de agua siete meses al año. Se realizarán plantaciones de baja densidad de *Tamarix sp.* en el perímetro de la charca.

## Discusión y conclusiones

Este ejemplo nos permite concluir que, en la corrección de impactos ambientales de actividades humanas que mueven tierras (minería, infraestructuras lineales, urbanización,…), debería priorizarse la restauración ecológica de los terrenos afectados, frente a la corrección del impacto visual. Ello es debido a que la primera posibilita la recuperación de bienes y servicios ambientales, esenciales para hacer frente al desafío del Cambio Global. Para conseguir una verdadera restauración ecológica de estos espacios es preciso incorporar criterios geomorfológicos, puesto que el movimiento de tierras ha transformado el relieve y el sustrato, y el resto de componentes y factores del ecosistema (hidrología, suelos o vegetación) son directamente dependientes de la geomorfología.

Mediante la consideración de criterios geomorfológicos se ha conseguido un diseño de restauración que: **1)** aumenta el número y diversidad de hábitats respecto a los que había antes de la actividad; **2)** asegura la estabilidad del sustrato a largo plazo, lo que contrasta con la inestabilidad de muchos de los modelos

convencionales berma-talud; **3)** disminuirá o eliminará los costes de mantenimiento; **4)** consigue un mayor atractivo visual que los modelos convencionales berma-talud. En definitiva, una solución de restauración que permite restituir hábitats que soportarán al conejo, y que harán compatible la actividad minera con la conservación del águila imperial.

## Referencias bibliográficas

(1) Martín Duque, J. F., Sanz, M. A., Bodoque, J. M., Lucía, A., Martín, C. 2010. Restoring earth surface processes through landform design. A 13-year monitoring of a geomorphic reclamation model for quarries on slopes. *Earth Surf. Proc. Landforms,* 35: 531-548. DOI:10.1002/ESP.1950.

(2) Nicolau, J. M. 2003. Diseño y construcción del relieve en la restauración de ecosistemas degradados. Implicaciones ecológicas. En: *Rey Benayas, J. M., Espigares, T. y Nicolau, J. M. (eds). Restauración de Ecosistemas en Ambientes Mediterráneos*. Pp. 173-188. Universidad de Alcalá, Alcalá de Henares.

(3) Bugosh, N. 2002. Slope and channel reclamation using fluvial geomorphic principles at San Juan Coal Company Mines in New Mexico. In Approaching bond release: Post-mining land use in the arid and semi–arid west, Abstracts, August 25-30, 2002, Office of Surface Mining, North Dakota State University and North Dakota Public Service Commission: Bismarck, ND.

# Bloque VI:

# Evaluación ambiental de planes y programas

# Planificación estratégica a través de modelos espaciales: impacto de la energía eólica sobre la fauna

## *Strategic Planning Using Spatial Models: Impact of Wind Energy on Wildlife*

**F. CERVANTES**
**J. DOMÍNGUEZ**
**L. MONTEAGUDO**
Ideas Medioambientales, SL, Albacete

## Introducción

La Directiva 2001/42/CE establece la necesidad de que determinados planes o programas susceptibles de tener efectos significativos sobre las especies y los hábitats naturales sean sometidos a evaluación. En este sentido, la evaluación ambiental estratégica ofrece la oportunidad de valorar el conjunto de los proyectos de forma preliminar. El objetivo es introducir los aspectos medioambientales en dichas estrategias y contribuir al desarrollo sostenible de los estados miembros de la Unión Europea. La legislación española incorpora estos conceptos a través de la Ley 9/2006 y en Castilla-La Mancha mediante la Ley 4/2007.

Dentro de este proceso la elaboración de mapas de sensibilidad se dibuja como una herramienta fundamental para realizar una evaluación previa sencilla, rápida y económica para los promotores y las administraciones. Si bien no exime de la elaboración de un estudio de impacto ambiental de cada instalación, sí ayuda al enfoque del mismo y a la optimización de los esfuerzos y recursos (1).

El objetivo de este trabajo es desarrollar un mapa donde se valore la sensibilidad del territorio castellano-manchego a la instalación de parques eólicos atendiendo a los efectos relacionados con la fauna, y especialmente los impactos producidos sobre aves y quirópteros. Se le da una especial importancia a la estructura del modelo, tratando de definir los factores que se deberían considerar para realizar una correcta valoración del territorio, más allá de las figuras de protección que este pudiera tener.

El modelo expuesto es abierto y flexible y la utilización de una u otra información dependerá en última instancia de la disponibilidad de la misma y de los avances en el conocimiento de los factores implicados en producción de los impactos (2).

## Material y métodos

Los mapas de sensibilidad resultan de la integración de diversa información georreferenciada y procesada mediante Sistemas de Información Geográfica

(SIG). En este caso se manejan variables de cuatro tipos: valoración de las comunidades de aves y quirópteros, atributos ecológicos del territorio, atributos físicos (geomorfológicos y meteorológicos) y figuras de protección legal del mismo (en la figura 1 se ofrece un esquema de los elementos que integran el modelo). Sobre la base de estas variables se han elaborado cuatro capas, que dividen el área de referencia en cuadrículas de 10x10 kilómetros que adquieren un valor numérico determinado en función de su sensibilidad ambiental a la instalación de parques eólicos.

La necesidad de ofrecer un resultado práctico y visual requiere la integración de la información y su expresión en términos afines. Por tanto, y dado que las variables utilizadas son continuas y sus rangos dispares, se decidió categorizarlas, de tal forma que todas adquieran un peso especifico similar dentro del modelo. En este caso se ha utilizado, el método *Natural Breaks* (*NB*), que trata de minimizar la variación dentro de cada grupo, a la vez que la maximiza entre ellos (3). De este modo obtendríamos para cada cuadrícula en cada capa valores enteros entre 1 y 4, siendo 1 el de riesgo mínimo y 4 el de riesgo máximo.

Para realizar los cálculos necesarios e integrar la información, las capas vectoriales se convirtieron a formato raster con un tamaño de pixel de 100x100 metros y los resultados finales se expresan en cuadrículas de 10x10 kilómetros.

## 1. Valoración de las comunidades de aves y quirópteros

Para la valoración de cada cuadrícula se ha utilizado un índice (ID) que combina tres variables: riqueza de especies, rareza a nivel regional, y vulnerabilidad según criterios UICN para España. La información relativa a la presencia de los taxones se extrajo del Inventario Nacional de Biodiversidad (2008) y los cálculos se realizaron siguiendo las expresiones propuestas por Rey Benayas y De la Montaña (2003) (4).

- ***Riqueza:*** hace referencia al número de especies presentes en la cuadrícula. Esta variable va implícita en la expresión para el cálculo de la vulnerabilidad (ver más abajo).
- ***Singularidad o Rareza:*** estudia la frecuencia de aparición de una especie en relación a un ámbito de referencia. Así para una cuadrícula *r*, siendo $S_r$ el número de especies presentes en la cuadrícula, el índice de rareza vendría dado por:

$$\sum_{i=1}^{S} (1/ n_{ri}) / S_r$$

  donde $n_{ri}$ es el número de cuadrículas que la especie ocupa dentro del total de cuadriculas consideradas.
- ***Vulnerabilidad:*** hace referencia al estado de conservación de dichas especies. La valoración se realizó en función de las categorías de amenaza UICN para el territorio español. A cada una de ellas se le asignó un valor nu-

mérico que permitiera su integración en una expresión matemática. Las categorías consideradas y su valoración numérica fueron: en *peligro crítico* (CR) = 10, *en peligro* (EN) = 8, *vulnerable* (VU) = 5, *casi en peligro* (NT) = 3, *datos insuficientes* (DD) = 2, *preocupación menor* (LC) = 1 y *no evaluado* (NE) = 1. Se ha añadido la categoría de *ausente* (AU) = 1 ya que es importante asignar valores a todas las especies al quedar la riqueza implícita en esta formula (ver índice combinado, a continuación). Para determinar el índice de vulnerabilidad de una cuadrícula *r*, siendo $V_{ri}$ es el valor de vulnerabilidad de las especies presentes en la cuadrícula se utiliza la siguiente formula:

$$\sum_{i=1}^{S} V_{ri} / S_r$$

- ***Índice Combinado (ID):*** para cada cuadrícula y grupo taxonómico (aves y quirópteros) se define un índice que combina riqueza, rareza y vulnerabilidad, siendo por lo tanto una función de los tres índices anteriores.

$$\sum_{i=1}^{S} (1/n_r) V_{ri}$$

A continuación se dividen los índices combinados de cada grupo para cada cuadrícula por la media de estos en el conjunto de las cuadrículas consideradas y se suman.

$$\sum_{j=1}^{S} 1/m_j \quad \sum_{i=1}^{jS} (1/n_{ji}) V_{ji}$$

Debido a que la distribución de los datos resultó fuertemente sesgada hacia la derecha, se decidió transformarlos mediante su inversa (1/*ID*). Finalmente se categorizó el rango de valores siguiendo el método *NB* de forma que se obtuvieran cuatro posibles valores para cada cuadrícula en función de la importancia de sus comunidades de aves y quirópteros a nivel regional: 1. *mínimo*, 2. *medio*, 3. *alto* o 4. *máximo*.

## 2. Atributos ecológicos

Para la determinación del riesgo en función de variables ecológicas se han tratado de recoger aquellos espacios naturales especialmente relevantes para la fauna. Se han considerado las áreas agrícolas de alto valor natural (HNVA) (5), las áreas forestales de alto valor natural (HNVF) (5) y las principales zonas húmedas.

La determinación de las áreas de alto valor natural (HNV) se realiza mediante la aplicación de índices de biodiversidad, similares a los utilizados para calcular la riqueza, rareza y vulnerabilidad de aves y quirópteros, pero considerando todos los grupos taxonómicos para los que existe información a escala de 10x10 kilómetros -flora vascular amenazada, invertebrados, peces, anfibios, reptiles,

aves y mamíferos (para más detalles ver 5). La valoración final de la celda atendiendo a las HNV se determinó en función del valor más alto ofrecido por las HNVA y HNVF, y dividiendo el rango numérico obtenido en 4 categorías (1 riesgo mínimo - 4 riesgo máximo).

Las cuadrículas que contienen zonas húmedas se clasificaron en función de la superficie ocupada por las mismas en relación al total de la cuadrícula. Se otorgó un valor = 1 a aquellas que no presentaban masas de agua y los otros tres valores se calcularon mediante *NB* en función de su superficie. Los resultados se transformaron mediante su raíz cuadrada para normalizar su distribución.

Los resultados finales se obtienen de la suma de HNV más el valor obtenido en función de las zonas húmedas.

### 3. Atributos físicos

Se trabajó bajo la premisa de que determinados patrones, basados fundamentalmente en los caracteres geomorfológicos y en los vientos dominantes, pueden favorecer la presencia de especies especialmente sensibles a los impactos de los parques eólicos. Así, áreas de mayor pendiente, con mayor variedad en la dirección de los vientos y en la orientación de sus laderas, serán más accesibles para aves planeadoras y quirópteros (6). Tal vez está sea la capa que tenga una menor precisión debido a la escasez de publicaciones científicas disponibles que analicen en profundidad estas cuestiones.

- ***Pendiente*:** Se calculó la pendiente media de cada casilla de 1x1 kilómetro y se clasificaron mediante *NB* otorgando valores del 1 al 4. El valor de la cuadrícula de 10x10 kilómetros resulta del cálculo de la media de las cuadrículas de 1x1.
- ***Orientación:*** Se consideraron cuatro cuadrantes en función de la orientación de las laderas presentes en la cuadrícula de 1x1 kilómetros: NO (0º-89º), NE (90º-179º), SE (180º-269º) y (270º-359º). Por cada una se otorgó un punto. De modo que se obtienen valores de 1 a 4. El valor de la cuadrícula de 10x10 kilómetros viene dado por la media de las casillas de 1x1 que contiene.
- ***Dirección de los vientos dominantes:*** Partimos de una cuadrícula de aproximadamente 20x20 kilómetros, donde en cada esquina tenemos datos sobre la dirección del viento (http://atlaseolico.idae.es/). Para cada uno de estos puntos se construyeron cuatro variables: N, S, E y O, que recibieron valores 1 o 0 en función de la presencia o no de dicha componente. A continuación se sumó en cada punto y para cada variable el valor de los 8 puntos circundantes. De este modo obtenemos el número de componentes de cada dirección que tenemos rodeando un determinado punto. Calculando la desviación estándar (SD) obtenemos una idea de la diferencia existente entre componentes y por tanto de la variabilidad en la dirección del viento. Clasificamos cada punto en función de esta SD utilizando el método *NB* y

asignando valor = 1 a aquellos puntos con mayor SD y valor = 4 a aquellos con menor SD. A continuación se construyó un raster de 100x100 metros por interpolación de estos valores. Finalmente se calculó el valor medio de los pixeles de cada cuadrícula de 10x10 kilómetros.

El resultado final es la suma de los valores obtenidos para las tres variables y clasificados mediante *NB*.

### 4. Figuras de protección

Consideramos la Red de Espacios Naturales Protegidos (ENP), Red Natura 2000 (RN2000), Humedales Ramsar y los planes de recuperación de especies faunísticas aprobados en Castilla-La Mancha y cartografiados (águila imperial ibérica, buitre negro, cigüeña negra y lince ibérico). Dentro de la Red de Espacios Protegidos se han incluido aquellos que están en tramitación, microrreservas y refugios de caza y pesca.

Atendiendo al Decreto 20/2010 de Castilla-La Mancha, que define las zonas de exclusión eólica, se otorgó un *valor máximo* (valor = 4) a las áreas críticas recogidas en los planes de recuperación, los ENP y la RN2000. También se consideraron zonas de exclusión los humedales incluidos en el Convenio Ramsar. Las *zonas de dispersión* contempladas en los planes de recuperación se valoraron como de sensibilidad *alta* (valor = 3), mientras que a las *zonas de importancia* reflejadas en dichos planes se consideran de sensibilidad *media* (valor = 2). El resto de la superficie de la región tendría un sensibilidad *baja* (valor = 1).

Para determinar el valor de cada cuadrícula UTM se calculó el valor medio de los pixeles de 100x100 metros contenidos en cada cuadrícula. En caso de que un pixel obtuviera dos valores diferentes (*e.g.* un área crítica que solape con una zona de importancia) siempre prevalece el valor máximo.

## Resultados

El tratamiento propuesto nos ofrece cuatro mapas, con un nivel de detalle de 10x10 kilómetros, que representan la sensibilidad del territorio a la instalación de parques eólicos considerando distintos factores (Figura 1).

Podemos observar como tanto la valoración de las comunidades de aves y quirópteros (Figura 1a), como de las áreas de alto valor ecológico (Figura 1b) ofrecen datos que se distribuyen por toda el área de estudio ofreciendo una buena cobertura, mientras que las figuras de protección legal quedan agrupadas en espacios más restringidos, dejando una parte importante del territorio sin valorar (Figura 1d). La capa referente a los factores físicos (Figura 1c) viene a complementar a las que consideran comunidades de aves y quirópteros y atributos ecológicos, matizando la peligrosidad propia de cada lugar.

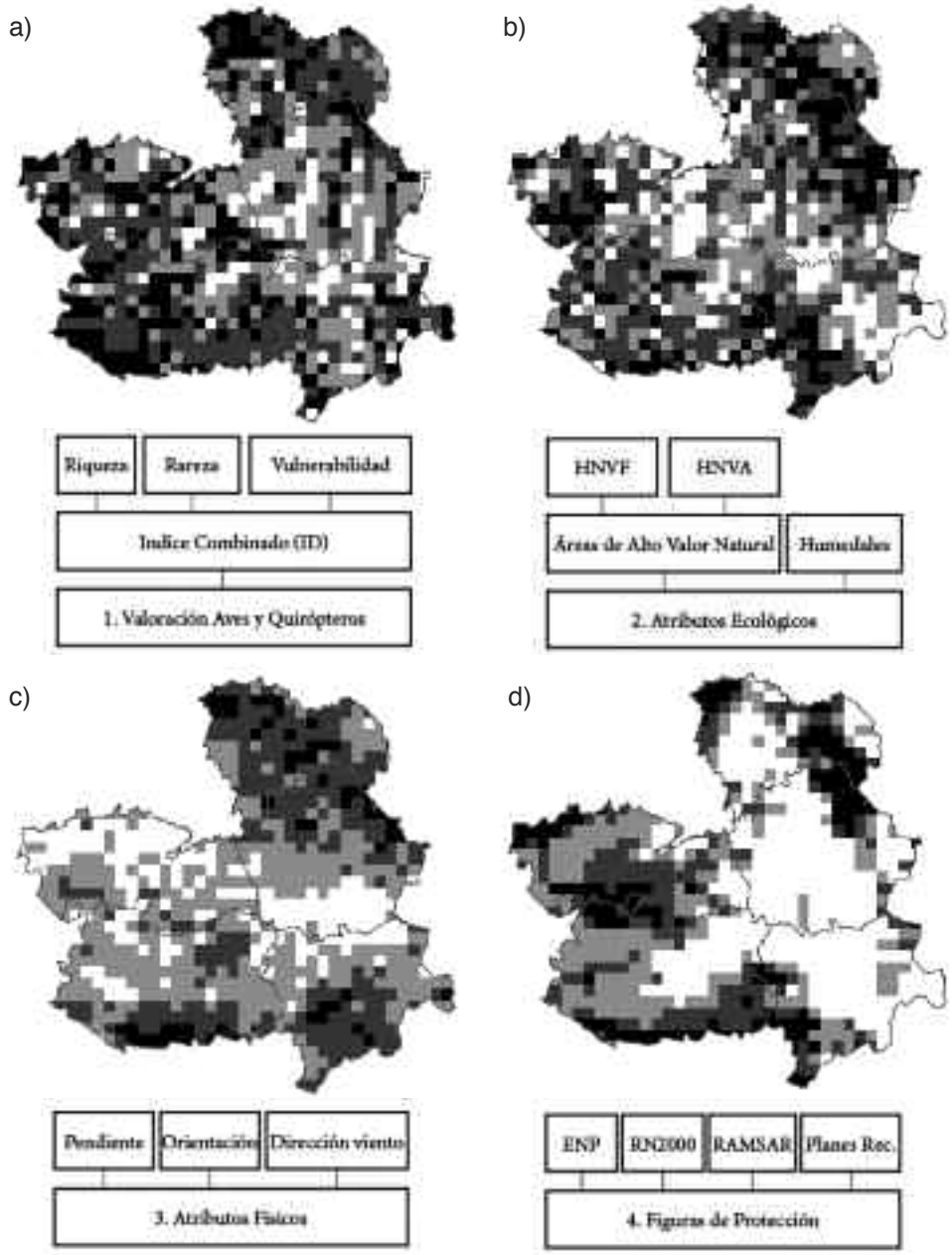



*Figura 1. Muestra cuatro mapas de sensibilidad del territorio castellano manchego a la instalación de parques eólicos en función de: a) la valoración de las comunidades de aves y quirópteros, b) determinación de las áreas de alto valor natural, c) sensibilidad producida por atributos físicos y d) protección legal del territorio. Bajo cada mapa se expone un esquema en el que se detalla la información cruzada para la elaboración del mismo. Se observan cuatro niveles: negro el de mayor sensibilidad y blanco el de menor. El nivel de detalle es de 10x10 kilómetros. HNVF-Áreas Forestales de Alto Valor Natural, HNVA-Áreas Agrícolas de Alto Valor Natural, ENP- Espacios Naturales Protegidos, RN2000- Red Natura 2000, Planes Rec.- Planes de Recuperación*

## Discusión y conclusiones

La estructura del modelo se considera adecuada, ya que ofrece la información necesaria para realizar una correcta planificación territorial. La integración de todas las capas en un único mapa conlleva ciertas desventajas, ocasionadas fundamentalmente por las diferencias existentes entre los diferentes niveles de detalle de la información, cobertura territorial de las capas y de conocimiento de los mecanismos implicados en la producción de los impactos. Por lo tanto lo más acertado sería realizar una valoración escalonada de los diferentes factores, dando un mayor peso específico a la información más completa y objetiva.

La presencia de espacios protegidos se debe tener en cuenta durante las primeras etapas de la planificación, ya que determinará en primera instancia la posibilidad de instalar parques eólicos. Sin embargo podemos comprobar cómo muchas de las cuadrículas con un alto valor ecológico quedan fuera de las zonas protegidas (Figuras 1 y 2), por lo que basar la gestión únicamente en las figuras de protección legal del territorio no se considera adecuado. En este sentido una valoración ecológica determinada por las comunidades de aves y quirópteros y los atributos ecológicos (Figura 2) aporta una información más completa y precisa. La peligrosidad derivada de la estructura física del paisaje es una información que se debe tener en cuenta, aunque existen todavía importantes carencias en el conocimiento del papel que juegan estos factores en la producción de los impactos.

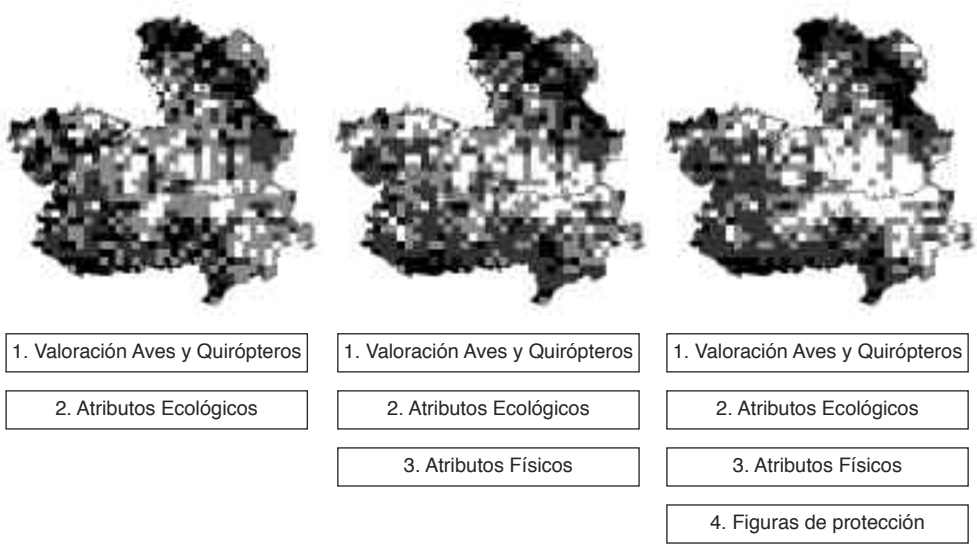



*Figura 2. Muestra tres planos de Castilla-La Mancha con los resultados de la integración de las diferentes capas. Bajo cada mapa se expone un esquema en el que se detalla la información cruzada para la elaboración del mismo. Se observan cuatro niveles: el negro el de mayor sensibilidad y el blanco el de menor. El nivel de detalle es de 10x10 kilómetros*

Al tratarse de un modelo flexible y abierto se pueden incorporar nuevos elementos que se consideren necesarios, siempre teniendo en cuenta que se trata de realizar una evaluación preliminar y que es el primer paso dentro de un proceso más largo donde se profundizará en las particularidades de cada proyecto.

## Referencias bibliográficas

(1) European Commission. 2010. *Wind energy developments and Natura 2000. Guidance Document*. European Commission - Ecosystems, LTD. 116 pp.

(2) Bright, J. A., Langston, R. H. W., Bullman, R., Evans, R. J., Gardner, S. Pearce-Higgins, J., Wilson, E. 2006. *Bird Sensitivity Map to provide locational guidance for onshore wind farms in Scotland*. *RSPB Research Report,* 20. Royal Society for the Protection of Birds & Scottish Natural Heritage. 136 pp.

(3) Jenks, G. F. 1977. *Optimal data classification for choropleth maps*. *Department of Geography Ocasional Paper,* 2. Lawrence: University of Kansas.

(4) Rey Benayas, J. M., de la Montaña, E. 2003. Identifying areas of high-value vertebrate diversity for strengthening conservation. *Biological Conservation,* 114: 357-370.

(5) Olivero, J. Márquez, A. L., Arroyo, B. 2011. *Modelización de las áreas agrarias y forestales de alto valor natural de España*. Encomienda de gestión de la Dirección General de Medio Natural y Política Forestal (MARM) al Instuto de Investigación en Recursos Cinegéticos (CSIC), informe inédito. 172 pp.

(6) Fish and Wildlife Service. 2003. *Service Interim Guidance on Avoiding and Minimizing Wildlife Impacts from Wind Turbines*. United States Department of the Interior to Regional Directors, Regions 1-7. Washington, D.C. 55 pp.

# La visión funcional en la integración de la variable ambiental en los planes de ordenación del territorio de Navarra

## *Functional Scope in Integrating the Environmental Dimension in Planning Plans of Navarra*

**A. DEL REY PALACIOS**
**E. AYERRA POYAL**
**R. SOLA ESCRIBANO**
EIN Navarra Consultoría y Gestión, Tudela

**J. C. BÁSCONES CARRETERO**
Gobierno de Navarra. Departamento de Ordenación del Territorio y Vivienda, Pamplona

## Introducción

El Gobierno de Navarra, en enero del año 2005, puso en marcha el desarrollo de la Estrategia Territorial de Navarra, iniciando la redacción de los Planes de Ordenación del Territorio de Navarra (en adelante POT). Estos planes permiten ajustar a una escala subregional las directrices establecidas en dicha Estrategia. Para ello se establecieron cinco ámbitos POT, en los cuales desarrollar estos Planes: POT 1 Pirineos, POT 2 Navarra Atlántica, POT 3 Área Central, POT 4 Zonas Medias y POT 5 Eje del Ebro.

Estos planes se regulan en base a lo establecido en la Ley Foral 35/2002, de 20 de diciembre, de Ordenación del Territorio y Urbanismo (en adelante LFOTU 35/2002) que en su art. 34.2.a señala entre las funciones de los POT la de "*Propiciar en su ámbito la* ***utilización adecuada, racional y equilibrada del territorio, en cuanto recurso natural no renovable y soporte obligado de las actividades con incidencia en el mismo****, tanto por parte de las Administraciones y Entidades Públicas como por los agentes* privados".

Partiendo de la lectura del artículo citado se infiere que el POT viene obligado a considerar la protección del territorio, en cuanto recurso natural no renovable, desde la óptica de que constituye, a un tiempo, el soporte obligado de actividades en que apoyar el desarrollo de la región y de cada uno de sus ámbitos subregionales, esto es, debe conciliar objetivos y variables de índole ambiental con objetivos e intereses económicos, asociados a los principios de competitividad y cohesión social, considerando, al hacerlo, la triple acepción –ambiental, social y económica-, en que debe ser entendida la sostenibilidad.

Para el desarrollo de los 5 POT se partió de la autoexigencia y del objetivo de conciliar protección y desarrollo y de integrar la variable ambiental en la redacción de los mismos desde el principio de proceso, lo que supuso que la evaluación y ponderación de la capacidad del territorio en cuanto soporte de actividades

fuera, una tarea determinante de los distintos POT. Por ello estos planes se diseñaron de manera que la Evaluación Ambiental Estratégica (EAE), que, tal como prescribe la Ley Foral 4/2005 de Intervención para la Protección Ambiental, acompaña al propio POT, se realizara de forma paralela a todo el proceso de redacción de los 5 documentos.

## Material y métodos

Partiendo de esta situación la metodología empleada para la integración de la variable ambiental en el desarrollo de los POT fue la siguiente:

1º Establecimiento de criterios de sostenibilidad.
2º Diagnóstico de situación.
3º Definición de un modelo territorial: Modelo Vaguada.
4º Establecimiento de unidades ambientales.
5º Ajuste de la normativa.
6º Proceso de participación.

### 1º Establecimiento de criterios de sostenibilidad

El objetivo de esta primera fase de trabajo fue la definición de criterios de sostenibilidad válidos para que la tendencia de aumento de suelo urbano y de población cause los mínimos impactos en el medio.

Estos criterios, se establecieron principalmente para la ocupación de suelos no urbanizables y se estructuraron en función de los recursos que pudieran verse afectados por estos impactos, y por lo tanto a los que van dirigidos los objetivos y las propuestas del POT, como son:

- El **agua** con toda su multifuncionalidad.
- El propio **suelo**, entendido desde el punto de vista edafológico, como elemento vivo capaz de sostener una biomasa natural o cultivada.
- El **aire.**
- La **biodiversidad** y la **biomasa.**
- El **paisaje**.

Todo ello se enfocó bajo los principios de paliar los efectos negativos del cambio global, en el que se incluye el cambio climático, evitar los riesgos y fomentar las energías renovables.

Por otro lado los POT, también establecieron criterios ambientales a los suelos urbanos y urbanizables que orientan hacia una ordenación urbana más sostenible, teniendo en cuenta elementos de conectividad territorial, integración de elementos naturales dentro del tramado urbano, mejora de la movilidad sosteni-

ble, mitigación y prevención de fenómenos de contaminación (atmosférica, acústica, de agua...), aprovechamiento sostenible de los recursos…

### 2º Diagnóstico de situación

Partiendo de los objetivos y criterios planteados se realizó un análisis del territorio de los 5 POT para conocer el estado en el que se encontraban los factores establecidos anteriormente y partir de un conocimiento real de la dinámica del territorio que permitiera ajustar el modelo territorial.

### 3º Definición de un modelo territorial: Modelo Vaguada

Una vez establecidos los criterios y partiendo del conocimiento de la realidad de cada ámbito se concretó el Modelo Territorial para el medio físico y los recursos naturales en el tratamiento del suelo no urbanizable (SNU). En los POT no se valora el capital del SNU solo por la estructura espacial del mismo, la trama física, sino que se protege por las funciones globales y los servicios medioambientales que se derivan del mismo (externalidades positivas), soporte y contexto medioambiental de todo el sistema socioeconómico. El SNU tiene un carácter sistémico y multifuncional que es la base del Modelo Territorial integrado en los POT.

Los procesos que actúan en el metabolismo integral del sistema territorial, entendido globalmente, implican relaciones entre componentes esenciales del mismo, referidas a la funcionalidad de los ciclos y flujos del agua, del aire, y del suelo. Estos procesos son dinámicos e interactúan con y en todo el territorio, incidiendo directa ó indirectamente en la ecología y en la economía, en el desarrollo socioeconómico las comunidades presentes en el mismo, bien porque aportan recursos que son valorizados por dichas comunidades en sus distintas formas de vida o bien porque estos procesos pueden generar disfunciones y riesgos que condicionan su desarrollo.

De las conclusiones de los cinco diagnósticos elaborado se desprende que el recurso agua y los procesos geoquímicos y edáficos ligados al ciclo hidrológico juegan un importante papel en la valoración del medio físico, la calidad ecológica y los méritos asignados a los usos del suelo en el Modelo Territorial de todo el territorio foral, a nivel de los distintos ámbitos POT y a otros niveles de escala de área y subárea. Sin solución de continuidad los procesos ligados al ciclo hidrológico permiten integrar e interpretar el medio físico-ecológico a nivel de cuenca hidrológica y los diversos usos asignables a los distintos tipos de suelo a escala de vaguada.

Por todo ello, el Modelo Territorial se concreta en el POT según lo que se denomina **el modelo en vaguada (1): cresta, ladera y valle,** este modelo, con valor universal y repetido por todo el territorio a distintas escalas permite analizar y valorar en las distintas regiones naturales, cuencas hidrológicas y ámbitos

POT un conjunto de servicios ambientales y funciones fundamentales que se desarrollan en el suelo no urbanizable.

Según el modelo en vaguada se analizan las funciones del SNU en los procesos globales, y como repercuten tanto a nivel regional como local, con los siguientes criterios:

- En relación con la **sostenibilidad** propugnada, en el análisis se consideran todos los procesos relacionados con el agua, el carbono en los suelos en conexión con el equilibrio atmosférico (el denominado cambio climático), la protección de la fertilidad del subsistema edáfico y la producción en el subsistema aéreo de la biomasa. Es decir, considerar la multifuncionalidad del sistema de forma conjunta.
- En relación con los procesos de **mantenimiento** del patrimonio natural se valora la conservación de la biodiversidad y la conectividad.
- En relación con el **paisaje**, se considera el resultado de los usos que mantienen los distintos sistemas naturales y seminaturales en modelos repartidos por todo el territorio.

Estos procesos tienen una incidencia espacial y una respuesta temporal que aporta dinamismo al modelo. Como ejemplo de este dinamismo, el ciclo del agua modela el territorio temporalmente, a través de fenómenos de erosión, transporte y sedimentación, que se plasma en el territorio a través de la estructura antes planteada. Otro aspecto dinámico que afecta al territorio es la sucesión vegetal que aporta dinamismo al paisaje en una escala temporal menor y que está relacionada con el propio ciclo del agua.

### 4º Establecimiento de unidades ambientales

En correlación con el modelo expuesto se reconocieron en cada ámbito POT una serie de **Unidades Ambientales**. Se definen las unidades ambientales como grandes superficies que a pesar de aunar sistemas productivos o ambientales diversos pueden agruparse para ser consideradas como unas "unidades de gestión" más o menos homogéneas. Para su definición se parte del esquema dinámico (procesos biogeoquímicos, dinamismo asociado a la sucesión ecológica, etc.) que permiten integrar de forma esquemática la multifuncionalidad de los suelos en cada ámbito POT. Algunas de ellas son unidades de cresta, otras de ladera y otras de valle, y otras de los espacios de transición cresta-ladera y ladera-valle, dependiendo de las funciones que sustenten.

Las unidades ambientales ocupan todo el ámbito territorial analizado salvo los suelos urbanos e infraestructuras.

La escala de trabajo de los POT condiciona las unidades ambientales reconocidas, amplias en superficie y con carácter ciertamente aglutinador y parcialmente enmascarador de la gran diversidad que pueden llegar a albergar, pero

que permiten sin embargo entender la estructura y los procesos naturales de todo el ámbito.

Los distintos ámbitos POT recogen en su expresión subregional diferentes unidades ambientales, encontrando mayores superficies de unidades de cresta en los POT septentrionales y una mayor superficie de unidades de valle en los meridionales.

*Tabla 1. Unidades ambientales de los cinco ámbitos POT*

| Unidades ambientales | Pirineos | Navarra atlántica | Área central | Zonas medias | Eje del Ebro |
|---|---|---|---|---|---|
| | POT 1 | POT 2 | POT 3 | POT 4 | POT 5 |
| Cortados | X | X | X | X | X |
| Pastos de alta montaña | X | X | | | |
| Bosques con valor ambiental y productor | X | X | X | | |
| Formaciones vegetales con valor ambiental y protector | X | X | X | X | X |
| Forestal productivo | X | X | X | X | |
| Formaciones arbustivas y herbáceas | X | X | X | X | X |
| Mosaico de monte y cultivo | | | X | X | X |
| Cultivos (cultivos de secano) | X | | X | X | X |
| Mosaico de robledales y praderas, de fondo de valle | | | X | | |
| Praderas y cultivos en fondos de valle | X | X | X | | |
| Regadío eventual | | | | | X |
| Cultivos de regadío (regadíos actuales) | | | X | X | X |
| Humedales | X | X | X | X | X |
| Sistema fluvial | X | X | X | X | X |

Las unidades ambientales en sí mismas no son una categoría de suelo a nivel de ordenación, sino un elemento de trabajo en el análisis y diagnóstico territorial. Las unidades ambientales contienen las claves que justifican la normativa propuesta.

## 5º Ajuste de la normativa

Una vez hecho este análisis dentro del proceso de redacción de los POT, estas unidades ambientales se ajustaron a lo establecido por la normativa foral a los SNU. Los artículos 35 y 94, de la LFOTU, establecen dos tipos de suelos no urbanizables. Por un lado los **SNU de Protección** que son aquellos terrenos sometidos a algún régimen especial de protección de rango supramunicipal, en razón de lo establecido por legislación sectorial (94.a), porque son terrenos que estén amenazados por riesgos naturales o de otro tipo que son incompatibles con su urbanización (94.c) o porque son suelos que el propio POT considera

apropiado excluir del proceso urbanizador en razón al modelo de desarrollo territorial adoptado en cada ámbito (94.b). Por otro lado los **SNU de Preservación** acoge aquellos suelos que el planeamiento municipal justificadamente considere necesario preservar del desarrollo urbanístico, por contar con valores a nivel local. Tanto en los SNU de Protección como en los de Preservación se establecen 8 subcategorías (94.3) en función de los valores de cada uno de los suelos:

- Suelo de valor paisajístico.
- Suelo de valor ambiental.
- Suelo de valora para su explotación natural.
- Suelo de valor cultural.
- Suelo de salvaguarda del modelo de desarrollo.
- Suelo de prevención de riesgos.
- Suelo destinado a infraestructuras.
- Suelo destinado a actividades especiales.

Las unidades ambientales tienen una relación directa con las subcategorías de suelo no urbanizable definidas en la LFOTU 35/2002 art. 94.3, por lo que la definición de los criterios de usos en cada subcategoría se ha apoyado en los valores a preservar analizados en estas unidades.

Aquellas zonas de las unidades ambientales que se correspondan con suelos protegidos por legislación sectorial, de riesgos o tienen un valor supramunicipal atendiendo al modelo de desarrollo, en estos casos son suelos de protección, mientras que, en el resto de los casos, se trata de suelos de preservación. Para aquellos suelos protegidos por la legislación sectorial, el POT remite a la normativa que los regula; en base a la información disponible se definen y regulan los suelos de riesgo frente a las inundaciones y con riesgo de movimientos en masa, así como otros tipos de riesgos aunque no se hayan cartografiado; y se establecen determinaciones para los suelos de protección y de preservación.

### 6º Proceso de participación

Al igual que con la Evaluación Ambiental Estratégica se diseñó un proceso de participación al que fueron sometidos estos planes, mediante el cual se han ajustado los criterios de ordenación y se han recogido una gran cantidad de particularidades de cada uno de los ámbitos POT.

## Resultados

Los documentos POT que han sido aprobados en el año 2010, supusieron que tanto el Estudio de Incidencia Ambiental como la Declaración Ambiental de los cinco documentos POT haya sido un refrendo de la metodología empleada, ya que las medidas correctoras planteadas no han sido más que ajustes de al-

gunas medidas que ya habían sido incluidas a lo largo de todo el trámite de redacción del documento.

## Discusión y conclusiones

De este proceso cabe destacar la elevada integración de la ordenación en la realidad territorial y ambiental de Navarra y del ajuste de la normativa y de los SNU a los procesos que en la actualidad se producen en la Comunidad Foral.

Los Planes de Ordenación del Territorio de Navarra, por tanto, han pretendido incluir los criterios de sostenibilidad en el uso del suelo desde el inicio del proceso de planificación, contando con la potencialidad del mismo para acoger actuaciones que permitan el desarrollo de la Comunidad Foral, favoreciendo sinergias positivas y oportunidades de escala sin una merma de la calidad ambiental del mismo.

Es destacable la coherencia que en este proceso otorga la elaboración de los cinco planes de manera conjunta y simultánea, ya que permite integrar la variable ambiental con criterios homogéneos, pero sin perder la diversidad del territorio.

Los POT se configuran, por tanto, como una herramienta que no solo ha integrado la variable ambiental desde el inicio de su elaboración, sino que también permite la integración de la misma en escalas inferiores de planificación y planeamiento.

## Referencias bibliográficas

(1) Montserrat Recorder, P. 2008. Lecciones Fernando González Bernáldez vol 3: Ecología eficaz en la vida rural de montaña. Mayo 2008. Universidad de Alcalá de Henares y Fundación Interuniversitaria Fernando González Bernáldez para los Espacios Naturales, Madrid.

# El tratamiento de alternativas en la evaluación ambiental de planes urbanísticos en Castilla-La Mancha

## *Treatment of Alternatives in the Environmental Assessment of Urban Planning in Castilla-La Mancha*

**J. CUENCA LOZANO**
Acciona Ingeniería, Madrid

## Introducción

La generación de alternativas dentro del proceso planificador, se configura como la piedra angular para la toma de decisiones, así como el camino más adecuado para la consecución del desarrollo sostenible.

La concepción de alternativas consiste en articular conjuntos coherentes y compatibilizados de propuestas que tiendan a la consecución de unos objetivos determinados. Estas alternativas implican la generación de una serie de "imágenes" del conjunto de los objetivos. Cada una de las imágenes consta de un modelo de desarrollo (1).

Estas alternativas con sus "imágenes" definitorias han de ser recogidas físicamente en el documento planificador para que sean evaluadas desde un punto de vista funcional, económico, social, ambiental… para que se tenga la certidumbre de que la alternativa que se elige es la que de forma conjunta cumple mejor con los objetivos definidos.

Este hecho obvio, no lo es tanto como veremos a continuación, ya que la normativa técnica que determina el contenido y alcance de los diferentes documentos necesarios en el proceso planificador municipal carece de un epígrafe o documento previo donde se analicen las alternativas.

## Material y métodos

Para analizar el tratamiento de las Alternativas en la Evaluación Ambiental de Planes Urbanísticos en Castilla-La Mancha, se describe el procedimiento de Evaluación Ambiental y la Tramitación urbanística necesaria para la aprobación del planeamiento urbano.

### La Evaluación Ambiental de Planes y Programas. Castilla-La Mancha

En Castilla-La Mancha el procedimiento de evaluación ambiental de planes y programas se encuentra reglado por la Ley 4/2007 de Evaluación Ambiental en Castilla-La Mancha (2).

Esta ley define la Evaluación ambiental como el proceso que permite la integración de los aspectos ambientales en los planes y programas mediante la preparación del informe de sostenibilidad ambiental, de la celebración de consultas, de la consideración del informe de sostenibilidad ambiental, de los resultados de las consultas y de la memoria ambiental, y del suministro de información sobre la aprobación de los mismos.

La Evaluación Ambiental pretende integrar los aspectos ambientales desde una fase temprana en la elaboración y aprobación de planes y programas, para alcanzar un elevado nivel de protección del medio ambiente y promover el desarrollo sostenible en su triple dimensión económica, social y ambiental, a través de un proceso continuo de evaluación en el que se garantice la transparencia en la información y en la participación pública.

En Castilla-La Mancha el desarrollo de la evaluación ambiental pude dividirse en las siguientes fases:

- Inicio del Expediente. Esta fase comienza cuando el Órgano Promotor entrega al Órgano Ambiental el Documento de Inicio.
- Consultas previas. El Órgano Ambiental identifica para su consulta a las administraciones y al público interesado. Una vez realizada la consulta elabora el Documento de Referencia, con el resultado de estas consultas.
- Elaboración del Informe de Sostenibilidad Ambiental (ISA). El Órgano Promotor elabora el ISA.
- Información pública. El Órgano Promotor somete a información pública y a consultas a las administraciones implicadas tanto el ISA como la versión preliminar del Plan o Programa, contestando motivadamente a todas las alegaciones que se produzcan en esta fase.
- Memoria Ambiental y Aprobación del Plan. El Órgano Promotor elabora una memoria ambiental en la que se valora la integración ambiental de todos los aspectos ambientales en el Plan o Programa. Esta memoria ha de ser acordada junto con el Órgano Ambiental antes de la aprobación del Plan.

Todas estas fases se desarrollan simultáneamente a la tramitación urbanística del plan por lo que una coordinación entre ambas, simplifica los procedimientos, y otorga coherencia tanto documental como de contenidos a ambos procedimientos.

Puesto que el presente documento analiza el tratamiento de las alternativas en la planificación municipal, a continuación se muestra en que documentos se solicitan estas alternativas durante la evaluación ambiental del plan. Estas se abordan en dos de las fases dentro de la Evaluación Ambiental:

En el Inicio del expediente, ya que el Documento de Inicio contempla en su punto b “el alcance y contenido de la planificación, de las propuestas y de sus alternativas”.

Elaboración del ISA, en el punto 10 de ese documento “Estudio de Alternativas previstas y una descripción de la manera en la que se hizo la evaluación”.

## La Tramitación del Planeamiento Urbano en Castilla-La Mancha. Incorporación de Alternativas

La tramitación del planeamiento urbano en Castilla-La Mancha viene reglado en la Ley de Ordenación del Territorio y la Actividad Urbanística (LOTAU) cuyo texto refundido se aprobó mediante el Decreto Legislativo 1/2010 (3).

De forma simplificada, la tramitación de los Planes municipales, sigue las siguientes fases:

- Redacción del documento de avance o documento para consultas a las diferentes administraciones, ayuntamientos colindantes y Consejería de OT. En este documento se incluye la definición del modelo de desarrollo y ocupación propuesto en el plan para que sea informado por la Consejería de OT.
- Una vez realizadas las consultas y adaptando el documento a estas exigencias, se procede de forma potestativa a una aprobación provisional del documento paso previo a su exposición a información pública.
- Se somete a información pública el documento, al informe de organismos afectados y municipios colindantes, debiendo ser contestadas las alegaciones y subsanadas las deficiencias respecto de la legislación sectorial.
- Tras la nueva adaptación del documento y la obtención de la aprobación de los organismos consultados se procede a la aprobación inicial.
- Una vez aprobado inicialmente se envía a la Consejería de Urbanismo para su aprobación definitiva.

Castilla-La Mancha ha publicado recientemente (julio 2010) el Decreto 178/2010 por el que se aprueba La Norma Técnica de Planeamiento, para homogeneizar el contenido de la documentación de los Planes Municipales (4). Esta exhaustiva norma, recoge de forma pormenorizada el objeto y contenido de cada uno de los epígrafes de los diferentes documentos que conforman el Plan Municipal.

Asimismo incluye cual ha de ser el contenido mínimo tanto del Documento de Inicio o Documento para Consultas, como de la versión completa del Plan Municipal.

A continuación se analiza el contenido mínimo que ha de tener el Documento de Inicio o Documento para consultas. Según el punto 3.1 de la Norma Técnica este documento ha de recoger al menos:

Dentro de los aspectos informativos del Plan:

- 1. Marco Normativo.
- 2. Cartografía y fuentes.
- 3. Análisis del territorio.
- 4. Análisis socioeconómico del municipio.
- 5.2 Infraestructuras existentes.
- 7. Planeamiento en tramitación.

Dentro de los aspectos justificativos del Plan:

- Ordenación Estructural.
  - Descripción del Modelo de evolución urbana y de ocupación del territorio adoptado y de las directrices de ordenación resultantes.
- 1.2 . Clasificación del suelo.
  - Delimitación preliminar de actuaciones urbanizadoras. Secuencia de desarrollo.
- 1.5. Delimitación de Zonas de Ordenación Urbanística.
- 7. Sistemas e infraestructuras generales.
- 9. Criterios para la ordenación de suelo rústico.
  - Tratamiento de los Bienes de Dominio Público.
- Análisis del tráfico y la movilidad.
- 5. Justificación del cumplimiento de normativas específicas.

Los aspectos informativos tanto del Documento de Inicio o Avance como del documento completo de Plan se centran de forma exclusiva en analizar la situación actual del municipio desde distintos puntos de vista, socioeconómico, urbanístico, estructural, ambiental, etc. Este análisis ha de desenmascarar carencias, y debilidades, para que sean corregidas, pero también hará hincapié en las fortalezas y oportunidades que brinda su configuración, entorno o situación para que sean aprovechadas en la redacción del Plan.

Los aspectos justificativos del plan describen y argumentan las decisiones que se han tomado en la definición de los diferentes elementos que conforman el Plan, desde el suelo rústico al urbano, desde lo más amplio a lo más concreto, desde los aspectos estructurales a los detallados. Justifican pues las soluciones que se han ido tomando en la concepción del plan a la luz del análisis que se realiza en los aspectos informativos.

Como se puede observar, el documento de Inicio o avance carece de un análisis de alternativas o de al menos un epígrafe en el que se plasmen las diferentes opciones que se han barajado anteriormente a la concepción del plan que se recoge en el documento.

Es más, si analizamos el contenido que ha de incluir el punto 1.1 de los aspectos justificativos “Descripción del modelo de evolución urbana, de ocupación del territorio y de las directrices de ordenación resultantes” vemos que se trata conceptualmente de la descripción de la alternativa de desarrollo elegida para el municipio, si bien, en sus aspectos estructurales, lo suficientemente definida como para coartar futuras alternativas, sin entrar a valorar si se han tomado en consideración otras alternativas y por qué razón han sido descartadas. Además se trata de un hito en la concertación interadministrativa del Plan debiendo ser preceptivo el informe favorable de la Consejería Competente en materia de Ordenación del Territorio y Urbanismo sobre el modelo de evolución propuesto en el Plan.

En síntesis, en las fases preliminares de la planificación urbanística, durante la redacción del documento de inicio o avance, que hemos identificado como la primera fase en la redacción del planeamiento municipal, a tenor del contenido

mínimo que evoca la Norma Técnica de Planeamiento, ya se define una alternativa, si bien no en sus aspectos detallados, si en su parte estructurante, lo suficientemente definitoria como para impedir posibles modificaciones.

Durante el resto de la tramitación urbanística del Plan así como en el documento completo de plan que se tramita tanto para la aprobación inicial como para la aprobación definitiva, la Norma Técnica de Planeamiento no incluye ningún epígrafe en el que se solicite que se realice un estudio de alternativas, o que se plasmen las alternativas que se han tenido en cuenta en la redacción del Plan.

## Resultados

A continuación se muestra un esquema con la tramitación comparativa tanto de la evaluación ambiental como de la tramitación urbanística del Plan.

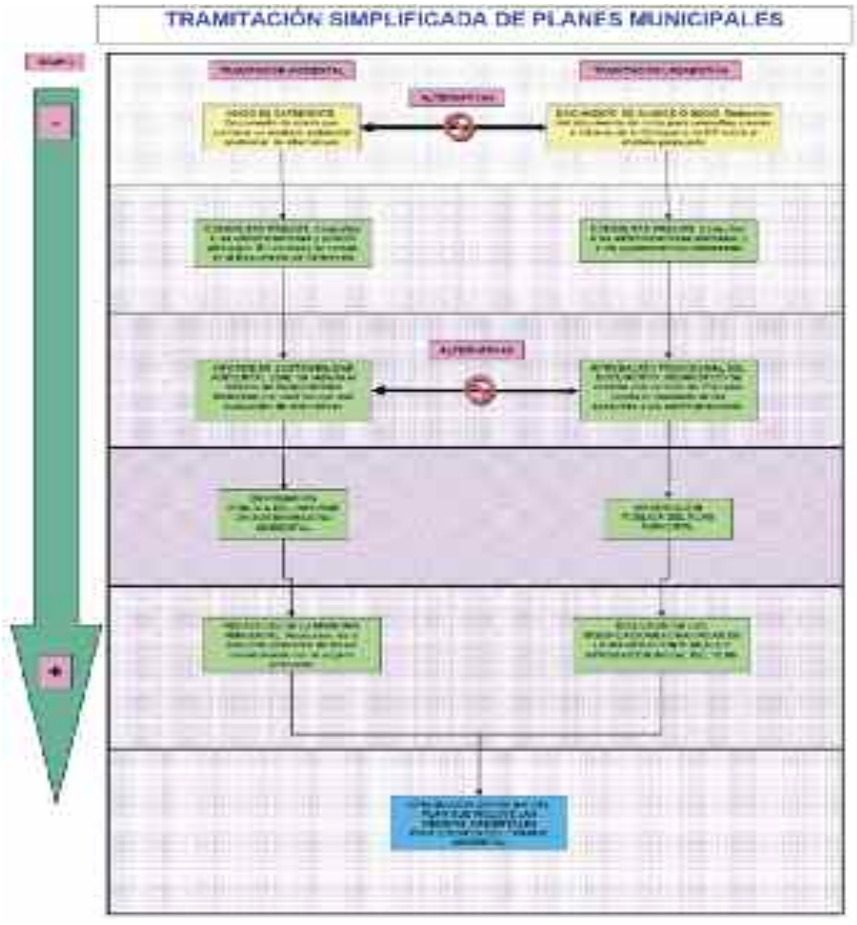



*Figura 1. Tramitación comparada Actual de Planes Urbanísticos y su Evaluación Ambiental Estratégica*

Como puede observarse en el gráfico anterior las fases y documentos en los que se exige una evaluación ambiental de alternativas durante la tramitación ambiental, no coincide con documentos o fases de la tramitación urbanística donde se requieran estas alternativas, concretamente en la fase inicial y en la fase de aprobación provisional, previa a la información pública.

Como se ha apuntado anteriormente, en el documento urbanístico de avance o inicio se describe el modelo de evolución urbana, es decir la alternativa elegida, al menos en sus aspectos estructurales; y este se tramita junto con el documento de inicio del trámite de evaluación ambiental, por lo que ya en ese punto se minimiza la posibilidad de generar alternativas.

Asimismo, durante la fase de aprobación provisional del plan también se exigen alternativas. En este punto, el documento urbanístico carece de alternativas, ya que se trata de una fase de tramitación muy avanzada. Las únicas variaciones existentes consisten en las modificaciones que ha sufrido el Plan durante el periodo de concertación interadministrativa. No obstante, estas variaciones no deben considerarse alternativas puesto que han sido desechadas en el periodo de concertación administrativa por lo que no han de considerarse alternativas viables.

Todos, estos hechos provocan disfunciones en el análisis ambiental de alternativas que redunda en la calidad de la evaluación ambiental, y por ende de la calidad del Plan.

Para tratar de dar coherencia a ambos trámites sería necesario incluir en la tramitación urbanística del Plan un documento o epígrafe que plasme las alternativas que se han barajado así como las razones que han llevado a la elección de un modelo de desarrollo determinado.

## Discusión y conclusiones

Las alternativas han de reflejarse en el documento de Plan, donde se describirán y donde se realizará la selección de la que mejor cumpla los objetivos planteados, teniendo en cuenta los resultados obtenido en el proceso de evaluación ambiental.

El principal cometido de la evaluación ambiental es la evaluación ambiental de alternativas. Este proceso consiste en analizar desde el punto de vista ambiental las implicaciones que se derivan de la aplicación de una u otra alternativa.

En ningún caso será en los documentos ambientales donde se describan las alternativas, si bien puede aparecer esta descripción a título informativo, será en el documento urbanístico donde tengan que estar debidamente recogidas, ya que la evaluación ambiental evalúa al plan pero no lo desarrolla.

La normativa urbanística en Castilla-La Mancha no recoge en ninguno de los documentos que se redactan para la aprobación del plan la necesidad de definir alternativas, por lo que su inclusión es potestativa. Este hecho, unido a los dilatadísimos plazos necesarios para la aprobación de un planeamiento urbanístico aconseja al órgano promotor que no “se invente” un documento previo de alternativas, dilatando más, si cabe, el plazo para su aprobación.

El procedimiento de evaluación ambiental en Castilla-La Mancha se inicia en las fases "preliminares" del planeamiento, si bien, el planeamiento municipal en esta fase, ya cuenta con una definición del modelo adoptado en sus aspectos estructurales, por lo que la evaluación ambiental debe comenzar con anterioridad. Este adelanto en la aplicación de la evaluación tiene un pequeño inconveniente, la normativa urbanística no incluye la redacción de documentos anteriores al documento de avance en el cual como se ha dicho ya se ha definido un modelo de desarrollo. Por tanto es necesario incluir un nuevo documento urbanístico previo.

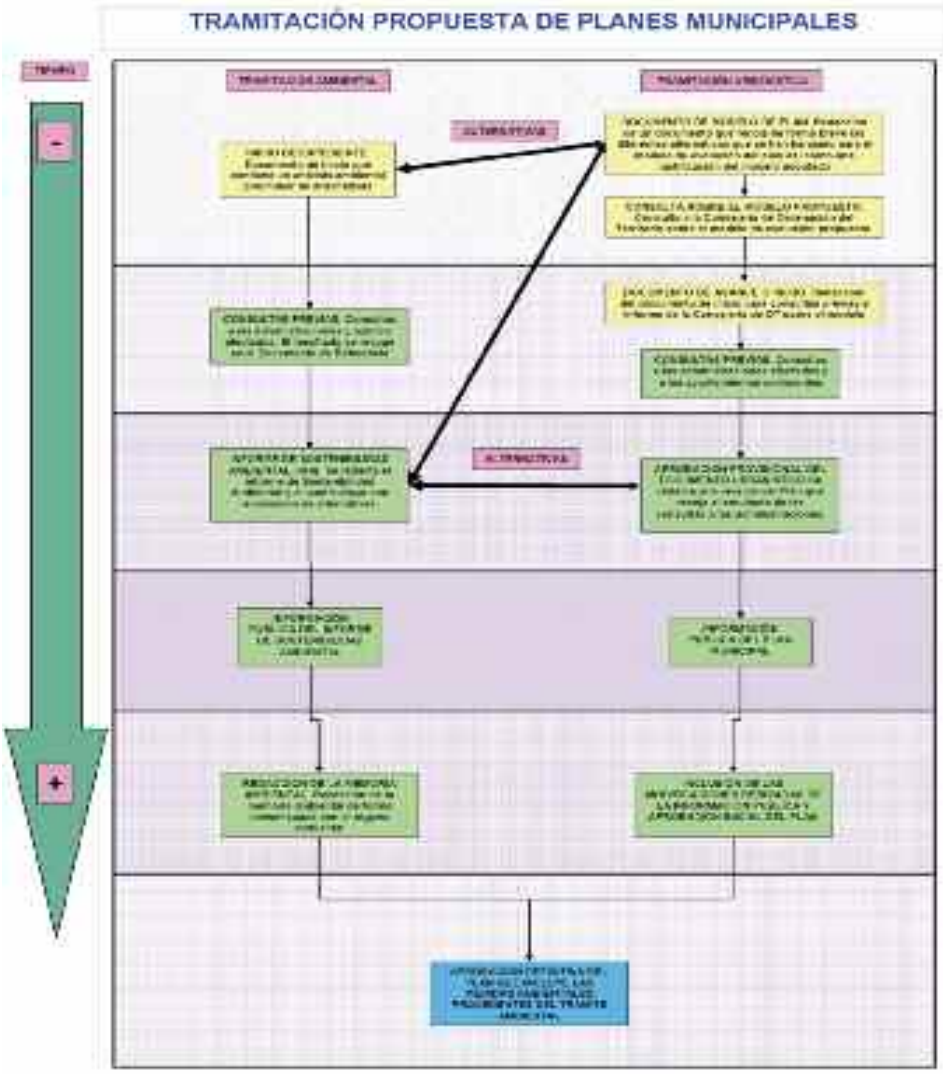



*Figura 2. Tramitación comparada Propuesta de Planes Urbanísticos y su Evaluación Ambiental Estratégica*

## Referencias bibliográficas

(1) Martínez de Anguita, P. 2006. *Desarrollo local sostenible: Métodos de ordenación y planificación*. McGraw-Hill: Madrid.
(2) Castilla-La Mancha. Ley 4/2007, de 8 de marzo de 2007, de Evaluación Ambiental en Castilla-La Mancha. Diario Oficial de Castilla-La Mancha, 20 de marzo de 2007, número 60.
(3) Castilla-La Mancha. Decreto Legislativo 1/2010, de 18 de mayo de 2010, por el que se aprueba el texto refundido de la Ley de Ordenación del Territorio y de la Actividad Urbanística. Diario Oficial de Castilla-La Mancha, 21 de mayo de 2010, número 97.
(4) Castilla-La Mancha. Decreto 178/2010, de 1 de julio de 2010, por el que se aprueba la Norma Técnica de Planeamiento para homogenizar el contenido de la documentación de los planes municipales. Diario Oficial de Castilla-La Mancha, 7 de julio de 2010, número 129.

# Estudios complementarios a la evaluación ambiental estratégica

## *Complementary Studies for a Strategical Environmental Evaluation*

**T. MARTÍNEZ ROMERO**
**B. JIMÉNEZ FAJARDO**
Urbanatura, Ciudad Real

## Introducción

La Evaluación Ambiental Estratégica (en adelante EAE) ha evolucionado considerablemente durante los últimos años, sobretodo a partir del año 2006 con la promulgación de la Ley Estatal 9/2006, de 28 de abril, sobre evaluación de los efectos de determinados planes y programas en el medio ambiente.

El documento principal de la EAE es el Informe de Sostenibilidad Ambiental (en adelante ISA), que permite identificar y evaluar los efectos derivados de las actuaciones propuestas, recogiendo sus resultados e integrándolos en la toma de decisiones políticas. Sin embargo, este procedimiento que a priori por su definición puede no implicar grandes problemas, requiere de un riguroso análisis y de un estudio pormenorizado, hecho en parte debido a las diversas intervenciones administrativas y por ende a los numerosos enfoques sectoriales que han de ser tenidos en cuenta para su redacción.

Este hecho ha generado la ocurrencia de una serie de estudios específicos, que acompañan al ISA, ligados a la planificación y con el objeto de que sus resultados sirvan de apoyo al estudio y selección de la alternativa técnica de desarrollo del planeamiento.

No existen pautas o legislación específica que determine cuales son los estudios complementarios al ISA, esto va a depender de las características urbano-territoriales y de la propia dinámica del municipio o ámbito de estudio.

De entre los posibles a redactar, cabe destacar:

- Estudios hidrológicos y de riesgo de avenidas
- Estudios de riesgos naturales
- Estudios de movilidad
- Estudios de zonificación acústica
- (...)

De manera que, los objetivos específicos del presente trabajo serán describir para cada uno de los estudios anteriores, las siguientes cuestiones:

- Finalidad de su redacción
- Metodología de su elaboración

- Inclusión de sus resultados dentro del ISA y por ende dentro del planeamiento urbanístico.

## Métodos

### Caso de Estudio 1: Estudios hidrológicos y de riesgo de avenidas

#### *Objetivo*

Estos estudios tienen como objetivo conocer los caudales en régimen natural de la máxima crecida de un tramo determinado de un cauce fluvial, para una probabilidad determinada (50, 100 y 500 años). Con estos caudales se establece la zona del terreno que quedará cubierta por las aguas: da una primera aproximación de la zona inundable.

#### *Casos en los que se aplica dentro de la planificación urbanística*

Se redactan estos estudios cuando la zona teórica de protección de Dominio Público Hidráulico de un cauce puede quedar afectada por la nueva ordenación, tanto para suelos urbanos (consolidados y no consolidados) como sectores urbanizables (independientemente del uso mayoritario).

Constituyen el Dominio Público Hidráulico del Estado, con las salvedades expresamente establecidas en la Ley (*Art. 2 Reglamento del Dominio Público Hidráulico*):

a) las aguas continentales, tanto las superficiales como las subterráneas con independencia del tiempo de renovación.
b) los cauces de corrientes naturales, continuas o discontinuas.
c) los lechos de los lagos y lagunas y los de los embalses superficiales en cauces públicos.
d) los acuíferos subterráneos, a los efectos de los actos de disposición o de afección de los recursos hidráulicos.

*(…) las márgenes de los terrenos que lindan con dichos cauces están sujetas en toda su extensión longitudinal (Art. 6 RDPH):*

*a) A una zona de servidumbre de cinco metros de anchura para uso público, que se regula en este reglamento.*
*b) A una zona de policía de cien metros de anchura, en la que se condicionará el uso del suelo y las actividades que en él se desarrollen.(…)*

## Caso de Estudio 2: Estudios de Riesgos Naturales

### *Objetivo*

Evaluar los potenciales riesgos naturales que puedan suceder en el ámbito o ámbitos de trabajo.

### *Casos en los que se aplica dentro de la planificación urbanística*

En todos los instrumentos de ordenación territorial y urbanística, en cumplimiento con el artículo 15.2 del R.D.L 2/2008 de 20 de junio, por el que se aprueba el texto refundido de la Ley del Suelo.

### *Clases de Riesgos Naturales a estudiar*

**Riesgo por erosión:** La erosión es un proceso natural por el cual las corrientes de agua o el viento arrastran parte del suelo de unos puntos a otros. El problema radica cuando la erosión natural se acelera por la intervención del hombre, con lo cual los materiales perdidos no se recuperan en las zonas erosionadas y en las zonas que reciben los aportes no son aprovechados o se pierden.

Actualmente el ministerio de medioambiente está realizando el inventario nacional de erosión de suelos, con el objetivo de detectar, cuantificar y reflejar cartográficamente los principales procesos de erosión en el territorio nacional, sin embargo no se tienen datos publicados de todas las provincias españolas.

Por ello, para poder determinar el grado de erosión del terreno a día de hoy, se ha realizado un modelo que proporciona información cualitativa sobre el riesgo de erosión a través del estudio de dos factores: índice de protección del suelo:

*Tabla 1. Índice de protección del suelo*

| Cubierta vegetal | Pendiente | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| | < 5% | 5-15% | 15-30% | 30-45% | > 45% |
| Arbolado denso | 1,0 | 1,0 | 1,0 | 1,0 | 1 |
| Arbolado claro | 1,0 | 0,9 | 0,6 | 0,5 | 0,4 |
| Matorral | 0,8 | 0,7 | 0,4 | 0,3 | 0,2 |
| Erial a pastos | 0,6 | 0,5 | 0,2 | 0,1 | 0 |
| Cultivos | 0,4 | 0,3 | 0,0 | 0,0 | 0 |
| Sin vegetación | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0 |

Índice de resistencia a la erosión propuestos por la FAO *(FAO. 1976. Índices utilizados para la determinación de resistencia a la erosión*):

*Tabla 2. Índice FAO*

| | |
|---|---|
| Calizas | 0,7 |
| Margas | 0,1 |
| Areniscas | 0,5 |
| Conglomerados | 0,6 |
| Dolomías | 0,5 |
| Depósitos aluviales y coluviales | 0,3 |

Para la evaluación del riesgo de erosión se deberá asumir que éste es inversamente proporcional tanto al índice de protección del suelo por la vegetación como al índice de resistencia de los materiales litológicos. Ambos valores se sumarán, si bien multiplicando el primero por 2/3 (0,4 x 2/3) y el segundo por 1/3 (0,6). El índice de resistencia total obtenido quedará clasificado de la siguiente manera:

a. Riesgo de erosión alto: índice de resistencia 0,0 – 0,29;
b. Riesgo de erosión medio: índice de resistencia 0,30 – 0,59;
c. Riesgo de erosión bajo: índice de resistencia 0,60 – 0,90

- **Riesgo por incendios:** Para prever el comportamiento de un posible incendio, y su probable extensión es necesario observar de los diversos combustibles, pues de ellas dependerá el inicio y propagación del incendio, así como la accesibilidad a ellos. En función de estos dos criterios se podrán clasificar las áreas de estudio en:
  a. Zona de Riesgo nulo o áreas no inflamables: casco urbano donde la presencia de medidas de protección limita los riesgos de incendio.
  b. Zona de Riesgo bajo o áreas inflamables: se corresponde con zonas de cultivos herbáceos de regadío o secano, fácilmente accesibles.
  c. Zona de Riesgo medio o áreas moderadamente inflamables: zonas de cultivos leñosos de secano.
  d. Zona de Riesgo alto o áreas altamente inflamables: áreas de vegetación arbórea o arbustiva con morfologías abruptas.
- **Otros riesgos:** Como puede ser hundimiento de zonas kársticas, sismicidad, expansividad de arcillas...etc. Existen servidores WMS en el Instituto Geológico y Minero de España, que permiten acceder a estas fuentes de datos a nivel nacional.

## Caso de Estudio 3: Estudios de Movilidad

### *Objetivo*

Recogida de información y análisis a través de diagnóstico del estado actual de la movilidad de la zona objeto de estudio y su relación con el consumo de combustible y las emisiones de $CO_2$.

En función de los porcentajes de vehículos matriculados diesel y gasolina, se calcularán los consumos de combustible y las emisiones de $CO_2$ aplicando estos porcentajes.

***Casos en los que se aplica dentro de la planificación urbanística***

En todos los Planes Generales de Ordenación Urbana.

**Caso de Estudio 4: Estudios de Zonificación Acústica**

***Objetivo***

Clasificar el territorio de estudio en áreas acústicas atendiendo al uso predominante del suelo.

***Casos en los que se aplica dentro de la planificación urbanística***

Todas las edificaciones en su calidad de receptores acústicos; en cumplimiento con la Ley Estatal 37/2003, de 17 de noviembre, de ruido.

## Resultados

Se muestra a continuación la inclusión de cada estudio complementario dentro del informe de sostenibilidad ambiental y por ende dentro de la planificación urbanística.

**Estudios hidrológicos y de riesgo de avenidas (caso de estudio 1)**

Del estudio hidrológico se obtendrán las zonas inundables reales del cauce estudiado a través del método HEC-RAS (*Nania, L; Molero E (2007*)), para los periodos de 50, 100 y 500 años. Estas franjas delimitadas por el estudio pasarán a ser las nuevas zonas de Dominio Público Hidráulico. Los dos posibles resultados que se derivan del estudio de inundación serán:

- reducción del dominio público hidráulico teórico de 100 m: La zona inundable obtenida es menor que la teórica.
- aumento del dominio público hidráulico teórico de 100 m: la zona inundable obtenida es mucho mayor que la teórica.

Las nuevas bandas inundables pasarán a ser zonas protegidas. En el caso de suelos urbanos (consolidados o no consolidados) se tendrá que pedir autoriza-

ción al organismo de cuenca correspondiente, para poder intervenir sobre el cauce (canalizaciones, entubamientos, etc). Para el resto de casos las intervenciones no se permitirán como regla general, para así proteger los cauces naturales frente a la presión urbanística y evitar situaciones de peligro o riesgo por inundación.

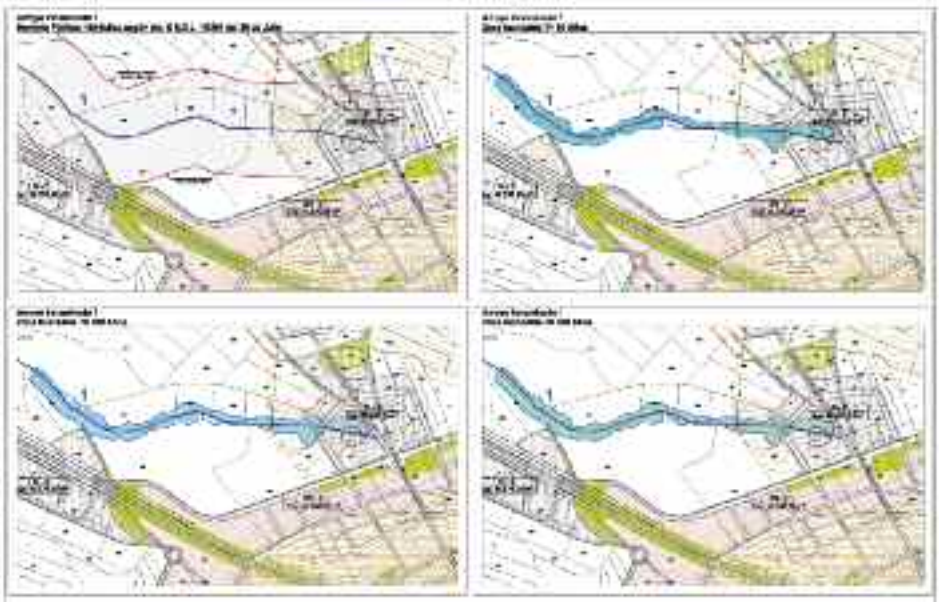


*Figura 1. Zonas inundables para los períodos de 50, 100 y 500 años*

**Estudios de Riesgos Naturales (caso de estudio 2)**

La inclusión de sus resultados dentro de la planificación va a depender del tipo de riesgo o riesgos que se hayan obtenido como potencialmente posibles en el área de estudio. En cualquier caso, los resultados servirán para adoptar medidas que impidan o en su caso disminuyan los efectos que el probable riesgo pudiera generar sobre el ámbito de planificación.

Independientemente de los datos obtenidos, las soluciones adoptadas abordarán un paso posterior al planeamiento, concretamente a la fase construcción y desarrollo. Algunas de las posibles medidas podrían ser:

- **Riesgo por erosión:** Planificación y ejecución de las excavaciones y movimientos de tierra, retirada selectiva, almacenamiento y posterior reutilización de la capa superficial del suelo, nuevos viarios se ajustarán a la topografía para reducir al mínimo el movimiento de tierras, evitar la compactación y erosión hídrica o eólica de la capa edáfica, retirada y tratada.

- **Riesgo por incendios:** Durante la época de peligro alto de incendio queda totalmente prohibido el empleo de fuego en los ámbitos altamente inflamables, fuera de la época de peligro alto se permitirá los fuegos realizados en zonas de acampada y áreas recreativas, siempre que se realicen con las debidas precauciones...etc.
- **Otros riesgos:** Sismicidad (Instalación de cimientos aislantes (caucho) que absorban las vibraciones del suelo y permitan la oscilación del edificio), Expansividad arcillas (actuaciones sobre la cimentación como zapatas corridas o placas reforzadas)...

### Estudios de Movilidad (caso de estudio 3)

Se obtienen resultados para un vehículo tipo (ponderando entre gasolina y diésel) para un recorrido medio, calculando el consumo de combustible y las emisiones de $CO_2$ actuales y futuros en el año horizonte de la planificación.

Posteriormente se proponen una serie de medidas, que incluyen líneas de gestión adecuadas a los recursos disponibles, buscando minimizar tanto el consumo de combustibles y las emisiones de $CO_2$, como el fomento de medios de trasporte alternativos (trasporte público, desplazamiento en bicicleta/a pie).

### Estudios de Zonificación Acústica (caso de estudio 4)

El control del ruido en su doble finalidad se traduce en la existencia de una normativa con unos límites sonoros máximos de obligado cumplimiento, exigiéndose las modificaciones en infraestructuras y/o edificaciones con el fin de no superarlos (*Expósito Paje, S Legislación y normativa de ruido ambiental*). En función de la ley 37/2003, de 17 de noviembre, del ruido, las zonas de estudio se clasificarán en los siguientes tipos de áreas acústicas:

- Zonas de uso residencial, uso industrial, uso recreativo y de espectáculos.
- Uso sanitario, docente y cultural y uso terciario.
- Zonas afectadas por infraestructuras de transporte.
- Espacios naturales.

En función de esto, se dividirá el ámbito de planificación en:

*Tabla 3. Áreas de zonificación acústica*

| | Día (dba) | Noche (dba) |
|---|---|---|
| Residencial | 55 | 45 |
| Educativo | 60 | 50 |
| Industrial | 70 | 55 |

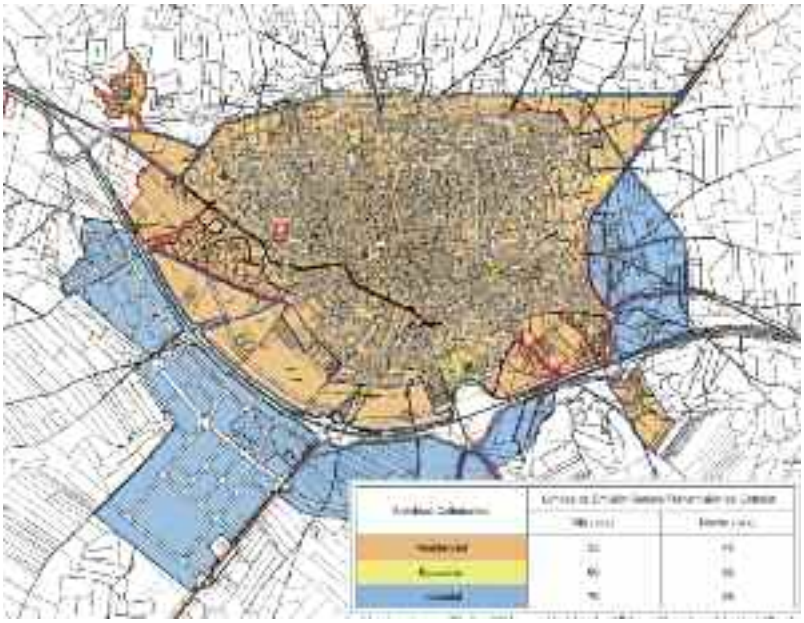


*Figura 2. Ejemplo zonificación acústica de un casco urbano*

## Discusión y conclusiones

Las tendencias dentro de la EAE han ido cambiado con los últimos años, la nueva ley estatal de evaluación ambiental, el cambio en la legislación del suelo, así como la existencia de una variada y compleja legislación sectorial, ha generado la manifestación de una serie de estudios complementarios que acompañan al ISA, tan importantes como él y ligados a la planificación urbanística hasta tal punto, que sus conclusiones o resultados van a ser determinantes en la selección de la alternativa técnica más viable para la ejecución de un plan o programa urbanístico.

## Referencias bibliográficas

(1) Nania, L., Molero, E. 2007. Manual básico Hec-Ras, Hec-GeoRas. Universidad de Granada. Área de Ingeniería Hidráulica y Área de Urbanismo y Ordenación del Territorio.
(2) FAO. 1976. Índices utilizados para la determinación de resistencia a la erosión.
(3) Expósito Paje, S. Legislación y normativa de ruido ambiental. Escuela T. S. de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos, Universidad de CLM, Ciudad Real.

# Bloque VII:

# Energías renovables

# Impactos socioambientales de la energía eólica y desequilibrio territorial

## *Socio-environmental Impacts of Wind Energy and the Lack of Territorial Balance*

**J. MARTÍNEZ SÁNCHEZ**
Centro Internacional de Estudios de Derecho Ambiental
(CIEDA-CIEMAT), Soria

## 1. Introducción. La nueva colonización industrial del medio rural: los parques eólicos

El viento es un recurso que ha sido explotado tradicionalmente por el hombre. El recurso ha formado parte del desarrollo de las sociedades y los territorios –preferentemente rurales– donde se asentaba, induciendo paralelamente mejoras tecnológicas de explotación.

La producción energética eólica es irregular en el territorio, dependiendo esto de la territorialidad, del potencial, del recurso viento y de las características sociales, económicas, naturales, jurídicas y de ocupación del suelo de cada zona. Estos condicionantes suelen señalar a las zonas rurales como las áreas más aptas para las instalaciones eólicas y efectivamente las CC.AA. con más extensión de áreas rurales (Castilla-La Mancha, Castilla y León, Galicia, Aragón…) poseen mayor producción energética eólica (Figura 1).

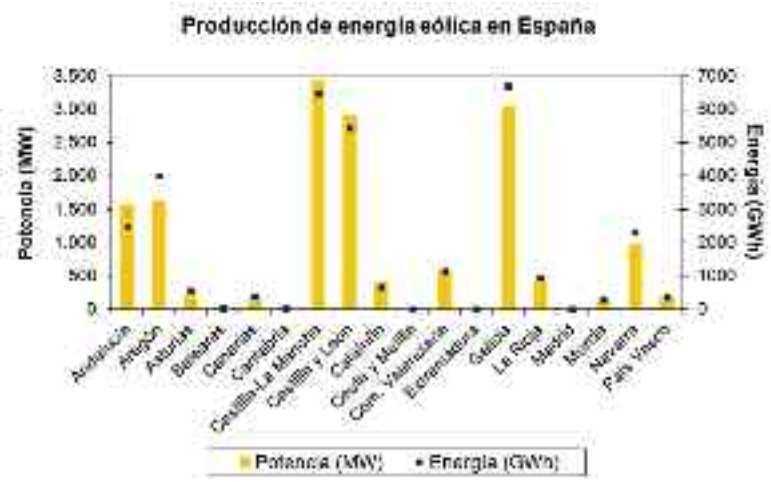



*Figura 1. Producción de energía eólica de las Comunidades Autónomas españolas según potencia instalada (MW) y energía producida (GWh) [1] [2]*

Las instalaciones eólicas gozan de ayudas públicas justificadas por los beneficios socioambientales que son atribuidos a este tipo de energía. Es por ello necesario, y objetivo de este trabajo, conocer cuáles son los impactos socioambientales positivos y negativos de las diferentes fases de la explotación energética eólica. Asimismo, la distribución preferente en zonas rurales de las instalaciones eólicas, hace necesario el estudio de la influencia territorial y la discusión acerca de su incidencia en el proceso de desequilibrio territorial del territorio español.

## 2. Metodología

El estudio se define como la relación entre los impactos que genera la actividad energética eólica y el modo de extensión territorial en el que inciden estos impactos. Se plantea así el análisis de la territorialidad en la producción energética eólica y de algunos indicadores como la generación de empleo, y se enlaza ésta con la distinta distribución que poseen los impactos socioambientales, siguiendo las conclusiones obtenidas por diversos trabajos.

Asimismo, se plantea una discusión sobre la afección de estos impactos en las sociedades de la zona de influencia de las instalaciones eólicas, la consideración del aspecto territorial en los proyectos eólicos y la posible incidencia de los parques eólicos sobre el desequilibrio territorial y la emigración rural.

## 3. Resultados y discusión

### 3.1. Territorialización de impactos ambientales

La energía eólica ha sido señalada como una importante alternativa frente al cambio climático. La disminución de la emisión de GEI reduciría los efectos del cambio climático generando efectos beneficiosos sobre distintos factores ambientales, si bien la obtención de estos beneficios sólo sucedería si existe sustitución del uso de recursos no renovables, lo cual no suele ocurrir. Además, estos beneficios ambientales beneficiarían a la totalidad de la sociedad, dado el impacto global del efecto invernadero.

Las instalaciones eólicas van asimismo ligadas a diversos impactos ambientales negativos sobre el medio ambiente local y, más concretamente, sobre la biodiversidad, el suelo, el paisaje o la salud humana. Este impacto si bien suele ser inferior al de otras fuentes de energía, tiene un mayor carácter territorial debido a la distribución dispersa de las instalaciones (3).

Los impactos se suelen centrar en la vida operacional del parque eólico (incluida su instalación), aunque también pueden ser importantes en otras fases del sistema de producción; anteriores (investigación, obtención de materias primas, fabricación…) o posteriores (desmantelación y restauración).

La territorialidad del recurso explotado limita los impactos negativos de las instalaciones a las zonas aptas para su aprovechamiento eólico, produciéndose

una “saturación” en los enclaves idóneos que, además, suelen coincidir con entornos de grandes valores ambientales y paisajísticos, más frágiles y susceptibles de sufrir grandes efectos. Asimismo, el desarrollo económico territorial inducido por las explotaciones eólicas podría producir mayores impactos locales. Los impactos de la fase previa a la explotación suelen efectuarse en zonas distantes del área de influencia de la instalación, generando impactos que afectarían por tanto a territorios distintos. Otros impactos ambientales ligados al cambio de la política energética, como la incidencia en la seguridad alimentaria, tendrían sin embargo un impacto más global, si bien son reducidos en el caso de la energía eólica.

Estos perjuicios ambientales se centran, principalmente, en determinados territorios y en un sector social concreto (la población rural), aunque debieran considerarse una pérdida colectiva, si bien las sociedades rurales no obtienen, en principio, mayores cotas de beneficio ambiental que el resto de la sociedad. Se produce así una “globalización” de beneficios ambientales frente a una “territorialización” de perjuicios ambientales para zonas rurales.

El análisis de los impactos ambientales de las instalaciones eólicas se limita básicamente al instrumento reglado de Evaluación de Impacto Ambiental, siendo escasa la consideración de la distribución territorial dentro de la planificación energético-industrial, e incluso en la propia planificación territorial.

## 3.2. Distribución de los impactos sociales

### *3.2.1. Generalización de los impactos sociales del cambio de modelo energético*

Existe una amplia variedad de beneficios sociales obtenidos de mejoras ligadas al desarrollo de la energía “verde” en dos aspectos principales:

- Mayor legado de recursos a las generaciones venideras y, por tanto, mayores posibilidades futuras de calidad de vida.
- Disminución de problemas ambientales de distinto tipo, entre las que cabe señalar el cambio climático y los efectos de la contaminación en la salud y la biodiversidad, aportando a la sociedad considerables beneficios socioeconómicos:
  - Menor gasto en remediación de efectos ambientales
  - Menor reducción de los recursos explotables y de la capacidad de producción
  - Fomento de actitudes conservacionistas
  - Apoyo a la inversión en I+D
  - Importancia geopolítica en la independencia energética

Estos impactos socioeconómicos positivos favorecerían, en general, a la totalidad o a una amplia parte de la sociedad. La población rural sólo se vería fa-

vorecida por estos beneficios socioeconómicos en la misma medida, o de forma ligeramente superior (debido a la mayor relación existente entre la población rural y las zonas naturales), que la población urbana.

### *3.2.2. Nuevos servicios sociales en el medio rural*

La energía eólica podría desempeñar un papel importante en la aportación de nuevos servicios e infraestructuras en el medio rural y aliviar las deficiencias en electrificación de zonas rurales aisladas, favoreciendo la creación de sinergias territoriales que ayuden en la recuperación de población rural (4).

El dinero de cánones, impuestos y arrendamientos de tierras ligado a los parques eólicos puede tener efectos de desarrollo de nuevos servicios, sobre todo si va a parar a la administración pública y ésta implementa adecuados planes de desarrollo o compensación. En ello influyen otros factores de organización sociopolítica y territorial que interfieren en la gestión de la instalación del parque eólico, además de las características de la instalación energética.

La mejora de servicios puede tener un origen directo ligado a las nuevas infraestructuras necesarias para la explotación energética, semidirecto cuando los nuevos servicios son generados a partir de los ingresos aportados por la instalación eólica, o indirectos, si proceden de la dinámica económica territorial generada por la instalación del parque eólico.

### *3.2.3. El nuevo empleo eólico*

La implantación de un nuevo activo económico como la explotación eólica, permite diversificar la economía, incrementando el número de nichos de trabajo y consecuentemente el número total de empleos (5). Son diversos los factores que condicionan la creación de empleo en energía eólica, incidiendo en ello la situación territorial del emplazamiento y con ello el potencial energético eólico; la estructura empresarial y profesional y el grado de madurez tecnológica que exista en el sector; y el tipo de regulación administrativa del sector y la seguridad en la comercialización energética (6).

Las nuevas demandas de capital laboral aparecen ligadas a la construcción, instalación y mantenimiento de las instalaciones eólicas, aunque también en las industrias adyacentes y al desarrollo de los estudios complementarios. El empleo más ligado a la población local es el del montaje y, sobre todo, mantenimiento del parque eólico (7), que en términos generales suele generar una menor cantidad de empleo. Asimismo, el empleo ligado a la construcción de los aerogeneradores está polarizado en ciertas zonas del territorio, en algunos casos rurales, pero no en las zonas donde se instala el parque eólico.

El empleo del subsector eólico ha adquirido gran importancia en España en los últimos tiempos (32.906 empleos en eólica -36,97%- en 2007) (8), obteniendo un promedio aproximado de 4,847 empleos/MW (4,521 en C+I y 0,331 en O+M),

según varios estudios (9). Las altas cuantías monetarias destinadas a las ayudas al sector, han llevado a plantear la existencia de un alto coste de oportunidad de las ayudas públicas (10). Sin embargo, la consideración de otros beneficios socioambientales ligados a las energías renovables apuntaba hacia la eficacia social de dichas ayudas (11) (12).

La mayor parte del "empleo renovable" se concentra en las regiones con mayor importancia urbana -Madrid y Cataluña- al absorber gran parte del trabajo administrativo e ingenieril, no correspondiéndose con las zonas de mayor producción energética renovable. Esta situación supone un desacoplamiento territorial entre producción energética renovable y generación de empleo, siendo las regiones más rurales (con un mayor carácter productor) las más desfavorecidas en este contexto (Figura 2) (13).

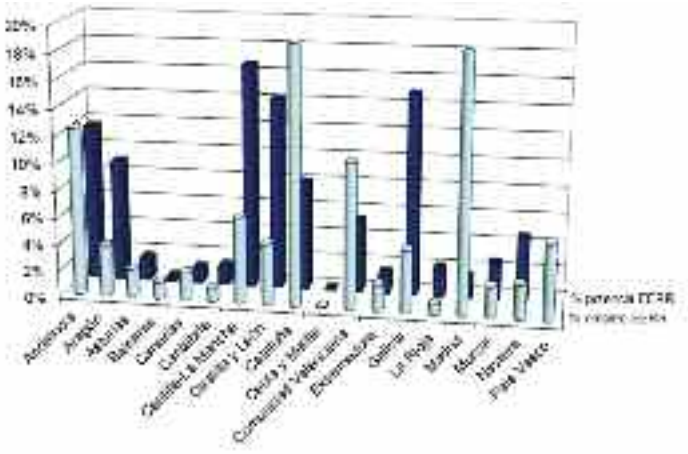


*Figura 2. Comparación entre los porcentajes de potencia instalada y de empleo generados para el sector de las energías renovables en 2008 [14] [15]*

La contribución al desarrollo de las zonas de influencia de las instalaciones eólicas no depende solamente del número de empleos generados. Es necesario aplicar ciertas consideraciones a esta relación, definiendo ciertos aspectos por su incidencia social real dentro del contexto territorial donde se aloja:

- Imbricación del proyecto energético en el tejido productivo local.
  - Servicios y actividades realizados por empresas locales.
  - Posibles sinergias con otras actividades.
  - Posibilidad de actividades secundarias "complemento de renta" de los empleados eólicos del medio rural, principalmente en agricultura y ganadería.

- Formación laboral demandada.
  - Formación complementaria aportada por la empresa eólica.
  - Desacople entre la alta formación exigida en muchos empleos eólicos (15) y el menor nivel formativo de la población rural (16).
  - Adaptación de la formación de la población local a estos nuevos nichos de empleo.
- Estabilidad laboral de los empleos
  - Principal tipo de contratación a tiempo completo, con gran porcentaje de contratos fijos (15). Mayor carácter eventual y rentas limitadas a un tiempo determinado en las fases de construcción e instalación; mayor número de contratos indefinidos en la fase de operación y mantenimiento (17).
  - Dependencia del sector a las ayudas públicas y la regulación del mercado energético, aportando cierta inestabilidad principalmente en nuevos proyectos y en menor medida al mantenimiento de los ya existentes (nicho principal de empleo de las sociedades rurales) (18)
- Cohesión y estabilidad social ligada al empleo.
  - Mejora de la estabilidad del mercado laboral de la zona y la calidad y continuidad del empleo de otros sectores (6).
  - Reabsorción de empleo procedente de sectores con dificultades o con importancia territorial estratégica (cereal en Castilla, etc.) (19).
  - Empleo en grupos sociales clave del medio rural como el juvenil o el femenino (17).

## 4. Conclusiones

La llegada de un nuevo activo industrial como la energía eólica, necesitado de los recursos del medio rural, aparece como una oportunidad socioeconómica para estos territorios. No obstante, se observa un desacoplamiento territorial entre los impactos socioambientales negativos y positivos de los parques eólicos, ya que mientras los impactos negativos de éstos afectan principalmente a las zonas receptoras de la instalación, los positivos benefician también a entornos ajenos a éste.

Esto implica un posible agrandamiento de la brecha de desarrollo existente entre ambas sociedades, suponiendo un posible coste de oportunidad para el desarrollo de las zonas receptoras de los impactos negativos. Este contexto justifica la necesidad de implantar planes de desarrollo en los entornos de aprovechamiento eólico, en la justa media de los recursos que el medio rural aporta al total de la sociedad.

## 5. Referencias bibliográficas

(1) CNE. 2009. Información básica de los sectores de la energía 2009. CNE, Madrid.
(2) IDAE. 2010. Plan de Acción Nacional de Energías Renovables (PANER) 2010-2020. Ministerio de Industria, Turismo y Comercio, Madrid.

(3) Frolova, M., Pérez Pérez, B. 2008. El desarrollo de las energías renovables y el paisaje. *Cuadernos geográficos de la Universidad de Granada,* 43: 289-310.
(4) Basosi, R., Viamaltagliati, S., Vannuccini, L. 1999. "Potentialities and development of renewable energy sources in an integrated regional system: Tuscany" *Renewable Energy,* 16: 67-73.
(5) APPA. 2009. Estudio del Impacto Macroeconómico de las Energías Renovables en España. APPA, Madrid.
(6) Faulin Fajardo, J., Lera López, F., Pintor Borobia, J. M., García Ortega, J. 2006. The outlook for renewable energy in Navarre: An economic profile. *Energy Policy*, 34: issue 15, 2.201-2.216.
(7) Míguez, J. L., López-González, L. M., Sala, J. M., Porteiro, J., Granada, E., Morána, J. C., Juárez, M. C. 2006. Review of compliance with EU-2010 targets on renewable energy in Galicia (Spain). *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 10: 225-247.
(8) ISTAS. 2008. Estudio Energías Renovables y generación de empleo en España, presente y futuro. ISTAS, Madrid.
(9) Martínez Sánchez, J. 2011. La nueva «colonización» industrial del medio rural: los parques eólicos, en Estudios sobre parques eólicos. Aranzadi, Navarra, 71-133.
(10) Calzada Álvarez, G. 2009. Study of the effects on employment of public aid to renewable energy sources. Universidad Rey Juan Carlos, Madrid.
(11) Arregui Portillo, G. *et al*., 2009. Análisis crítico del documento "Study of the effects on employment of public aid to renewables energy sources". ITSAS-CCOO, Madrid.
(12) Lantz, E., Tegen, S. 2009. NREL Response to the Report Study of the Effects on Employment of Public Aid to Renewable Energy Sources from King Juan Carlos University (Spain). National Renewable Energy Laboratory, Madrid.
(13) Míguez, J. L., López-González, L. M., Sala, J. M., Porteiro, J., Granada, E., Morána, J. C., Juárez, M. C. 2006. "Review of compliance with EU-2010 targets on renewable energy in Galicia (Spain)" *Renewable and Sustainable Energy Reviews,* 10: 225-247.
(14) REE. 2009. Informe Anual de Red Eléctrica de España 2008. REE, Madrid.
(15) Castañeda, S., García, G., Landa, L., López, I. (coord.) 2010. Informe Empleo verde en una economía sostenible. Fundación Biodiversidad y Observatorio de la Sostenibilidad en España, Madrid.
(16) Camarero Rioja, L. A. (coord.) 2009. La población rural de España: de los desequilibrios a la sostenibilidad social. Fundación La Caixa, Barcelona.
(17) del Río González, P., Burguillo Cuesta, M. 2008. Assessing the impact of renewable energy deployment on local sustainability: Towards a theoretical framework. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 12: 1.325-1.344.
(18) Hillebrand, B., Buttermann, H. G., Behringer, J. M., Bleuel, M. 2006. "The expansion of renewable energies and employment effects in Germany" *Energy Policy*, 34: 3.484-3.494.
(19) Moreno Cuartas, B., López Menéndez, A. J. 2008. The effect of renewable energy on employment. The case of Asturias (Spain). *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 12: 732-751.

# Programa de vigilancia ambiental de parques eólicos en Castilla-La Mancha

## *Environmental Monitoring of Wind Energy Plants in Castilla-La Mancha*

**M. ANDRÉS-ABELLÁN[1,2], E. MARTÍNEZ-GARCÍA[1, 2], M. E. LUCAS BORJA[1, 2], F. R. LÓPEZ-SERRANO[1, 2], F. A. GARCÍA-MOROTE[1, 2], D. CANDEL-PÉREZ[1, 2], A. S. GALÁN-CANO[3], G. MORALES CARRIÓN[4]**

[1] Departamento de Ciencia y Tecnología Agroforestal y Genética, Escuela Técnica Superior de Ingenieros Agrónomos de Albacete, Universidad de Castilla-La Mancha, Albacete.

[2] Sección de Medio Ambiente, Instituto de Investigación en Energías Renovables, Universidad de Castilla-La Mancha, Albacete.

[3] Delegación Provincial de la Consejería de Agricultura y Medio Ambiente, Junta de Comunidades de Castilla-La Mancha, Albacete.

[4] Consejería de Agricultura y Medio Ambiente, Junta de Comunidades de Castilla-La Mancha, Toledo

### Resumen

La Universidad de Castilla-La Mancha (UCLM) junto con la Consejería de Agricultura de la Junta de Comunidades de Castilla-La Mancha (JCCM), han desarrollado un Programa de Vigilancia Ambiental (PVA) genérico para Parques Eólicos, estructurado de forma análoga a la metodología empleada en la implementación y seguimiento de un Sistema de Gestión Ambiental (p.e. Norma UNE-EN ISO 14001), permitiendo así disponer de procedimientos estandarizados documentados. Dicho PVA consta principalmente de los siguientes documentos: i) Guía de seguimiento y vigilancia, ii) Ficha de control y iii) Acta de seguimiento.

### Palabras clave

Programa de Vigilancia Ambiental, parques eólicos.

## Introducción

Se define como Programa de Vigilancia Ambiental (PVA), el sistema establecido para garantizar el cumplimiento de las indicaciones y medidas preventivas, correctoras y compensatorias, contenidas en el Estudio de Impacto Ambiental (EsIA) de un proyecto o actividad (1). La legislación ambiental determina que el PVA es uno de los contenidos imprescindibles del EsIA y, posteriormente, las Declaraciones de Impacto Ambiental (DIAs) pueden establecer condiciones adi-

cionales sobre vigilancia y seguimiento, lo cual conlleva la necesidad de actualizar el PVA inicial.

La Universidad de Castilla-La Mancha junto con la Consejería de Agricultura han desarrollado el proyecto "*Los programas de vigilancia ambiental de proyectos y actividades tipo sometidas a evaluación de impacto ambiental en Castilla-La Mancha*" y han elaborado, entre otros, un Programa de Vigilancia Ambiental específico para Parques Eólicos, compuesto por una documentación similar a la que presenta un Sistema de Gestión Ambiental (SGA). Esta metodología permite mantener procedimientos documentados para medir y controlar de forma periódica, las actuaciones claves de las operaciones y actividades del proyecto de Montaje y Funcionamiento de un Parque Eólico, que puedan tener un impacto significativo en el medio ambiente. Además, se incluye el registro de la información para seguir el desempeño, los controles operacionales pertinentes y la conformidad con las medidas establecidas en el PVA.

## Material y métodos

Con el desarrollo del citado proyecto, se pretendía analizar la situación actual de diferentes proyectos sometidos a EIA en Castilla- La Mancha, tanto a nivel de Estudio de Impacto Ambiental (EsIA) como a nivel de Declaración de Impacto Ambiental (DIA), con el fin de hacer un diagnóstico de sus correspondientes Programas de Vigilancia Ambiental (PVA). En conjunto, se analizaron los siguientes proyectos tipo: 1) Parques Eólicos, 2) Líneas Eléctricas, 3) Actividades Extractivas, 4) Plantas Fotovoltaicas, 5) Centrales Solares Termoeléctricas, 6) Explotaciones Porcinas y 7) Polígonos Industriales.

Para ello, en primer lugar, se recopiló información de las diferentes Delegaciones Provinciales y Servicios de Calidad e Impacto Ambiental de las 5 provincias de Castilla-La Mancha. Concretamente, se seleccionaron los 7 proyectos tipo descritos anteriormente, analizando para cada uno de ellos, 5 EsIA y sus correspondientes 5 DIA. Paralelamente, también se revisó un número variable de DIA para cada uno de los proyectos tipo (>10). En segundo lugar, con la información recabada, se realizó un trabajo de gabinete, mediante el cual se elaboraron procedimientos, manuales y fichas técnicas de control, tras la identificación de indicadores de impacto e indicadores de seguimiento y control ambiental de cada uno de los citados proyectos.

De este modo, se desarrolló, para cada uno de los 7 proyectos tipo analizados, un programa de vigilancia ambiental (PVA), con el objetivo de disponer de un referente que facilite la correcta aplicación de la legislación, aportando prescripciones técnicas sobre objetivos, técnicas y procedimientos para evaluar la efectividad de las medidas preventivas y correctoras establecidas en relación con los diferentes proyectos y actividades tipo sometidas a EIA en Castilla-La Mancha (1). Así, el PVA planteado se desarrolla de forma análoga a la metodología de monitorización y seguimiento de un Sistema de Gestión Ambiental (p.e. Norma UNE-EN ISO 14001), manteniéndose procedimientos documentados

para medir y monitorear de forma periódica, las actuaciones claves de las operaciones y actividades del proyecto que puedan tener un impacto significativo en el medio ambiente. Además, se incluye el registro de la información para seguir el desempeño, los controles operacionales pertinentes y la conformidad con las medidas establecidas en el PVA. De este modo, la estructura genérica del Sistema de Control Ambiental del PVA que se plantea, consta de los siguientes documentos: 1) "*Guía de Seguimiento y Vigilancia*", 2) "*Ficha de Control*" y 3) "*Acta de Seguimiento*".

La "*Guía de Seguimiento y Vigilancia*" es el documento principal del PVA, mediante el cuál se llevará a cabo el seguimiento y supervisión ambiental durante las fases de construcción y funcionamiento del proyecto. Este documento incluye la información necesaria, así como la forma de obtenerla e interpretarla, para la realización del conjunto de análisis, toma de datos y comprobaciones, que permitan revisar la evolución de los valores que toman los parámetros ambientales y de los que se admitieron para la implantación del proyecto, tanto durante la fase de construcción como en la de funcionamiento (1). A partir de la información desarrollada en la "Guía de Seguimiento y Vigilancia", se desarrolla la "*Ficha de Control*" que sirve como formulario de campo para evaluar la correcta ejecución del PVA, en las fases de construcción y funcionamiento del mismo. A partir de la información obtenida de la "*Ficha de Control*" se logran identificar los aspectos e impactos de mayor riesgo que pudieran afectar negativamente el equilibrio y entorno ambiental del área donde se están realizando las actividades. Estos aspectos se identifican mediante los parámetros de control que se ejecutan negativamente, para los cuales es necesaria la implantación de una o varias medidas correctoras que solucionen el problema, recopiladas en un "*Acta de Seguimiento*", en la cual se detalle el proceso corrector.

La información contenida en la "*Guía de Seguimiento y Vigilancia*" se desarrolla mediante el análisis de un total de 13 *Factores*, divididos en 10 factores ambientales y 3 factores de gestión, respectivamente. Dichos factores son: 1) Protección de la calidad del aire y atmósfera, 2) Protección del suelo, 3) Protección de la calidad de las aguas superficiales y subterráneas, 4) Protección de la vegetación, 5) Protección de la fauna, 6) Protección del paisaje, 7) Protección del patrimonio cultural, 8) Aceptación social del proyecto, 9) Gestión de residuos y vertidos, 10) Protección de infraestructuras, 11) Formación ambiental y 12) Medidas compensatorias. A su vez, cada uno de estos *Factores* está compuesto por un número variable de *Actuaciones a Controlar*, que definen los elementos de interés en los que se centra el seguimiento y la vigilancia. Cada una de estas *Actuaciones a Controlar* está estructurada como se detalla a continuación:

- *Fase*: Identifica la etapa de ejecución en la que se encuentra el proyecto, diferenciando entre fase de construcción y fase de funcionamiento.
- *Indicadores*: Variable o variables que pueden ser medidas o registradas, y en las cuales se propone centrar el análisis para la evaluación de la efectividad de las medidas adoptadas.

- *Frecuencia*: Señala la periodicidad con la que se deben efectuar el seguimiento de la *Actuación a Controlar*, con indicación de recomendaciones de distintas frecuencias en relación con el nivel de exigencia del seguimiento.
- *Momento de análisis*: Identifica la periodicidad con la que deben realizarse los informes ambientales, siempre que sea necesario.
- *Controles*: Se exponen los parámetros ambientales que deben ser evaluados para la consecución de los objetivos marcados en el seguimiento y la vigilancia de la *Actuación a Controlar*.
- *Acciones correctoras*: Ante un incumplimiento de los controles definidos con anterioridad, se aplicarán una serie de medidas correctoras, con el fin de solucionar la desviación encontrada.
- *Registros*: Se identificará todas aquellas evidencias documentales asociadas a cada *Actuación a Controlar*, con el fin de corroborar la correcta ejecución y desarrollo del PVA.

A su vez, la "*Ficha de Control*", al igual que la "*Guía de seguimiento y vigilancia*" esta compuesta por los mismos *Factores* y *Actuaciones a controlar* establecidos anteriormente. Cada actuación está compuesta por una serie de *Parámetros de Control*, de carácter cualitativo (respuesta afirmativa/negativa) y/o cuantitativo, así como por una demarcación que permitirá identificar (si es necesario) el lugar o zona de control en el cual se efectúa el seguimiento y las posibles observaciones que desee hacer constar el técnico responsable.

Paralelamente, el contenido del "*Acta de Seguimiento*" es el que se detalla a continuación:

- *Información general*: Fecha y hora de seguimiento, información del proyecto (titulo, promotor, tipo de proyecto, localización), calendario de obras, etc.
- *Descripción de la no conformidad y acciones correctoras aplicadas*: Identificación de la desviación medioambiental (no conformidad) detectada para cada uno de las *Actuaciones a Controlar*, enumerando las acciones correctoras aplicables para su modificación.
- *Seguimiento fotográfico*: Se efectuará un seguimiento fotográfico de la desviación medioambiental detectada, diferenciando 3 fases: momento en que se detecta la no conformidad, acciones correctoras aplicadas y situación final.

## Resultados

En el caso de los proyectos de Parques Eólicos, el Sistema de Control Ambiental del PVA desarrollado presenta un total de 45 *Actuaciones a Controlar*, compuestas por 243 *Parámetros de Control*. En la Tabla 1 se detallan dichas Actuaciones.

*Tabla 1. Número de Actuaciones a Controlar y Parámetros de Control de un Parque Eólico*

| **1. PROTECCIÓN DE LA CALIDAD DEL AIRE Y ATMÓSFERA** | **Nº de Parámetros** |
|---|---|
| 1. RIEGO PERIÓDICO DE LA ZONA DE OBRAS Y PISTAS DE TRÁNSITO DE VEHÍCULOS Y DE ZONA DE ACOPIOS DE MATERIAL | 6 |
| 2. CUBRIMIENTO DE LOS CAMIONES DE TRANSPORTE DE MATERIAL CON LONAS | 3 |
| 3. ADECUACIÓN DE LA VELOCIDAD DE LOS VEHÍCULOS Y MAQUINARIA | 2 |
| 4. EVITAR LAS LABORES DE TRABAJO EN CONDICIONES DESFAVORABLES | 3 |
| 5. PROGRAMACIÓN ADECUADA DE LOS TRABAJOS | 2 |
| 6. CONTROL DE LOS NIVELES DE EMISIÓN DE GASES Y RUIDOS | 3 |
| 7. ESTUDIO ACÚSTICO DE LOS NIVELES DE RUIDO GENERADOS | 9 |
| 8. CONTROL DE LOS NIVELES DE EMISIÓN LUMINOSA | 8 |
| 9. CONTROL DE LA VIBRACIÓN Y ONDA AÉREA GENERADA POR LAS VOLADURAS | 4 |
| **2. PROTECCIÓN DEL SUELO** | **Nº de Parámetros** |
| 1. CONTROL DEL BALIZAMIENTO | 4 |
| 2. GESTIÓN DE LA TIERRA VEGETAL | 7 |
| 3. USO DE LA TIERRA VEGETAL EXTRAÍDA | 3 |
| 4. ALMACENAMIENTO ADECUADO DE MATERIALES | 3 |
| 5. CONTROL DE LA UBICACIÓN DE LOS ACOPIOS | 4 |
| 6. RESTAURACIÓN EDÁFICA | 8 |
| 7. GESTIÓN DE SUELOS CONTAMINADOS | 5 |
| 8. MINIMIZAR EL MOVIMIENTO DE TIERRAS | 7 |
| 9. ZONAS DE PRÉSTAMO PARA EXTRACCIONES DE ÁRIDOS | 4 |
| 10. CORRECTA REALIZACIÓN DE ZANJAS | 2 |
| 11. PREVENCIÓN DE ESCORRENTÍAS | 7 |
| 12. CIRCULACIÓN DE VEHÍCULOS | 2 |
| **3. PROTECCIÓN DE LA CALIDAD DE LAS AGUAS SUPERF. Y SUBT.** | **Nº de Parámetros** |
| 1. CONTROL DE LA RED DE DRENAJE | 8 |
| 2. CONTROL DE LAS LABORES DE MANTENIMIENTO EN OBRA DE MAQUINARIA Y LIMPIEZA DE HORMIGONERAS | 5 |
| 3. EVITAR ACCIONES QUE PUEDAN AFECTAR A LA CALIDAD DE LAS AGUAS | 2 |
| 4. ACTUACIONES EN ZONA DE DOMINIO PÚBLICO HIDRÁULICO | 3 |
| 5. CORRECTA LOCALIZACIÓN DE LOS AEROGENERADORES | 3 |
| **4. PROTECCIÓN DE LA VEGETACIÓN** | **Nº de Parámetros** |
| 1. PROTECCIÓN DE LA VEGETACIÓN NATURAL EXISTENTE EN EL ENTORNO | 7 |
| 2. RESPETO DE LA VEGETACIÓN DE INTERÉS PREEXISTENTE | 10 |
| **5. PROTECCIÓN DE LA FAUNA** | **Nº de Parámetros** |
| 1. CORRECTA LOCALIZACIÓN DE LOS AEROGENERADORES | 5 |
| 2. REDUCCIÓN DEL RIESGO DE ELECTROCUCIÓN O CHOQUE DE AVES CON LA LÍNEA ELÉCTRICA DE EVACUACIÓN | 6 |
| 3. ALTERACIÓN DEL HÁBITAT Y COMPORTAMIENTO DE LA FAUNA PRESENTE EN LA ZONA | 9 |
| **6. PROTECCIÓN DEL PAISAJE** | **Nº de Parámetros** |
| 1. ADECUACIÓN PAISAJÍSTICA | 8 |
| 2. CONTROL DE LA RESTAURACIÓN VEGETAL | 14 |
| **7. PROTECCIÓN DEL PATRIMONIO CULTURAL** | **Nº de Parámetros** |
| 1. CONTROL Y SEGUIMIENTO ARQUEOLÓGICO | 3 |
| 2. AFECCIÓN A BIENES DE DOMINIO PÚBLICO | 6 |
| **8. ACEPTACIÓN SOCIAL DEL PROYECTO** | **Nº de Parámetros** |
| 1. ACEPTACIÓN SOCIAL DEL PROYECTO | 2 |

*Tabla 1 (Continuación). Número de Actuaciones a Controlar y Parámetros de Control de un Parque Eólico*

| **9. GESTIÓN DE RESIDUOS Y VERTIDOS** | **Nº de Parámetros** |
|---|---|
| 1. GESTIÓN DE LOS RESIDUOS PELIGROSOS | 14 |
| 2. GESTIÓN DE LOS RESIDUOS URBANOS | 11 |
| 3. GESTIÓN DE LOS RESIDUOS INERTES | 12 |
| **10. PROTECCIÓN DE INFRAESTRUCTURAS** | **Nº de Parámetros** |
| 1. EVITAR LA AFECCIÓN EN LAS COMUNICACIONES DE LA ZONA | 2 |
| 2. RESTITUCIÓN DE SERVICIOS Y SERVIDUMBRES AFECTADAS | 2 |
| 3. PROTECCIÓN SANITARIA FRENTE A EMISIONES RADIOELÉCTRICAS | 4 |
| **11. FORMACIÓN AMBIENTAL** | **Nº de Parámetros** |
| 1. FORMACIÓN AMBIENTAL DE LOS TRABAJADORES | 3 |
| 2. PREVENCIÓN Y EXTINCIÓN DE INCENDIOS | 6 |
| **12. MEDIDAS COMPENSATORIAS** | **Nº de Parámetros** |
| 1. APLICACIÓN DE MEDIDAS COMPENSATORIAS | 2 |

Tal y como puede observarse en la Tabla anterior, los *Factores* "Protección de la Calidad del Aire y Atmósfera", "Protección del Suelo" y "Protección de la Calidad de las Aguas Superficiales y Subterráneas" son los que presentan un mayor número de *Actuaciones a Controlar*, así como de *Parámetros de Control*, por lo que podrían considerarse (como era de suponer) como los aquellos *Factores* sobre los que se centra en mayor medida el Sistema de Control del PVA desarrollado para Parques Eólicos. Si bien, existen otros *Factores*, tales como la "Protección de la Vegetación", "Protección del Paisaje" y la "Gestión de Residuos y Vertidos" que aun presentando menos *Actuaciones a Controlar*, destacan por el elevado número de *Parámetros de Control* que presentan. El *Factor* "Medidas Compensatorias" permite la evaluación de la aplicación de dichas medidas, tanto en la construcción como durante el funcionamiento, desde el punto de vista del control de su ejecución en campo, como de la documentación asociada a las mismas.

## Discusión y conclusiones

La metodología desarrollada, ha permitido ordenar y canalizar toda la información disponible, en protocolos estandarizados y documentados para medir y monitorear de forma periódica las actuaciones claves del proyecto de Montaje y Funcionamiento de un Parque Eólico, agilizando procedimientos y evaluando con más objetividad y rigor los impactos ambientales de dicho proyecto tipo. El trabajo desarrollado, permite avanzar en la elaboración de nuevas metodologías de aplicación en el seguimiento y vigilancia de proyectos y actividades tipo, sometidas al procedimiento de EIA.

## Referencias bibliográficas

(1) Junta de Comunidades de Castilla-La Mancha (JCCM). 2011. Guía orientativa sobre evaluación, seguimiento y vigilancia de impacto ambiental en Castilla-La Mancha. Albacete.

# Programa de vigilancia ambiental de plantas fotovoltaicas en Castilla-La Mancha

## *Environmental Monitoring of Photovoltaic Plants in Castilla-La Mancha*

**M. ANDRÉS-ABELLÁN[1,2], E. MARTÍNEZ-GARCÍA[1, 2], M. E. LUCAS BORJA[1, 2], F. R. LÓPEZ-SERRANO[1, 2], F. A. GARCÍA-MOROTE[1, 2], D. CANDEL-PÉREZ[1, 2], A. S. GALÁN-CANO[3], G. MORALES CARRIÓN[4]**

[1] Departamento de Ciencia y Tecnología Agroforestal y Genética, Escuela Técnica Superior de Ingenieros Agrónomos de Albacete, Universidad de Castilla-La Mancha, Albacete.

[2] Sección de Medio Ambiente, Instituto de Investigación en Energías Renovables, Universidad de Castilla-La Mancha, Albacete.

[3] Delegación Provincial de la Consejería de Agricultura y Medio Ambiente, Junta de Comunidades de Castilla-La Mancha, Albacete.

[4] Consejería de Agricultura y Medio Ambiente, Junta de Comunidades de Castilla-La Mancha, Toledo

### Resumen

La Universidad de Castilla-La Mancha (UCLM) y la Consejería de Agricultura de la Junta de Comunidades de Castilla-La Mancha (JCCM) han abordado el diagnóstico de varios Programas de Vigilancia Ambiental (PVAs) de distintos proyectos tipo, a partir del cual se muestra en este trabajo, el Programa de Vigilancia Ambiental genérico elaborado para Plantas Fotovoltaicas. La estructura de dicho PVA, sigue la metodología de aplicación y seguimiento de un Sistema de Gestión Ambiental (SGA), presentando los siguientes documentos: i) Guía de seguimiento y vigilancia, ii) Ficha de control y iii) Acta de seguimiento.

### Palabras clave

Programa de Vigilancia Ambiental, plantas fotovoltaicas.

## Introducción

El Programa de Vigilancia Ambiental (PVA) o sistema establecido para garantizar el cumplimiento de las indicaciones y medidas preventivas, correctoras y compensatorias, contenidas en el Estudio de Impacto Ambiental (EsIA) de un proyecto o actividad, es imprescindible y fundamental para una buena integración y seguimiento ambiental de los proyectos.

Si bien dentro del estudio realizado por la Universidad Regional (UCLM) y la Consejería de Agricultura (JCCM) sobre los PVAs de proyectos sometidos a evaluación de impacto ambiental en Castilla-La Mancha, en el cual se hace un diagnóstico de algunos Programas de Vigilancia Ambiental de distintos proyectos tipo, se desarrolla un Programa de Vigilancia Ambiental genérico y específico para Plantas Fotovoltaicas. Dicho PVA posee unos procedimientos generales y una documentación similar a la que presenta un Sistema de Gestión Ambiental (SGA).

Dicha metodología permite establecer unos mecanismos de seguimiento, vigilancia y medición periódica de las operaciones y actuaciones claves del proyecto de montaje y funcionamiento de una Planta Fotovoltaica que puedan tener un impacto significativo en el medio ambiente. Además, dichos procedimientos permiten incluir el registro de la información para seguir el desempeño, los controles operacionales pertinentes y la conformidad con las medidas establecidas en el PVA.

## Material y métodos

Con el desarrollo del proyecto "*Los programas de seguimiento y vigilancia ambiental" de proyectos y actividades tipo sometidos a evaluación de impacto ambiental en Castilla-La Mancha*", se pretendía analizar la situación actual de diferentes proyectos sometidos a EIA en Castilla-La Mancha, a nivel de Estudio de Impacto Ambiental (EsIA) y a nivel de Declaración de Impacto Ambiental (DIA), con el fin de hacer un diagnóstico de sus correspondientes Programas de Vigilancia Ambiental (PVA).

Así, se elaboró, para cada uno de los 7 proyectos tipo analizados (i) Parques Eólicos, ii) Líneas Eléctricas, iii) Actividades Extractivas, iv) Plantas Fotovoltaicas, v) Centrales Solares Termoeléctricas, vi) Explotaciones Porcinas y vii) Polígonos Industriales), un programa de vigilancia ambiental (PVA), con el objetivo de disponer de un referente que facilite la correcta aplicación de la legislación, aportando prescripciones técnicas sobre objetivos, técnicas y procedimientos para evaluar la efectividad de las medidas preventivas y correctoras establecidas en relación con los diferentes proyectos y actividades tipo sometidas a EIA en Castilla-La Mancha (1). Así, el PVA elaborado para una Planta Fotovoltaica (al igual que el resto de PVAs desarrollados) se desarrolla de forma análoga a la metodología de monitorización y seguimiento de un Sistema de Gestión Ambiental (p.e. Norma UNE-EN ISO 14001), compuesto por procedimientos y registros documentados. De este modo, la estructura genérica del Sistema de Control Ambiental del PVA que se plantea, consta de los siguientes documentos: 1) "*Guía de Seguimiento y Vigilancia*", 2) "*Ficha de Control*" y 3) "*Acta de Seguimiento*".

La "*Guía de Seguimiento y Vigilancia*" es el documento principal del PVA, mediante el cuál se llevará a cabo el seguimiento y supervisión ambiental durante las fases de construcción y funcionamiento del proyecto. Este documento incluye la información necesaria, así como la forma de obtenerla e interpretarla, que permita la realización del conjunto de análisis, toma de datos y comprobaciones, a partir de la cual se revisará la evolución de los valores que toman los paráme-

tros ambientales y de los que se admitieron para la implantación del proyecto, tanto durante la fase de construcción como en la de funcionamiento (1). Dicha información se desarrolla mediante el análisis de un total de 13 *Factores* (10 factores ambientales y 3 factores de gestión). A su vez, cada uno de estos *Factores* está compuesto por un número variable de *Actuaciones a Controlar*, que definen los elementos de interés en los que se centra el seguimiento y la vigilancia. Entre ellos se encuentran los *Parámetros de Control*, siendo aquellos parámetros ambientales que deben ser evaluados para obtener una correcta consecución de los objetivos marcados en el seguimiento y la vigilancia de la Actuación a Controlar.

A partir de la información desarrollada en el documento anterior, se desarrolla la "*Ficha de Control*" que sirve como formulario de campo para evaluar la correcta ejecución del PVA, en la construcción como durante el funcionamiento del mismo. A partir de esta metodología de evaluación en campo, se logran identificar los aspectos e impactos de mayor riesgo que pudieran afectar negativamente el equilibrio y entorno ambiental del área donde se están realizando las actividades. Estos aspectos se identifican mediante los parámetros de control que se ejecutan negativamente, para los cuales es necesaria la implantación de una o varias medidas correctoras que solucionen el problema, recopiladas en un "*Acta de Seguimiento*", en la cual se detalle el proceso corrector.

Ver el apartado de "Material y Métodos" de la comunicación "*Programa de vigilancia ambiental de parques eólicos en Castilla-La Mancha*", para obtener más información sobre la estructura genérica y el desarrollo de la información de los PVAs desarrollados para el conjunto de los 7 proyectos tipo analizados.

## Resultados

En el caso de los proyectos de Plantas Fotovoltaicas, el Sistema de Control Ambiental del PVA desarrollado posee un total de 39 *Actuaciones a Controlar*, compuestas por 232 *Parámetros de Control*. En la Tabla 1 se detallan dichas Actuaciones.

Tal y como puede observarse en la Tabla, los *Factores* "Protección de la Calidad del Aire y Atmósfera" y "Protección del Suelo" son los que presentan un mayor número de *Actuaciones a Controlar*, así como de *Parámetros de Control*, por lo que podrían considerarse como aquellos sobre los que se centra principalmente el Sistema de Control Ambiental del PVA desarrollado para Plantas Fotovoltaicas. No obstante, existen otros *Factores*, tales como la "Protección de la Fauna", "Protección del Paisaje" y la "Gestión de Residuos y Vertidos" que aun presentando menos *Actuaciones a Controlar*, destacan por el elevado número de *Parámetros de Control* que presentan. Paralelamente, se ha considerado oportuna la inclusión en el Sistema de Control desarrollado, de una serie de *Factores* tales como la "Aceptación Social del Proyecto" y la "Formación Ambiental", que aun presentando un escaso número de *Parámetros* y *Actuaciones*, se consideró adecuado incluirlos, ya que presentan una especial relevancia que debe tenerse en cuenta en la aplicación de nuevas metodologías de seguimiento y vigilancia de los PVAs.

*Tabla 1. Número de Actuaciones a Controlar y Parámetros de Control de una Planta Fotovoltaica*

| **1. PROTECCIÓN DE LA CALIDAD DEL AIRE Y ATMÓSFERA** | **Nº de Parámetros** |
|---|---|
| 1. RIEGO PERIÓDICO DE LA ZONA DE OBRAS Y PISTAS DE TRÁNSITO DE VEHÍCULOS Y DE ZONA DE ACOPIOS DE MATERIAL | 7 |
| 2. CUBRIMIENTO DE LOS CAMIONES DE TRANSPORTE DE MATERIAL CON LONAS | 3 |
| 3. ADECUACIÓN DE LA VELOCIDAD DE LOS VEHÍCULOS Y MAQUINARIA | 2 |
| 4. EVITAR LAS LABORES DE TRABAJO EN CONDICIONES DESFAVORABLES | 3 |
| 5. PROGRAMACIÓN ADECUADA DE LOS TRABAJOS | 2 |
| 6. CONTROL DE LOS NIVELES DE EMISIÓN DE GASES Y RUIDOS | 3 |
| **2. PROTECCIÓN DEL SUELO** | **Nº de Parámetros** |
| 1. CONTROL DEL BALIZAMIENTO | 4 |
| 2. GESTIÓN DE LA TIERRA VEGETAL | 8 |
| 3. USO DE LA TIERRA VEGETAL EXTRAÍDA | 3 |
| 4. ALMACENAMIENTO ADECUADO DE MATERIALES | 3 |
| 5. CONTROL DE LA UBICACIÓN DE LOS ACOPIOS | 4 |
| 6. RESTAURACIÓN EDÁFICA | 8 |
| 7. GESTIÓN DE SUELOS CONTAMINADOS | 5 |
| 8. MINIMIZAR EL MOVIMIENTO DE TIERRAS | 9 |
| 9. ZONAS DE PRÉSTAMO PARA EXTRACCIONES DE ÁRIDOS | 4 |
| 10. CORRECTA REALIZACIÓN DE ZANJAS | 2 |
| **3. PROTECCIÓN DE LA CALIDAD DE LAS AGUAS SUPERFICIALES Y SUBTERRÁNEAS** | **Nº de Parámetros** |
| 1. CONTROL DE LA RED DE DRENAJE | 7 |
| 2. CONTROL DE LAS LABORES DE MANTENIMIENTO EN OBRA DE MAQUINARIA Y LIMPIEZA DE HORMIGONERAS | 5 |
| 3. EVITAR ACCIONES QUE PUEDAN AFECTAR A LA CALIDAD DE LAS AGUAS | 2 |
| **4. PROTECCIÓN DE LA VEGETACIÓN** | **Nº de Parámetros** |
| 1. PROTECCIÓN DE LA VEGETACIÓN NATURAL EXISTENTE EN EL ENTORNO | 7 |
| 2. RESPETO DE LA VEGETACIÓN DE INTERÉS PREEXISTENTE | 10 |
| **5. PROTECCIÓN DE LA FAUNA** | **Nº de Parámetros** |
| 1. REDUCCIÓN DEL RIESGO DE ELECTROCUCIÓN O CHOQUE DE AVES CON LA LÍNEA ELÉCTRICA DE EVACUACIÓN | 13 |
| 2. ALTERACIÓN DEL HÁBITAT Y COMPORTAMIENTO DE LA FAUNA PRESENTE EN LA ZONA | 9 |
| 3. CORRECTA REALIZACIÓN DEL CERRAMIENTO PERIMETRAL | 13 |
| **6. PROTECCIÓN DEL PAISAJE** | **Nº de Parámetros** |
| 1. ADECUACIÓN PAISAJÍSTICA | 6 |
| 2. CONTROL DE LA INTEGRACIÓN PAISAJISTICA | 20 |
| **7. PROTECCIÓN DEL PATRIMONIO CULTURAL** | **Nº de Parámetros** |
| 1. CONTROL Y SEGUIMIENTO ARQUEOLÓGICO | 3 |
| 2. AFECCIÓN A BIENES DE DOMINIO PÚBLICO | 6 |
| **8. ACEPTACIÓN SOCIAL DEL PROYECTO** | **Nº de Parámetros** |
| 1. ACEPTACIÓN SOCIAL DEL PROYECTO | 2 |
| **9. GESTIÓN DE RESIDUOS Y VERTIDOS** | **Nº de Parámetros** |
| 1. GESTIÓN DE LOS RESIDUOS PELIGROSOS | 14 |
| 2. GESTIÓN DE LOS RESIDUOS URBANOS | 11 |
| 3. GESTIÓN DE LOS RESIDUOS INERTES | 12 |

*Tabla 1 (Continuación). Número de Actuaciones a Controlar y Parámetros de Control de una Planta Fotovoltaica*

| **10. PROTECCIÓN DE INFRAESTRUCTURAS** | **Nº de Parámetros** |
|---|---|
| 1. EVITAR LA AFECCIÓN EN LAS COMUNICACIONES DE LA ZONA | 2 |
| 2. RESTITUCIÓN DE SERVICIOS Y SERVIDUMBRES AFECTADAS | 2 |
| 3. MANTENIMIENTO DE DISTANCIAS DE SEGURIDAD | 3 |
| 4. PROTECCIÓN SANITARIA FRENTE A EMISIONES RADIOELÉCTRICAS | 4 |
| **11. FORMACIÓN AMBIENTAL** | **Nº de Parámetros** |
| 1. FORMACIÓN AMBIENTAL DE LOS TRABAJADORES | 3 |
| 2. PREVENCIÓN Y EXTINCIÓN DE INCENDIOS | 6 |
| **12. MEDIDAS COMPENSATORIAS** | **Nº de Parámetros** |
| 1. APLICACIÓN DE MEDIDAS COMPENSATORIAS | 2 |

## Discusión y conclusiones

La metodología desarrollada ha permitido ordenar y canalizar toda la información disponible, en protocolos estandarizados y documentados, de manera que se agilicen procedimientos y se evalúen con más objetividad y rigor los impactos ambientales del proyecto de Montaje y Funcionamiento de una Planta Fotovoltaica. El trabajo aquí mostrado, permite avanzar en el desarrollo de nuevas metodologías de aplicación en el seguimiento y vigilancia de proyectos y actividades tipo.

## Referencias bibliográficas

(1) Junta de Comunidades de Castilla-La Mancha (JCCM). 2011. Guía orientativa sobre evaluación, seguimiento y vigilancia de impacto ambiental en Castilla-La Mancha. Albacete.

# Bases para la evaluación del impacto sobre las aguas subterráneas de los vertidos procedentes de plantas termosolares

## *Basis to Assess the Impact of Effluents from Thermosolar Plants on Groundwater*

**L. MORENO MERINO**
**M. E. JIMÉNEZ HERNÁNDEZ**
**A. ROMERO PRADOS**
**A. DE LA LOSA ROMÁN**
Instituto Geológico y Minero de España (IGME), Madrid

## Introducción

La producción de energía termosolar es habitualmente considerada como una actividad esencialmente limpia en la que no se generan emisiones contaminantes. En nuestro país, la carencia de cauces superficiales adecuados ha causado que numerosas centrales termosolares empleen aguas subterráneas para su refrigeración. Pero las particularidades de la hidrodinámica subterránea hace que en este medio, no sean efectivos los procesos de dilución y mezcla que en cauces superficiales garantizan la atenuación del impacto y que por tanto, la inyección de agua salinizada o con temperaturas diferentes a las naturales en un acuífero, puedan alterar seriamente el uso actual o potencial del agua o su función ecológica. En este trabajo se presentan unos criterios básicos que han de ser tenidos en cuenta si se quiere valorar ese impacto. Dichos criterios toman como referencia la composición del agua inyectada, la naturaleza del medio receptor y el método seleccionado para la inyección del efluente en el acuífero receptor. Sobre esta base, se está elaborando una metodología que permitirá evaluar cuantitativamente el impacto de los vertidos salinizados de centrales termosolares sobre las masas de agua subterránea receptoras.

La producción de energía eléctrica termosolar, mediante el calentamiento de un fluido térmico en espejos cilindroparabólicos, iluminados por el sol, ha experimentado en España un gran incremento en los últimos años, debido fundamentalmente a la política de subvención de las energías consideradas como renovables que además son consideradas como independientes del suministro desde terceros países. En general existe un gran consenso sobre los beneficios ambientales de este tipo de energía, centrándose en el hecho de que estas centrales no emiten gases de efecto invernadero a la atmósfera (se estima que cada MW instalado de energía termosolar evita la emisión de 2.000 t de $CO_2$) (1), en que las mayor parte de los materiales con los que están construidas son reciclables (vidrio y acero), y no producen ruido durante su operación.

Una central termosolar en funcionamiento precisa dos insumos básicos: la radiación solar, y el agua de refrigeración. Es precisamente el agua de refrigeración, cuando no existe un suministro adecuado en cantidad y calidad, la principal limitación para la instalación de este tipo de centrales; así, hablando de forma simplificada, en nuestro país se da la circunstancia de que las zonas de mayor insolación y por tanto mas adecuadas para este tipo de generación, coinciden con las de menores recursos hídricos. Se hace necesario por tanto buscar una alternativa al uso del agua superficial en el papel de fluido refrigerante. El problema se ha solucionado recurriendo al uso de agua subterránea en los circuitos de refrigeración y, con el fin de evitar una explotación excesiva de los acuíferos afectados, su reinyección en el acuífero una vez usada. Pero precisamente este hecho aparentemente inocuo puede llegar a ser el talón de Aquiles ambiental de las centrales termosolares.

Una central termosolar típica de 50 MW, potencia máxima de las centrales instaladas en España (2,3), requiere del orden de 1 $hm^3$/año de agua para su refrigeración. Aproximadamente 1/3 de esta cantidad constituye un uso consuntivo, pues se pierde hacia la atmósfera por evaporación y por tanto se retrae de las reservas del acuífero. El resto se reinyecta en el sistema con una composición netamente diferente de la que tenía en el momento de ser extraída, dependiente del número de ciclos de evaporación a la que se somete. En la Figura 1 se muestra un esquema de interrelación central termosolar/acuífero.

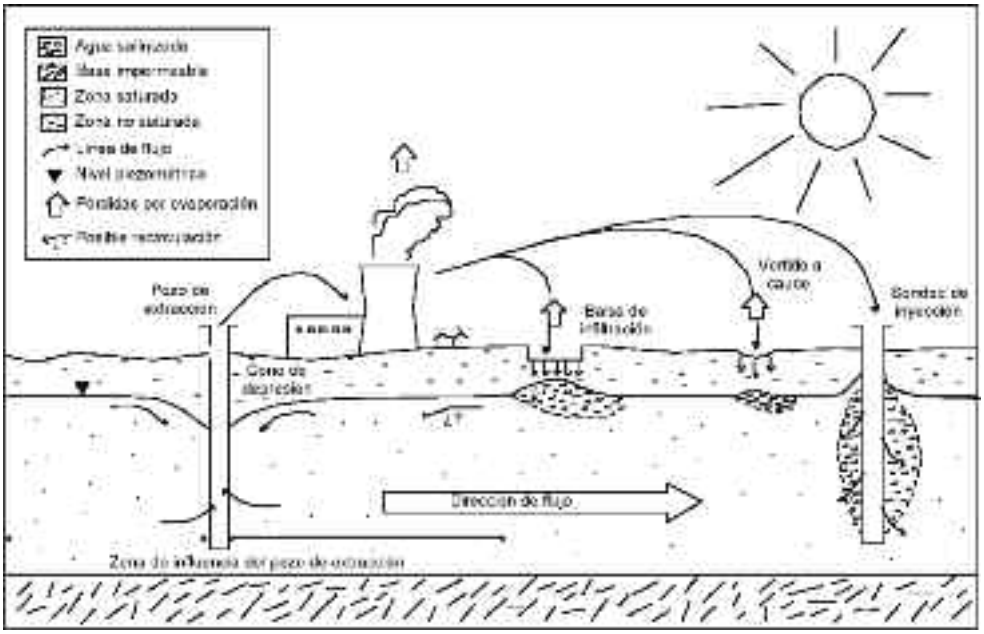



*Figura 1. Esquema simplificado de la interrelación central de producción de energía eléctrica termosolar/aguas subterráneas*

La diferencia fundamental de un sistema de inyección en el acuífero y un vertido sobre cauce superficial, es que mientras en un río el agua vertida se mezcla rápidamente con la que transporta el cauce, y es fácil calcular el impacto final sobre este, en un acuífero, este fenómeno está enormemente amortiguado, en especial en las estructuras de permeabilidad intergranular. Esto hace que sea muy difícil predecir la evolución espaciotemporal del agua así como la extensión de la pluma contaminante, especialmente en sistemas fuertemente antropizados donde habitualmente se extrae agua subterránea para todo uso.

El agua devuelta al acuífero puede sufrir alteraciones posteriores a la salinización en la planta termosolar. Estas serán más o menos severas en su composición dependiendo del sistema de inyección: más intensas en el caso del empleo de balsas de infiltración y menores en el caso de sondeos de inyección directa.

Se observa pues que la composición final del agua devuelta al acuífero depende básicamente de cuatro factores: a) Del número de ciclos de evaporación: existe una relación directa entre el número de ciclos de evaporación y la salinidad final del agua. b) Del empleo de aditivos técnicos para adecuar el agua a su uso industrial: entre los más usados están los correctores de acidez, los antioxidantes y los biocidas. c) De la mezcla con otras aguas generadas en la planta (aseos, escorrentía de naves de almacenamiento o maquinaria, limpieza etc) y con aguas de escorrentía de la lluvia. d) Del sistema seleccionado para su inyección en el acuífero y e) de la temperatura de inyección.

## Discusión

Resulta evidente que la extracción de agua subterránea, procesado en la planta de generación eléctrica y posterior reinyección en el acuífero una vez salinizada, con los volúmenes requeridos para la operación de una central termoeléctrica, pueden tener un impacto ambiental y sanitario significativos. Por este motivo es necesario establecer criterios que permitan determinar la vulnerabilidad del sistema receptor de los vertidos y el impacto que puedan tener estos sobre el mismo una vez producidos.

En este trabajo se proponen las bases para el establecimiento de criterios objetivos que permitan evaluar la magnitud de ese impacto y proporcionen una herramienta para prevenir, desde un punto de vista ambiental y sanitario, el impacto sobre las aguas subterráneas.

Además, es necesario no perder de vista que la interacción no se produce únicamente con el agua de la zona saturada. El agua de la zona no saturada y la matriz sólida del terreno también pueden verse afectadas y han de ser tenidas en consideración.

Así, de forma esquemática, la interacción entre una central termosolar y el acuífero pueden ser estudiadas desde las siguientes perspectivas:

a) Desde un punto de vista cuantitativo, tanto de comportamiento hidráulico del sistema como de la cantidad de recurso disponible:

  - Disminución de los recursos netos disponibles.
  - Modificación de la piezometría local.
  - Modificación del esquema de flujo.

b) Desde una perspectiva cualitativa:
  - Alteración de la composición del agua subterránea.
  - Alteración de la composición del agua intersticial de la ZNS.

c) Desde la perspectiva de la interacción vertido/matriz sólida del terreno:
  - Alteración del equilibrio matriz/agua con posible disolución/precipitación de especies químicas.
  - Alteración del equilibrio del complejo de cambio.
  - Modificación del medio ambiente en el que se desarrolla la microbiota.
  - Alteraciones de la física del suelo: variaciones en la porosidad, densidad, permeabilidad.

La propuesta de unos criterios de cuantificación del impacto termosolar/agua subterránea necesita en primer lugar definir dos términos: **impacto** sobre la composición del agua subterránea: impacto es la alteración de la capacidad de uso actual o potencial del agua del acuífero explotado, de los acuíferos relacionados con este o de las aguas superficiales conectadas a los mismos. Por otra parte, se consideran **usos críticos del agua**, tanto el abastecimiento para consumo humano (abastecimiento directo y aguas embotelladas) como la función ecológica de acuíferos conectados con masas superficiales. El uso en industrias alimentarias se considera equivalente al consumo directo. Por último, **usos sensibles** que son aquellos que puedan tener repercusión sobre la salud humana como pueden ser el riego, las aguas de baño etc.

Los criterios de cuantificación que se propongan deberán basarse en parámetros que como mínimo cumplan los siguientes tres requisitos: a) Han de ser cuantificables de forma objetiva. b) El valor que tome cada parámetro ha de ser independiente del que tomen el resto de los parámetros considerados. c) Ser representativos de procesos concretos que modifiquen las características del agua respecto a su uso.

Teniendo en consideración el párrafo anterior, en la Tabla 1 se relacionan una serie de variables, cuya consideración es imprescindible para poder cuantificar la interacción de las centrales termosolares con las aguas subterráneas. Como se puede ver se han agrupado en seis grandes apartados:

**a)** El uso del agua: un misma alteración del agua producirá mayor afección cuanto más sensible sea el uso.

**b)** La composición del vertido y cuanto esta se aleja del agua original. Hay que tener presente que el proceso principal al que se ve sometida el agua es una concentración y que la cantidad de materia exógena ha de estar en cantidades mínimas. En este apartado se incluye la temperatura, pues si se aleja de los valores típicos del acuífero puede producir fenómenos de precipitación / disolución que afecten a la composición del agua.

*Tabla 1. Resumen de las variables que hay que tener en cuenta para poder valorar el impacto de los vertidos procedentes de las centrales de producción de energía eléctrica termosolar sobre las aguas subterráneas*

| | |
|---|---|
| **En relación con el uso del agua:** | Composición inicial y final del agua<br>Afección a los usos reales y potenciales del agua<br>Abastecimiento<br>Industria alimentaria<br>Baño<br>Riego<br>Otros usos |
| **Composición del vertido:** | Facies hidroquímica original y final<br>Nº de ciclos de evaporación<br>Naturaleza química de los aditivos<br>Tratamiento previo al vertido<br>Variabilidad estacional<br>Salto térmico del agua inyectada<br>Mezcla con otras aguas |
| **Composición del agua que llega a zona saturada:** | Composición final del agua que accede a la zona saturada<br>Composición esperable en el punto de captación |
| **Medio receptor:** | Tiempo de tránsito en zona no saturada<br>Tiempo de tránsito en zona saturada.<br>Características climáticas<br>Geología de la formación receptora<br>Geología de la formación transmisora<br>Características de la matriz sólida<br>Características hidráulicas del acuífero<br>Permeabilidad<br>Porosidad primaria<br>Porosidad secundaria<br>Complejo de cambio<br>Matriz (evaporítica, carbonatada ....) |
| **Método de vertido:** | Inyección directa selectiva en profundidad<br>Inyección directa no selectiva en profundidad<br>Balsas de infiltración<br>Pozos de infiltración<br>Dispositivos mixtos<br>Vertido a cauce perdedor |
| **En relación al uso ecológico:** | Características y situación de las descargas<br>Tiempo de tránsito hasta las descargas |
| **Otros factores:** | Tasas de recirculación<br>Modificación del esquema local de flujo,etc |
| IMPACTO = MODIFICACIÓN DEL USO ACTUAL O POTENCIAL<br>USOS CRÍTICOS = ABASTECIMIENTO, USO ALIMENTARIO Y FUNCIÓN ECOLÓGICA<br>USOS SENSIBLES = RIEGO, BAÑO, ETC | |

**c)** La naturaleza del medio receptor. El agua vertida, antes de incorporarse a la masa general, puede tener contacto con la matriz de la zona no saturada disolviendo sales y evolucionando hacia una composición aún más alejada a la del agua contenida en el acuífero receptor. Además, debido a que en estos sistemas se produce un flujo forzado del agua inyectada, y a que esta presenta una composición diferente a la natural extraída, interaccionará con la matriz de la zona saturada de forma diferente a como lo haría el agua natural.

**d)** En general los métodos de vertido que supongan un contacto intenso del efluente con la matriz de la zona no saturada implican un mayor riesgo de impacto. Si no se demuestra lo contrario con un estudio específico, el vertido a cauce perdedor es similar al empleo de balsas de infiltración.

**e)** Es imprescindible evaluar el papel ecológico de las descargas de agua subterránea relacionadas con el acuífero afectado y cómo la alteración de su composición puede afectar a este papel. Casos típicos son las afecciones a manantiales y a humedales ligados al nivel del nivel freático.

**f)** Es posible que el diseño del sistema de extracción/inyección pueda facilitar la recirculación de agua, en este caso habrá que considerar cómo afecta esta recirculación a la composición del agua que finalmente sale fuera de la zona de influencia de la central y se incorpora al sistema general de flujo.

## Conclusiones

Las centrales de producción de energía eléctrica termosolar son una alternativa limpia y segura a los métodos clásicos de producción de energía eléctrica basados en la quema de combustibles fósiles o en procesos nucleares. No obstante, estas centrales tienen unos elevados requerimientos de agua para refrigeración y la ausencia de cauces superficiales adecuados ha obligado a emplear aguas subterráneas en este proceso. Por otra parte, la escasez de recursos subterráneos obliga a reinyectar el agua de refrigeración una vez empleada, y por tanto después de haber visto modificada sustancialmente su temperatura y composición. Además, el propio proceso de reinyección supone una nueva alteración de la composición del agua. Es necesario pues desarrollar una herramienta que permita cuantificar el impacto de estas centrales sobre los acuíferos que usan como fuente de agua. En este trabajo se presenta un esbozo de los factores que deben tenerse en cuenta en dicha herramienta, factores relacionados con el uso del agua, la composición del vertido, la forma de vertido, la naturaleza del medio receptor, el papel ecológico del agua y otros factores relacionados fundamentalmente con la hidrodinámica subterránea.

## Agradecimientos

Este trabajo se está desarrollando en el marco del proyecto: “Investigación del impacto sobre la zona no saturada y el agua subterránea de los efluentes hí-

dricos procedentes de centrales de producción de energía eléctrica termosolar" financiado por el Instituto Geológico y Minero de España.

## Referencias bibliográficas

(1) Greenpeace. 2008. Energía Solar Termoeléctrica. Pasos Firmes Contra el Cambio Climático.
(2) Real Decreto 661/2007 de 25 de mayo por el que se regula la actividad de producción de energía eléctrica en régimen especial.
(3) Real Decreto 6/2009 de 30 de abril por el que se adoptan determinadas medidas en le sector energético y se aprueba el bono social.

# Seguimiento ambiental de sistemas de protección por ultrasonidos para la fauna piscícola en minicentrales hidroeléctricas

## *Environmental Monitoring of Acoustics Fish Barriers in Small Hydropower Plants*

**A. L. CEULAR VILLACÉ**
Universidad de Santiago de Compostela, Facultad de Veterinaria, Lugo

**F. J. MARIÑO FERNÁNDEZ**
Ingeniería y Ciencia Ambiental, SL, Los Molinos (Madrid)

## Resumen

Los efectos ecológicos de minicentrales hidroeléctricas sobre la fauna fluvial son bien conocidos en sus aspectos básicos. Entre los impactos más significativos se encuentran la alteración de las condiciones hidrológicas de los ríos y la permeabilidad ascendente y descendente de los peces. En este sentido, la entrada de peces en las obras de derivación puede suponer un efecto importante sobre determinadas especies ícticas.

En el presente trabajo se aportan datos novedosos sobre la efectividad de un sistema de barrera sónica para peces de la casa española ALNUS 2005, SL. Con este fin, se seleccionaron tres minicentrales en la Demarcación Hidrográfica Miño-Sil que cuentan con este tipo de equipo en las obras de derivación en las presas. En estas minicentrales se ha completado un seguimiento ambiental de la efectividad de estos sistemas desde su instalación, consistente en la realización de un estudio del campo sonoro submarino y régimen de velocidades del agua en el entorno de los transductores y un seguimiento de los peces que atravesaban la barrera sónica.

Para evaluar los resultados en cada experiencia se ha usado el test estadístico de Wilcoxon (Wilcoxon matched pair test), con el que se ha examinado las diferencias entre los resultados medios de peces atrapados -sin estar la barrera sónica instalada-, con los valores medios de peces atrapados con la barrera sónica instalada, para el mismo número de años. Las diferencias se considerará significativas al nivel $p<0.05$. Por su parte, la reducción en el número de individuos en la toma se ha expresado de la siguiente forma: $R = 100-(Non/Noff)*100$.

Sin la barrera sónica instalada, el número de peces atrapados ha sido significativamente mayor al registrado una vez que la barrera sónica de peces se ha instalado. Con los datos disponibles, la eficacia calculada de la barrera sónica para las tres minicentrales ha sido del 83,33-93,0%, cumpliendo con las prescripciones que establece la normativa y practica ambiental en Galicia.

**Palabras clave**

Minicentrales hidroeléctricas, barreras sónicas, peces.

## Introducción

Los efectos ecológicos de los pequeños aprovechamientos hidroeléctricos (AH) o minicentrales sobre la fauna fluvial son bien conocidos en sus aspectos básicos (1). Entre los impactos más significativos se encuentran la alteración de las condiciones hidrológicas de los ríos y la permeabilidad ascendente y descendente de los peces (2, 4). En este sentido, la entrada de peces en las obras de derivación puede suponer un efecto importante sobre determinadas especies ícticas (5).

Durante los últimos años se han ensayado un importante número de sistemas de guiado de peces basados en el comportamiento ("behavioural system") para evitar que los peces entren en las obras de derivación de minicentrales, principalmente sistemas luminosos y acústicos, siendo los sistemas acústicos los que han dado mejores resultados. El sistema acústico se fundamenta en que la gran mayoría de los peces pueden detectar sonidos moviéndose por el agua en la que viven, al mismo tiempo que vibraciones o cambios de presión. Se ha estimado la banda de sonido para la mayoría de los peces entre 10 y 3.000 Hz, mientras que en los humanos varía entre 50 y 20.000 Hz. En este sentido, los sistemas de guiado de peces utilizan generalmente frecuencias dentro de la banda audible (1-3 kHz) de los peces teleósteos (Hawkins, 1986).

## Material y métodos

Se seleccionaron las minicentrales de Cabo (Pontevedra), Cados y Fragoso (Ourense) en la Demarcación Hidrográfica Miño-Sil que cuentan con este tipo de equipo en las obras de derivación en las presas. En estas minicentrales se ha completado un seguimiento ambiental de la efectividad de estos sistemas desde su instalación, consistente en la realización de un estudio del campo sonoro submarino y régimen de velocidades del agua en el entorno de los transductores y un seguimiento de los peces que atravesaban la barrera sónica.

Para comprobar la eficacia del equipo de barrera sónica de peces instalado en cada AH, se ha completado una inspección de los canales desarenadores, situados inmediatamente aguas abajo de la obras de toma y de la barrera sónica, al final del período de funcionamiento en el mes de julio de 2010.

En esta inspección, se procedió al vaciado del desarenador y a la comprobación de la posible presencia de peces. Los peces atrapados en su totalidad se correspondieron con la especie trucha común (*Salmo trutta*), y fueron pesados y medidos, siendo devueltos inmediatamente al tramo del río situado aguas abajo de la presa.

El número y características de los peces atrapados tras un año de funcionamiento del AH con la barrera conectada (períodos hidrológicos 2008-2010), se compararon con los datos disponibles sobre presencia de peces en este desarenador realizadas en años anteriores desde el inicio del funcionamiento del AH (diciembre 1998) sin barrera sónica instalada.

Para evaluar los resultados en cada experiencia se ha usado el test estadístico de Wilcoxon (Wilcoxon matched pair test), con el que se ha examinado las diferencias entre los resultados medios de peces atrapados –sin estar la barrera sónica instalada–, con los valores medios de peces atrapados con la barrera sónica instalada, para el mismo número de años. Las diferencias se considerará significativas al nivel $p<0.05$.

Por su parte, la reducción en el número de individuos en la toma se ha expresado de la siguiente forma:

$$R = 100-(Non/Noff)*100$$

siendo:

Noff: el total de peces atrapados sin tener la barrera sónica
Non: el total de peces atrapados con la barrera sónica

## Resultados

Los resultados obtenidos en el seguimiento se incluyen en las tablas adjuntas.

*Tabla 1. Resultados para el seguimiento de efectividad del AH CABO*

| Período de explotación | Barrera sónica de peces instalada | Nº de peces en el desarenador | Especie, talla y peso medio |
|---|---|---|---|
| Diciembre 1998-Julio 1999 | NO | Sin datos | Sin datos |
| Julio 1999-Junio 2000 | NO | Sin datos | Sin datos |
| Julio 2000-Julio 2001 | NO | Sin datos | Sin datos |
| Julio 2001-julio 2002 | NO | Sin datos | Sin datos |
| Julio 2002-Julio 2003 | NO | Sin datos | Sin datos |
| Julio 2003-Junio 2004 | NO | 9 | Sin datos |
| Julio 2004-Julio 2005 | NO | 23 | Sin datos |
| Julio 2005-Julio 2006 | NO | 21 | Sin datos |
| Julio 2006-Junio 2007 | NO | 14 | Sin datos |
| Julio 2007-Julio 2008 | NO | 16 | Sin datos |
| Julio 2008-Julio 2009 | SÍ | 3 | Sin datos |
| Julio 2009-Julio 2010 | SÍ | 2 | Trucha común 135 mm 38 g<br>Trucha común 170 mm 71 g |

*Tabla 2. Resultados para el seguimiento de efectividad del AH CADÓS*

| Período de explotación | Barrera sónica de peces instalada | Nº de peces en el desarenador | Especie, talla y peso medio |
|---|---|---|---|
| Noviembre 2000-Julio 2001 | NO | Sin datos | Sin datos |
| Julio 2001-Junio 2002 | NO | 15 | Sin datos |
| Julio 2002-Julio 2003 | NO | Sin datos | Sin datos |
| Julio 2003-julio 2004 | NO | 12 | Sin datos |
| Julio 2004-Julio 2005 | NO | Sin datos | Sin datos |
| Julio 2005-Junio 2006 | NO | 21 | Sin datos |
| Julio 2006-Julio 2007 | NO | 16 | Sin datos |
| Julio 2007-Julio 2008 | SÍ | 3 | Sin datos |
| Julio 2008-Junio 2009 | SÍ | 4 | Trucha común 11 mm 50 g |
| Julio 2009-Julio 2010 | SÍ | 1 | Trucha común 14 mm 75 g |

*Tabla 3. Resultados para el seguimiento de efectividad del AH FRAGOSO*

| Período de explotación | Barrera sónica de peces instalada | Nº de peces en el desarenador | Especie, talla y peso medio |
|---|---|---|---|
| Marzo 2003-Julio 2003 | NO | Sin datos | Sin datos |
| Julio 2003-Junio 2004 | NO | 12 | Sin datos |
| Julio 2004-Julio 2005 | NO | Sin datos | Sin datos |
| Julio 2005-julio 2006 | NO | 10 | Sin datos |
| Julio 2006-Julio 2007 | NO | Sin datos | Sin datos |
| Julio 2007-Junio 2008 | SÍ | 2 | Sin datos |
| Julio 2008-Julio 2009 | SÍ | 0 | Sin datos |
| Julio 2009-Julio 2010 | SÍ | 1 | Trucha común 150 mm 45 g |

Por su parte, los resultados obtenidos en la reducción del número de individuos se incluyen en las tablas adjuntas.

*Tabla 4. Resultados de la reducción de trucha común en el AH CABO*

| Funcionamiento de la barrera sónica de peces | Nº total de peces atrapados | Nº medio de peces atrapados | Diferencia según el test de Wilcoxon | Reducción del número (%) |
|---|---|---|---|---|
| NO | 22 | 11 | < 0,05 | 90,90 |
| SÍ | 3 | 1 | | |

*Tabla 5. Resultados de la reducción de trucha común en el AH CADOS*

| Funcionamiento de la barrera sónica de peces | Nº total de peces atrapados | Nº medio de peces atrapados | Diferencia según el test de Wilcoxon | Reducción del número (%) |
|---|---|---|---|---|
| NO | 30 | 15 | < 0,05 | 83,33 |
| SÍ | 5 | 3,5 | | |

*Tabla 6. Resultados de la reducción de trucha común en el AH FRAGOSO*

| Funcionamiento de la barrera sónica de peces | Nº total de peces atrapados | Nº medio de peces atrapados | Diferencia según el test de Wilcoxon | Reducción del número (%) |
|---|---|---|---|---|
| NO | 49 | 16,3 | < 0,05 | 83,67 |
| SÍ | 8 | 2,6 | | |

El control realizado por los operarios de los AH sobre la posible presencia de individuos de trucha común en los canales desarenadores, previos a la entrada de las conducciones de derivación, ha permitido tener un registro de este tipo de sucesos en un número significativo de años y con una cierta fiabilidad.

A partir de estos registros, se destaca que el número de truchas que entran por las obras de toma y quedan atrapados en los desarenadores, sin la instalación de la barrera sónica, es relativamente escaso para un año de seguimiento, alcanzando como máximo los 23 ejemplares y con un valor medio de 11-16 ejemplares.

Por su parte, la reducción que se obtiene con la instalación de la barrera sónica es importante, disminuyendo el número medio de peces a 1-3,5 ejemplares.

Con la aplicación del test estadístico de Wilcoxon (Wilcoxon matched pair test), con el que se ha examinado las diferencias entre los resultados medios de peces atrapados -sin estar la barrera sónica instalada-, con los valores medios de peces atrapados con la barrera sónica instalada, para el mismo número de años, se han obtenido diferencias significativas en todos los AH para el nivel de significación del $p<0.05$.

Por su parte, la reducción de peces que se obtiene aplicando el cociente del total de peces atrapados sin tener la barrera sónica con respecto al total de peces atrapados con la barrera sónica ha sido del 83,3-90,6%, valor muy elevado si se compara con otros sistemas (barerras eléctricas o barreras físicas).

Un aspecto muy importante relacionado con este sistema de protección para la fauna de peces es que no es dañino para los mismos, ni para otras especies ligadas al medio fluvial, a diferencia de las barreras físicas, en donde suelen quedar atrapados los peces o eliminados con el limpiarrejas.

## Discusión y conclusiones

De los resultados obtenidos en el seguimiento de la eficacia de la barrera sónica de peces en estos AH se destacan los siguientes aspectos:

- Con excepción de algunos años, desde el inicio del funcionamiento de cada AH hasta la actualidad, se ha venido registrando el número de truchas atrapadas, única especie capturada, en el desarenador cuando se procedía a limpiar el mismo en los meses de principio de verano.

- Sin la barrera sónica instalada, el número de truchas atrapadas ha sido significativamente mayor al registrado una vez que la barrera sónica de peces se ha instalado en todos los AH.
- Con los datos disponibles, la eficacia calculada de la barrera sónica para estos AH y para la trucha común ha sido del 83,33%-90,9%, cumpliendo con las prescripciones que establece la normativa y practica ambiental en Galicia.

## Referencias bibliográficas

(1) Fletcher, R. I. 1985. Risk analysis of fish diversion experiments: pumped intake systems. *Trans. Am. Fish. Soc.,* 111: 652-694.
(2) Hadderingh, R. H., Bruijs, M. C. M. 2002. Hydroelectric power stations and fish migration. *Journées Internationales d'Étude du Cebedeau,* 55 (619-620): 75-78.
(3) Hawkins, A. D. 1986. Underwater sound and fish behaviour. In The Behaviour of Teleost Fishes (Pitcher, T., ed.): 114-151. London: Croom Helm.
(4) Maes, J., Turnpenny, A. W. H., Lambert, D., Nedwell, J., Parmentier, A., Ollevier, F. 2002. The impact of cooling water abstraction on fish at the Electrabel Power Plant Doel (Belgium) after installation of a fish guidance sound system. *Journées Internationales d'Étude du Cebedeau,* 55 (619-620): 75-78.
(5) Welton, J. S., Beaumont, W. R. C., Clarke, R. T. 2002. The efficacy of air, sound and acoustic bubble screens in deflecting Atlantic salmon, Salmo salar L., smolts in the River Frome, UK. *Fisheries Management & Ecology,* 9(1): 11-18.

# Estimación de la variabilidad regional en las tasas de riesgo de colisión de avifauna por instalación de aerogeneradores mediante el empleo de modelos matemáticos, en ausencia de datos específicos de campo

## *Regional Variability Estimates in the Risk of Collision Rates of Birds as a Result of the Installation of Wind Farms by Means of Mathematical Models in the Absence of Field Specific Data*

**J. GRANERO CASTRO**
**M. SÁNCHEZ ARANGO**
**L. DÍAZ CALLEJA**
**E. MONTES CABRERO**
Área de Medio Ambiente y Sostenibilidad,
TAXUS Medio Ambiente, Oviedo (Asturias)

**Resumen**

La estimación de la variabilidad regional de las tasas de riesgo de colisión específicas para la avifauna es un elemento fundamental para la correcta ordenación y desarrollo de la energía eólica en una región.
El elevado coste de los estudios específicos sobre avifauna en el ámbito regional impide la utilización de datos de campo, pero el uso de las fuentes bibliográficas más aceptadas (libros rojos, atlas de aves reproductoras, etc.) (2)(3) permite obtener una aproximación de la situación para ordenar el territorio sobre la base de datos científicos.
En el caso concreto de Asturias, utilizando un "parque tipo" se ha aplicado el *Scottish Natural Heritage Collision Risk Model* (1) a todas las cuadrículas 10x10 km en las que se dividió la región. Las diferencias en los resultados obtenidos de una a otra cuadrícula pueden interpretarse como la variabilidad regional de las tasas de riesgo de colisión, permitiendo así identificar las áreas del territorio en las que se estima un mayor impacto sobre la avifauna y permitiendo la adopción de las medidas preventivas y correctoras necesarias.

**Palabras clave**

Avifauna, parque eólico, tasa regional de riesgo de colisión, Índice de Riesgo por Colisión Específico.

## Introducción

La perspectiva energética actual ha supuesto la irrupción de la energía eólica como una fuente importante en el mix energético nacional. La ordenación del te-

rritorio para permitir la explotación del recurso eólico deberá considerar numerosas variables ambientales.

La estimación de la variabilidad regional de las tasas de riesgo de colisión específicas para la avifauna constituye un elemento fundamental en la correcta ordenación y desarrollo de la energía eólica en una región.

## Objetivos

El objetivo del análisis territorial de los riesgos que entraña la instalación de un parque eólico para la avifauna de la zona, tiene como principal finalidad obtener una aproximación de la situación a la hora de realizar una ordenación territorial basada en datos científicos. Mediante el uso de las fuentes bibliográficas más aceptadas (libros rojos, atlas de aves reproductoras) (2)(3) es posible obtener resultados orientativos, sin recurrir a estudios específicos sobre avifauna a escala regional, los cuales en casos concretos ven su viabilidad comprometida debido a su elevado coste.

## Material y métodos

El proceso de desarrollo ha consistido en la aplicación del *Scottish Natural Heritage Collision Risk Model* (Modelo *SNH* en adelante) (1) en todas las cuadrículas 10x10 km que forman la región de Asturias.

Para la recopilación de información sobre las especies que frecuentan el territorio, tales como presencia, población y uso del espacio considerado como de riesgo por colisión, se han utilizado el Atlas de las Aves Reproductoras de España (2] y la Enciclopedia de las Aves de España (3).

El Atlas de las Aves Reproductoras de España (2) ofrece datos de abundancia en forma de rangos: entre 1 y 9 parejas, entre 10 y 99 parejas, entre 100 y 999 parejas, entre 1.000 y 9.999 parejas y más de 9.999 parejas. Estos datos han sido sustituidos para la realización de los cálculos del Modelo *SNH* por el límite inferior de dichos rangos de individuos, en lugar de parejas, considerándose, pues, las abundancias de la siguiente manera: 2 individuos, 20 individuos, 200 individuos, 2.000 individuos y 19.998 individuos, respectivamente.

Los datos relativos a velocidades de vuelo han sido extraídos, en los casos en que ha sido posible, de bibliografía (4) (5) (6) (7). Las velocidades de aquellas especies de las que no se dispone de información se han obtenido de dos maneras. Siempre que fue posible se calculó la media de las velocidades de otras especies pertenecientes al mismo orden, en caso contrario se les asignó la velocidad de otro ave de tamaño, comportamiento y características similares.

Para los cálculos, también es necesario conocer el tiempo de vuelo que cada especie puede pasar a lo largo de un año, en la zona de barrido de los aerogeneradores. Para ello se multiplicaron los días al año que cada especie pasa en

la región, las horas al día que las aves se encuentran activas y la proporción de tiempo que éstas se pueden encontrar en el área de riesgo, es decir, el área sw barrido de las palas:

- Los días que cada especie se encuentra en la zona se han estimado diferenciando especies sedentarias (365 días), invernantes (se considera el periodo comprendido entre el 1 de diciembre y el 15 de febrero, es decir, 77 días) y estivales (computando el número de días anteriores a la puesta, cuando se dispone de datos, los días de incubación y los días dedicados al cuidado de los pollos).
- Las horas que las aves se encuentran activas se han generalizado para todas las especies, computando un total de 12 horas al día.
- La proporción del tiempo que pasan en el área de riesgo, ante la falta de datos, se ha estimado a partir de la información sobre alturas de vuelo y preferencia de hábitats.

La aplicación del Modelo *SNH* se resume en la aplicación de los datos en dos fases, cuyo cómputo da como resultado un *Specific Risk Index,* siendo estas dos primeras fases definidas por las siguientes ecuaciones y variables:

- Fase I
  Consiste en el cálculo del número de aves que vuelan a través de la turbina en un cierto periodo de tiempo, definido mediante la siguiente ecuación:

*Tabla 1. Ecuación y parámetros de cálculo en la Fase I del Modelo SNH*

$$N_a = (n \times V_r/V_w) / t$$

*Donde:*

*n = ocupación de la zona de riesgo por las aves.*

*$V_r$ = volumen de barrido de los rotores.*

*$V_w$ = volumen de la zona de riesgo.*

*t = tiempo que tarda el ave en atravesar el rotor.*

- Fase II
  Consiste en el cálculo de la probabilidad de que cada ave que pase a través del rotor colisione con una de las palas, determinándose según la siguiente ecuación (Tabla 2).

- Fase III
  Finalmente se multiplican los factores calculados en la Fase I y la Fase II para obtener el número de aves siniestradas al año.

*Tabla 2. Ecuación y parámetros de cálculo en la Fase II del Modelo SNH*

Probabilidad total = $(1/\pi R2) \int\int p(r,\varphi)\, r\, dr\, d\varphi = 2 \int p(r)\, (r/R)\, d(r/R)$

Probabilidad p de colisión de un ave determinada a un radio r desde la turbina:

$$P(r) = (bW/2pv)\,[K\, l \pm c \sin g + a \cos g\, l + \begin{cases} l \text{ para } a < b \\ w \text{ a } F \text{ para } a > b \end{cases}$$

*Donde:*

- *b = número de palas del rotor*
- *W = velocidad angular del rotor*
- *v = velocidad del ave a través del rotor*
- *c = ancho de la pala*
- *g = ángulo de rotación de la pala*
- *R = Radio mayor (m)*
- *l = longitud del ave (m)*
- *w = envergadura alar (m)*
- *b = ratio del ave (L/w) (m)*
- *r = Radio del punto de paso del ave (m)*
- *a = v / r*
- *F = ave planeadora (F = 2 /p) o ave no-planeadora (F = 1)*
- *K = una dimensión (no existe grosor de pala) (K = 0) o tres dimensiones (K = 1)*

## Resultados y discusión

Aplicando la metodología propuesta a la región de Asturias, se obtienen resultados de mortalidad para cada una de las cuadrículas 10x10 km pudiendo identificarse las zonas de mayor riesgo para la avifauna en la implantación de parques eólicos, sobre la base de los datos bibliográficos disponibles.

A la hora de evaluar la mortalidad que se puede dar en cada cuadrícula, se ha definido un “parque tipo” como base de los parámetros que toma el modelo. De esta manera, las variables dependientes de las características del parque eólico se toman como constantes, pudiendo valorar así las diferencias de mortalidad entre zonas de 10x10 km, basándose únicamente en las poblaciones avícolas que presentan cada una de ellas y sus características fisiológicas y etológicas.

Al representar esto sobre un plano de la región, obtenemos una zonificación territorial respecto al riesgo estimado de mortalidad. Se obtiene, por tanto, una representación gráfica que, de manera intuitiva, señala cuales son los puntos conflictivos dentro del ámbito regional (Figura 1).

El resultado nos permite identificar a nivel regional, qué zonas son las que más riesgo suponen para las aves por la instalación de parques eólicos. Sin embargo a la hora de analizar los resultados obtenidos hay que tener en cuenta la variabilidad de los datos utilizados, ya que existen zonas muy estudiadas y por lo tanto mas completas y detalladas que otras.

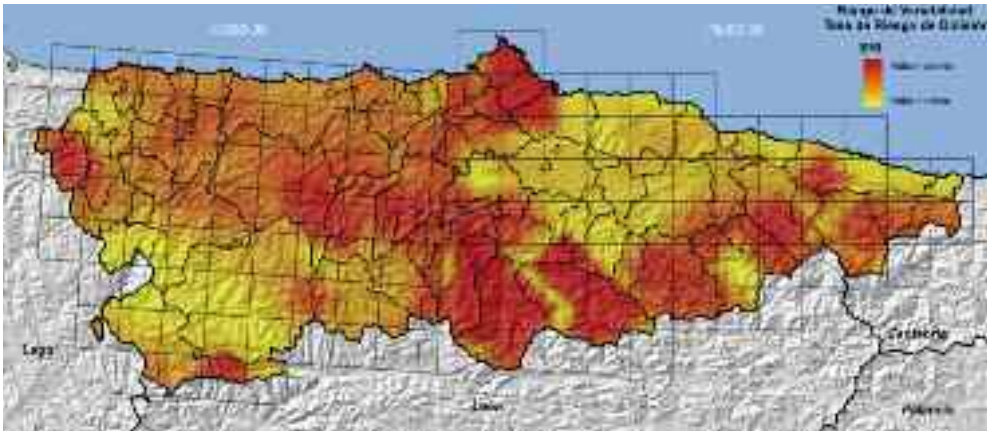


*Figura 1.* Representación gráfica del riesgo potencial obtenido para las cuadrículas 10x10 km que forma el Principado de Asturias mediante la aplicación del *Scottish Natural Heritage Collision Risk Model*

## Conclusiones

La aplicación de esta herramienta basada en datos bibliográficos, permite obtener una zonificación del riesgo para las aves de una región de una manera rápida, sencilla y con base científica. Si se utiliza junto con otros datos de interés, como los datos geográficos de los espacios naturales, las Zonas de Especial Protección para las Aves (ZEPAS) y los datos de potencial eólico dentro de la región, se dispondrá de una **herramienta de gran importancia** en la ordenación de los recursos eólicos. De esta manera será posible realizar una zonificación de las áreas más propicias para la construcción de parques eólicos, todo ello sobre la base de una distribución que busca **maximizar la producción energética** y **minimizar las afecciones** ocasionadas a las **poblaciones avícolas** de la región.

## Referencias bibliográficas

(1) Band, W., Madders, M., Whitfield, D. P. 2007. *Developing field and analytical methods to assess avian collision risk at wind farms. Bird and wind farms. Risk assessment and mitigation.* Ed. Quercus.

(2) Martí, R., del Moral, J. C. 2004. *Atlas de las Aves Reproductoras de España.* Ed. Dirección General de Conservación de la Naturaleza-Sociedad Española de Ornitología. Madrid.

(3) Madroño, A., González, C., Atienza, J. C. 2004. *Libro Rojo de las Aves de España.* Ed. Dirección General de Conservación de la Naturaleza-Sociedad Española de Ornitología. Madrid.

(4) Alerstam T., Rosén M., Bäckman J, Ericson P. G. P., Hellgren, O. 2007.*Flight Speeds among Bird Species: Allometric and Phylogenetic Effects.* Ed. PLoS BIOLOGY (5): 1.656-1.662.
(5) Aborn D. A. 1994. *Flight speeds of birds determined using Doppler radar*. Ed. Wilson *Bull.,* 106 (1): 155-156.
(6) Bruderer B., Boldt A. 2001. *Flight characteristics of birds: I. radar measurements of speeds*. Ed. Ibis (143): 178-204.
(7) Pennycuick, C. J. 1982. *The Flight of Petrels and Albatrosses (Procellariiformes), observed in South Georgia and its Vicinity.* Ed. Phil. *T*rans. R. Soc. Land. B (300): 75-106.

# Cálculo de la pérdida de conectividad ecológica de un territorio como consecuencia de la instalación de un parque eólico, mediante el software V-Late 1.1

## *Estimate of the Loss of Ecological Connectivity in a Territory Due to the Installation of a Wind Farm Using V-Late 1.1 Software*

**J. RODRÍGUEZ GARCÍA**
**J. GRANERO CASTRO**
Área de Medio Ambiente y Sostenibilidad,
TAXUS Medio Ambiente, Oviedo (Asturias)

**Resumen**

Los Estudios de Impacto Ambiental de parques eólicos, requieren de una estimación del grado de afección que sobre todos los elementos del medio provocará la construcción del parque. La pérdida de conectividad ecológica y el posible efecto barrera son dos impactos cuya cuantificación se hace necesaria.
La herramienta utilizada para el análisis de conectividad ecológica es el software V-LATE 1.1, elaborada en 2003 por un equipo del *Landscape and Resource Management Research Group*, de la Universidad de Salzburg (Austria), en el marco del proyecto de investigación europeo denominado SPIN (*Spatial Indicators for Nature Conservation*). Trabaja en formato vectorial y se presenta como una extensión de ArcGIS. (1) (2)
Tras la elaboración de una base cartográfica y la inclusión de las posibles barreras antrópicas existentes en un territorio, se calculó el parámetro *Nearest Neighbor Distance* (NNDist), que permite conocer la distancia de cada polígono de una clase al polígono más cercano de esa misma clase. De este modo, al considerar la superficie de influencia del parque como una barrera total (fundamentalmente para la avifauna), se conocerá cuantitativamente el grado de fragmentación del entorno, al comparar la variabilidad detectada en las distancias medias entre clases.

**Palabras clave**

Pérdida conectividad ecológica, avifauna, parque eólico, efecto acumulativo o sinérgico, efecto barrera.

## Introducción

Debido a la necesidad de determinar la afección en cuanto a la pérdida de conectividad ecológica durante la implantación y funcionamiento de las instalaciones de un parque eólico, se ha elaborado una metodología para la estimación de

dicha variación sobre el territorio, basándose en el software V-LATE 1.1, elaborado por un equipo del *Landscape and Resoruce Management Research Group* (Universidad de Salzburg, Austria), en el marco del proyecto de investigación europeo denominado SPIN (*Spatial Indicators for Nature Conservation*).

El objetivo del análisis radica en establecer el grado existente de conectividad actual de un territorio, para posteriormente por un lado determinar en qué medida esa conectividad se verá afectada por las diferentes actuaciones que plantea la construcción de un parque eólico; y por otro, el efecto conjunto o sinérgico que tendría ese parque junto con la instalación de los parques eólicos existentes o proyectados entorno a los 5 km del parque en cuestión.

## Material y métodos

El análisis y cálculo de parámetros se realiza teniendo en consideración tres situaciones temporales distintas:

- **Situación 1- Análisis inicial.** Estimación de la conectividad actual considerando la envolvente de 5 km del parque.
- **Situación 2- Parque Eólico**. Se supone un área de influencia de funcionamiento de las instalaciones del parque eólico de 150 m entorno a la línea imaginaria que se trazaría al unir los aerogeneradores.
- **Situación 3- P.E. envolvente 5 km**. En este análisis se incluyen las áreas de influencia los parques existentes/proyectados en la envolvente de 5 km del parque objeto de estudio, suponiendo un buffer de influencia de las mismas características que el empleado para la situación 2.

Para el análisis se debe disponer de una base cartográfica de vegetación, en nuestro caso se ha utilizado la Cartografía Temática de Vegetación del Principado de Asturias, considerando la envolvente de 5 km del parque.

Las unidades de vegetación se clasifican en grupos de acuerdo a su funcionalidad ecológica, simplificando así el modelo de cálculo. De acuerdo con esto, en la envolvente de 5 km en torno al parque estudiado se presentan: Bosques, Matorrales, Cultivos, Prados, Masas de Agua, Áreas antrópicas y Otros. En ésta última clase se agrupan unidades de vegetación que por sus particularidades en cuanto a composición no encajan dentro de las mencionadas anteriormente. Además, a la capa anterior se le ha incorporado la información correspondiente a las principales vías de comunicación, sin tener en cuenta las pistas forestales.

Tras elaborar una base cartográfica lo más completa y exacta posible, e incluir las posibles barreras antrópicas existentes, se calcula con ayuda del software el parámetro ***Nearest Neighbor Distance (NNDist),*** que permite conocer la distancia de cada polígono de una clase al polígono más cercano de esa misma clase. De este modo, al considerar la superficie de influencia del parque como una barrera total (fundamentalmente para la avifauna), será posible conocer

cuantitativamente el grado de fragmentación del entorno, al comparar la variabilidad detectada en las distancias medias entre clases.

El modelo propuesto considera las áreas de influencia de cada parque eólico como una barrera infranqueable, tanto por la parte superior como por la inferior, y a lo largo del tiempo; lo que supondrá un error por exceso en los resultados finales, debido a que las aves pueden volar por encima y por debajo de la zona de barrido de los aerogeneradores e incluso en ésta cuando éstos están parados.

Por otro lado, cabe apuntar que el modelo se desarrolla para conocer el grado de fragmentación del hábitat para grupos como la avifauna o los quirópteros, al considerar que es sobre éstos sobre los que realmente el parque eólico creará algún tipo de barrera.

## Resultados y discusión

A continuación se expondrán y valorarán los resultados obtenidos para un caso real de estudio bajo esta metodología.

Las superficies resultantes de cada clase de relevancia sujetas a posibles modificaciones en cuanto a su conectividad ecológica son las siguientes (Tabla 1).

*Tabla 1. Clases y áreas de análisis resultantes*

| Clases de vegetación | Área (ha) | | |
|---|---|---|---|
| | Situación 1 Inicial | Situación 2 Parque Eólico | Situación 3 PE envolvente 5 km |
| Bosques | 3.326,28 | 3.282,78 | 3.203,82 |
| Matorrales | 5.404,35 | 5.395,16 | 4.867,17 |
| Cultivos | 22,81 | 22,81 | 22,81 |
| Prados | 1.654,8 | 1.609 | 1.505,01 |
| Otros | 27,66 | 27,66 | 26,63 |

La diferencia entre las clases en relación con alguna de las 3 situaciones planteadas, responde a modificaciones incorporadas en la situación inicial al añadir a la capa de vegetación los buffer de influencia del parque eólico estudiado (en la situación 2) y del resto de parques (en la situación 3).

Los resultados tras el cálculo del parámetro *Nearest Neighbor Distance* (NNDist) son:

- **Situación 1- Inicial**: cálculo de NNDist actual.
  A la vista de los resultados obtenidos, se observa que la menor distancia media entre los polígonos es la de clase *Matorrales* 43,672 m; mientras que para la clase *Otros* es de 520,581 m, ya que éstos se encuentran de forma dispersa en el área de estudio (Tabla 2).

*Tabla 2. Resultados NNDist obtenidos con la aplicación de la herramienta de análisis. *Los datos se presentan como el sumatorio de todos los NNDist de los polígonos de cada clase (Ud: metros)*

| Clases de vegetación | Situación inicial | |
|---|---|---|
| | NNDist* | Distancia media de cada clase (m) |
| Bosques | 20.394,413 | 51,631 |
| Matorrales | 9.083,706 | 43,672 |
| Cultivos | 8.697,781 | 483,21 |
| Prados | 24.354,067 | 72,482 |
| Otros | 14.576,267 | 520,581 |

- **Situación 2- Parque Eólico:** cálculo considerando el área de influencia del parque estudiado (Tabla 3).

*Tabla 3. Resultados NNDist obtenidos con la aplicación de la herramienta de análisis. *Los datos se presentan como el sumatorio de todos los NNDist de los polígonos de cada clase (Ud: metros)*

| Clases de vegetación | Parque eólico | | |
|---|---|---|---|
| | NNDist* | Distancia media de la clase (m) | Conectividad relativa (% de disminución) |
| Bosques | 20.397,152 | 51,769 | 0,267 |
| Matorrales | 9.083,706 | 43,672 | 0 |
| Cultivos | 8.697,781 | 483,21 | 0 |
| Prados | 24.379,021 | 72,557 | 0,102 |
| Otros | 14.576,267 | 520,581 | 0 |

Comparando las distancias medias de las situaciones 1 y 2, se observa que el mayor incremento lo sufre la clase *Bosques*, de lo que se deriva que ésta clase sea la que sufre una mayor pérdida de conectividad.
Con estos valores se calcula el porcentaje de disminución relativa de conectividad, considerando que en la situación inicial la conectividad era del 100%. Así, el polígono de influencia del parque eólico considerado como barrera, supone una pérdida del 0,267% de conectividad en el hábitat de los *Bosques*, y de un 0,102% para la clase *Prados*.

- **Situación 3- Parques Eólicos envolvente 5 km**: cálculo integrando en el análisis las respectivas áreas de influencia de los distintos parques eólicos situados en la envolvente de 5 km objeto de estudio (Tabla 4).

Como se puede observar en los resultados de la tabla anterior, las distancias medias de las diferentes clases aumentan, pero no en gran medida. Compa-

*Tabla 4. Resultados NNDist obtenidos con la aplicación de la herramienta de análisis. *Los datos se presentan como el sumatorio de todos los NNDist de los polígonos de cada clase (Ud: metros)*

| Clases de vegetación | Parques eólicos envolvente 5 km | | |
|---|---|---|---|
| | NNDist* | Distancia media de la clase (m) | Conectividad relativa (% de disminución) |
| Bosques | 20.345,833 | 52,573 | 1,824 |
| Matorrales | 9.138,75 | 43,936 | 0,606 |
| Cultivos | 8.697,781 | 483,21 | 0 |
| Prados | 24.505,532 | 102,443 | 2,443 |
| Otros | 14.661,542 | 523,626 | 0,585 |

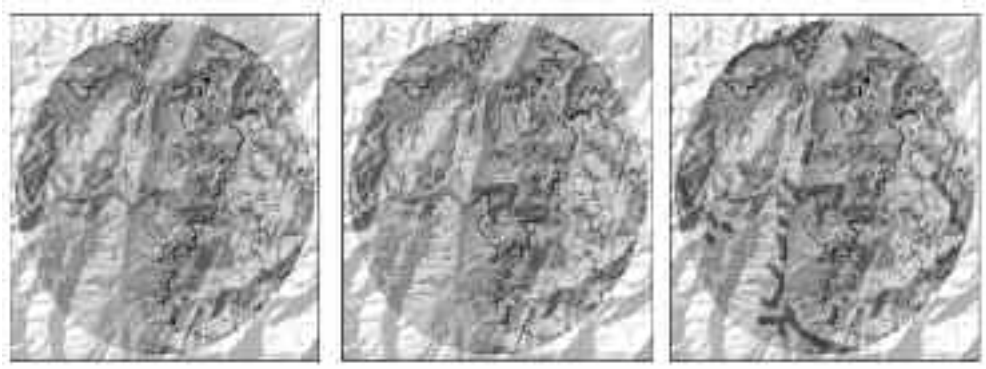



*Figura 1. Representación gráfica de las tres situaciones planteadas. (En oscuro se representan las superficies de influencia de los parques consideradas como barreras)*

rando las distancias se puede concluir que el mayor incremento lo ha su sufrido la clase *Prados*, ya que en la situación 2 contaba con una distancia media de 72,557 m y tras la inclusión del resto de parques ésta es de 102,443 m.

De forma general, y teniendo en cuenta las tres situaciones y el conjunto de las clases estudiadas, se observa que se produce un aumento de la distancia media en general. La representación gráfica de los resultados se presenta en la Figura 2.

En un análisis más preciso, realizado sobre las clases que efectivamente se ven afectadas (Bosques, Matorrales, Prados y Otros), se observa como el mayor incremento en las distancias medias se produce sobre la clase *Otros*. No obstante, este valor no es real, ya que esta clase está formada por unidades de vegetación que no se podían englobar en otras, ya que su disposición en el espacio es de forma dispersa y de pequeño tamaño, lo que produce que al interponer las áreas de influencia de los parques, esas distancias aumenten en mayor proporción que las del resto de unidades consideradas.

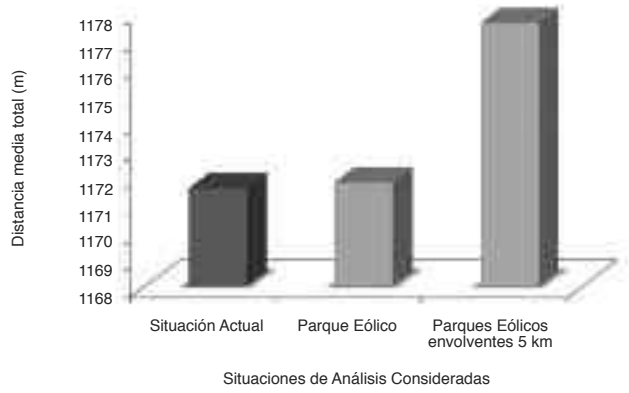



*Figura 2. Comparación de las Distancias Medias Totales en las situaciones de análisis*

Por tanto, la clase que finalmente sufre un mayor incremento en sus distancias medias es la clase *Prados*. No obstante, al comparar las áreas en las tres situaciones, se puede observar como la clase Matorrales es la que pierde más superficie con respecto a las otras, lo que no implica un aumento en sus distancias medias, debido a su disposición en el territorio en polígonos grandes y abundantes (Figuras 3 y 4).

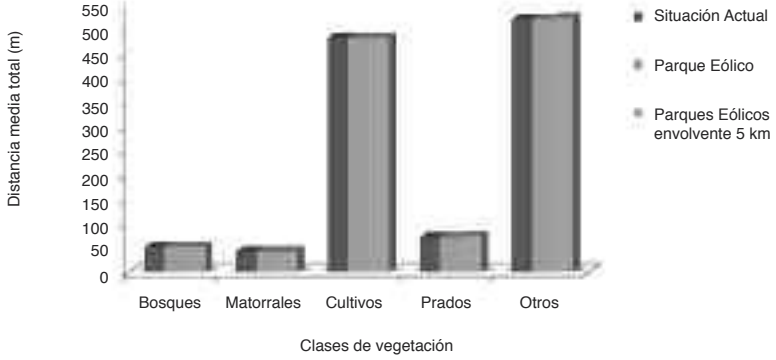



*Figura 3. Comparación de las Distancias Medias Totales por clases de análisis*

Finalmente, representando los porcentajes de disminución de la conectividad relativa como se recoge en el gráfico siguiente, se puede apreciar cómo ésta aumenta, partiendo de una situación inicial de “conectividad total = 0”.

Se puede determinar por tanto que, la instalación del parque eólico estudiado afectará sobre todo a la conectividad del hábitat de *Bosques*, mientras que la

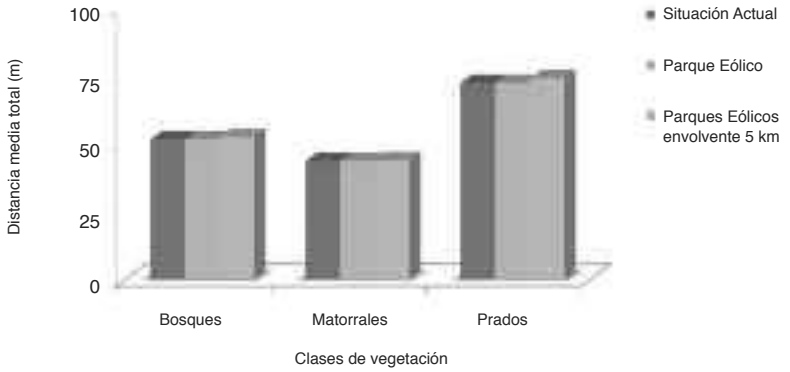



*Figura 4. Comparación de las Distancias Medias Totales por clases de análisis eliminando la clase Cultivos y Otros*

instalación de todos los parques supondrá una mayor pérdida relativa de conectividad entre la clase *Prados* (Figura 5).

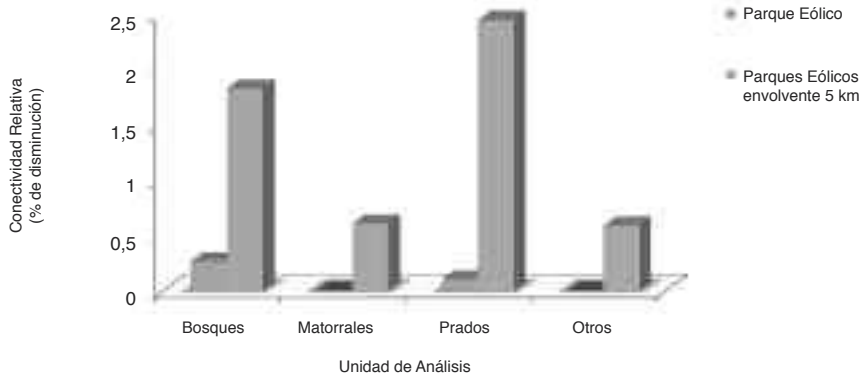



*Figura 5. Disminución de la Conectividad relativa por clases de análisis*

## Conclusiones

A la vista de los resultados obtenidos mediante el cálculo del parámetro *Nearest Neighbor Distance (NNDist)* realizado sobre las distintas clases de vegetación en las que se dividió el territorio, se han obtenido las siguientes conclusiones:

- La construcción del parque eólico estudiado supondrá una pérdida absoluta de conectividad en la envolvente de 5 km de 0,018%. Las clases que se verán afectadas tras la implantación del parque serán los *Bosques* y *Prados*.
- La construcción del parque eólico junto con la instalación de los parques eólicos existentes o proyectados en la envolvente de 5 km, supondrá una pérdida de conectividad absoluta del 2,92%. Este dato se debe a la pérdida de conectividad relativa de las clases Prados, Bosques, Matorrales y Otros. Sin considerar esta última clase la pérdida de conectividad absoluta supondría un 4,79%.
- La construcción del parque afectará a la conectividad de la clase *Bosques* con un 0,267% de disminución, y en la clase *Prados* ésta disminución supondrá un 0,102%.
- El análisis de sinergias o efectos acumulativos, indica que se produce una mayor pérdida de conectividad acumulada en los *Prados* (2,443%), frente a los *Bosques* (1,824%) o los *Matorrales* (0,606%).

## Bibliografía

(1) Vila Subirós, J., Varga Linde, D., Llausàs Pascual, A., Ribas Palom, A. 2006. Conceptos y métodos fundamentales en ecología del paisaje (landscape ecology). Una interpretación desde la geografía. Girona. *Doc. Anàl. Geogr.,* 48: 151-166.

(2) University of Salzburg. Z_GIS Centrre for Geoinformatics (www.geo.sbg.ac.at/larg/vlate.htm)

# Metodología para el análisis del impacto acústico en los estudios de impacto ambiental de proyectos de instalación de parques eólicos

## *Acoustic Characterization of Wind Farms in Environmental Impact Studies*

**A. ESCRIBANO BLANCO**
**J. GRANERO CASTRO**
Área de Medio Ambiente y Sostenibilidad,
TAXUS Medio Ambiente, Oviedo (Asturias)

**Resumen**

En los Estudios de Impacto Ambiental de proyectos de Instalación de Parques Eólicos es necesario tener en cuenta los posibles impactos acústicos que pueden producirse como consecuencia del funcionamiento de los aerogeneradores. En la actualidad no existen estándares en el proceso de análisis para evaluar dicho impacto. Se presenta una propuesta metodológica que se estructura en tres fases: un primer análisis de la situación preoperacional que permita obtener datos de referencia para análisis posteriores; una segunda fase de simulación predictiva de las condiciones operacionales mediante empleo de un software digital; y una tercera fase, una vez ha entrado en funcionamiento el parque eólico, en la que se obtengan datos reales que validen el modelo y permitan ajustar parámetros.
La mayor complicación de dicha metodología radica en las consideraciones y simplificaciones a considerar, ya que hay que conjugar los factores tiempo y costes invertidos, frente a la precisión de los resultados obtenidos.

**Palabras clave**

Parques Eólicos, Estudios de Impacto Ambiental, ruido, acústica, Cadna-A.

## Introducción

Para la correcta elaboración de los Estudios de Impacto Ambiental de proyectos de instalación de parques eólicos es necesario considerar los posibles impactos acústicos derivados del funcionamiento de los aerogeneradores. Estas emisiones pueden tener dos orígenes: ruido mecánico, producido por la fricción de las partes móviles y componentes metálicos del aerogenerador; o ruido aerodinámico, producido por el rozamiento de las palas con el viento.

La legislación estatal (1) establece los límites de inmisión que no deben sobrepasar las emisiones procedentes de la instalación.

La mayor complicación a la hora de realizar este tipo de estudios acústicos radica en las consideraciones y simplificaciones que se han de tener en cuenta a la hora de realizar los modelos de predicción, ya que una mayor exhaustividad en los parámetros y condiciones a analizar implica mayor complejidad y costes de los estudios, y una excesiva simplificación de dichos parámetros daría lugar a estudios imprecisos y poco ajustados a la realidad.

En la actualidad no existe una metodología estandarizada para llevar a cabo el análisis del impacto producido por este tipo de proyectos, por lo que es el propio estudio de impactos el que ha de justificar la validez de los resultados de los estudios elaborados.

Desde TAXUS se buscó elaborar una metodología que, basada en las indicaciones de la Directiva Europea (2) y en otra serie de estudios (3)(4)(5), resolviera, de manera sencilla y eficaz, la determinación del impacto acústico producido por la instalación de parques eólicos.

La propuesta de metodología que se presenta se estructura en tres fases: una primera de análisis en la situación pre-operacional, que permita obtener datos de referencia; una segunda fase de simulación de las condiciones operacionales, mediante el empleo de un software digital; y una tercera fase, englobada dentro del plan de seguimiento y vigilancia ambiental, en la que se obtengan datos reales de ruido una vez ha entrado en funcionamiento la instalación.

## Material y métodos

### FASE 1. ESTUDIO PRE-OPERACIONAL

Se realiza una medición de los niveles acústicos de aquellos núcleos rurales situados en el entorno del parque, así como otros puntos de interés no habitados.

La elección de los puntos receptores se escoge atendiendo a criterios de probabilidad de impacto acústico e importancia del mismo. Es decir, se eligen puntos situados en aquellos núcleos habitados situados más próximos a la ubicación del futuro parque eólico (dentro de un radio máximo de 1.500 m (5), y aquellos otros en los que el posible impacto pueda causar una mayor afección.

Se seleccionan además puntos de referencia en zonas no habitadas, situados a diferentes distancias y direcciones de la fuente emisora, de forma que permitan caracterizar el nivel sonoro existente en el entorno de la zona de instalación de los aerogeneradores.

Se establecen diferentes jornadas de campo para la obtención de datos, de forma que se obtengan valores acústicos en diferentes condiciones atmosféricas y situaciones.

Las medidas llevadas a cabo en las jornadas de campo se realizan con un sonómetro de Clase I, situado sobre un trípode, a 1,5 m sobre el terreno, y al menos a 3 m de separación de cualquier pared o muro. El sonómetro va protegido con pantalla antiviento.

La escala de ponderación empleada fue la A, según ISO 1996-3, por tanto todas las medidas están dadas en dB(A). El equipo se configuró en velocidad *Slow*, para que las variaciones de sonido por sucesos aislados no influyeran en las medidas. El tiempo de medida seleccionado fue de 1 minuto, realizando tres medidas en cada uno de los puntos receptores.

Paralelamente a la medición acústica se realizan otra serie de toma de datos auxiliares que sirvan para caracterizar la medición: fecha y hora, velocidad y dirección del viento a 4 m de altura (mediante anemómetro), temperatura y humedad, condiciones atmosféricas, presencia de otro tipo de ruidos en el paisaje que pudiesen causar alteraciones en la medición.

Con las medidas obtenidas se realiza una caracterización acústica de cada uno de los puntos receptores seleccionados. Para ello se aplica la media logarítmica a las tres mediciones realizadas en cada punto cada jornada, con ellas se obtiene un valor tal y como se recoge en la Tabla 1.

*Tabla 1. Ejemplo de mediciones acústicas realizadas durante jornadas de campo*

| Medición | | A | B | C | A | B | C |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | 1-ago-10 | 20-oct-10 | 4-mar-11 | 1-ago-10 | 20-oct-10 | 22-nov-10 |
| Punto receptor | | 1 | | | 2 | | |
| Ubicación | | Población 1 | | | Población 2 | | |
| Distancia Aerogenerador (m) | | 650 | | | 1.100 | | |
| Conds. atmosféricas | Velocidad del viento [h=4 m] (m/s) | 2 | 4 | 2 | 0 | 4 | 5 |
| | Tª (ºC) | 25 | 12 | 8 | 15 | 12 | 23 |
| | Humedad (%) | 35 | 60 | 70 | 58 | 65 | 68 |
| Hora | | 15:10 | 20:05 | 10:45 | 00:30 | 20:30 | 11:35 |
| Observaciones | | Ruido carretera de fondo | Silencio | Silencio | Ruido perros al fondo | Silencio | Ruido viento sobre vegetación |
| Mediciones diarias | Medición I | 38,3 | 30,3 | 32,5 | 27,8 | 32,5 | 40,0 |
| | Medición II | 36,5 | 31,3 | 31,0 | 25,2 | 32,5 | 39,5 |
| | Medición III | 36,9 | 31,5 | 29,1 | 23,4 | 32,1 | 41,0 |
| **Nivel de Ruido Ambiental Leq (dBA)** | | **37,3** | **31,1** | **31,1** | **25,9** | **32,4** | **40,4** |
| | | 34,1 | | | 36,8 | | |

## FASE 2. SIMULACIÓN PREDICTIVA

Mediante el empleo del software de predicción acústica CadnaA® v.4, se realiza un modelo de la distribución acústica del parque eólico. El modelo de predicción acústica permite conocer la repercusión sonora de la actividad sobre la población, y en caso de que no se cumpla con la legislación vigente permite modificar el proyecto inicial para subsanar los problemas identificados (6).

Previamente se definen los parámetros de cálculo que se van a considerar. La elección de estos parámetros determinará los costes (de tiempo y económicos) y la precisión de los resultados que se obtengan. Las consideraciones que se tuvieron en cuenta fueron las siguientes:

- Velocidad y dirección de los vientos predominantes.
- Valor de la temperatura y humedad
- Topografía y relieve existentes
- Presencia de vegetación, que actúa como absorbente acústico.
- Presencia de elementos que interfieren en la distribución acústica.
- Presencia de carreteras de alta ocupación y líneas de ferrocarril, que actúan como emisores sonoros.
- Presencia de grandes industrias u otros elementos que puedan actuar como importantes emisores sonoros.

A la vez se determinaron una serie de simplificaciones a la hora de introducir variables en el modelo, que redujeron notablemente los costes de la simulación, procurando que no restasen precisión y fiabilidad a los resultados. Éstas fueron:

- Las emisiones sonoras de los aerogeneradores se considera de carácter puntual, desde el eje central de las palas y con igual intensidad en todas las direcciones.
- No se tienen en cuenta la posibilidad de ocurrencia de otros efectos atmosféricos puntuales: heladas, inversiones térmicas, etc.
- No se considera el efecto acústico sinérgico resultante de la presencia de varios aerogeneradores funcionando simultáneamente.
- La vegetación presenta distribución uniforme y es acústicamente absorbente.
- El ruido de fondo presente en el ambiente no se tiene en cuenta a la hora de elaborar las simulaciones.
- No se considera el espectro de frecuencias de las emisiones.
- No se considera la emisión sonora fluctuante debida a pequeñas fuentes de emisión: edificios, explotaciones agrícolas, pequeñas industrias, tránsito de vehículos por viales secundarios.

Una vez introducidos los parámetros de cálculo del modelo, se realizan simulaciones acústicas considerando tres situaciones:

- **Situación pre-operacional** o estado actual. Contabilizando únicamente las fuentes de ruido existentes en el momento actual.
- **Situación operacional**, una vez implementado el parque eólico. Contabiliza tanto las fuentes de ruido anteriores como las correspondientes al parque eólico en estudio.
- **Situación operacional. Efecto acumulativo**. Contabiliza las fuentes de ruido anteriores y aquellas otras fuentes de ruido (parques eólicos) situados

dentro de la envolvente de 5 km del parque eólico en estudio, y que se encuentre en fase de proyecto.

Para cada una de estas situaciones se consideran dos escenarios, uno en periodo diurno (de 7:00 a 23:00 h) y otra en periodo nocturno (de 23:00 a 7:00 h).

Al tratarse de parques eólicos, y disponer también de mapas de distribución anual de vientos, se consideraron diferentes escenarios en función de la presencia de vientos dominantes.

Así, resultarían, tal y como aparece en las Figuras 1 y 2, una serie de simulaciones que nos permiten caracterizar la distribución acústica del parque eólico.

1. Situación inicial. Día

2. Situación inicial. Noche

3. Situación proyectada. Día

4. Situación proyectada. Noche

5. Situación proyectada. Efecto acumulativo. Día

6. Situación proyectada. Efecto acumulativo. Noche

*Figura 1. Simulaciones realizadas. Escenario actual y proyectado*

1. Proyectados. Vientos del WSW. Dia

1. Vientos del WSW. Noche

3. Proyectados. Vientos del Este. Día

4. Vientos del Este. Noche

*Figura 2. Simulaciones realizadas. Escenarios con presencia de vientos dominantes*

Los resultados de dichas simulaciones se obtienen en formato numérico y como áreas isófonas, exportables a un Sistema de Información Geográfica. Toda esta información se incluye en un estudio de modelización acústica en base al cual se determinarán en el correspondiente EsIA los previsibles impactos acústicos del proyecto.

## FASE 3. SITUACIÓN OPERACIONAL

Una vez se haya ejecutado el parque eólico, y dentro de los trabajos contenidos en el plan de vigilancia ambiental, se lleva a cabo el control y seguimiento de los valores de ruido en aquellos núcleos seleccionados inicialmente.

Mediante trabajos de campo se obtienen datos de inmisión acústica en dichos puntos, en las mismas circunstancias de medición que se obtuvieron en la fase 1.

Se comparan los datos obtenidos con los reflejados en la situación pre-operacional y con los planteados en la simulación predictiva (Figura 3).

De acuerdo con las coincidencias o discrepancias resultantes se plantean las posibles correcciones del modelo a adoptar.

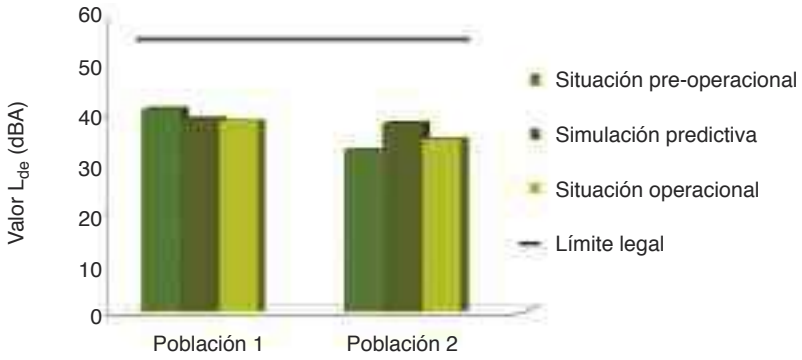



*Figura 3. Comparativa valores $L_{de}$ obtenidos en puntos receptores de un parque eólico*

## Discusión y conclusiones

Se determinan claramente tres fases en el proceso de análisis del impacto acústico producido por la instalación de parques eólicos.

En la primera fase es importante realizar una correcta definición de los puntos receptores a evaluar, así como una extensa toma de datos acústicos en diferentes fechas y situaciones, para tener disponible la máxima variabilidad de registros.

En la fase de simulación predictiva se debe disponer de datos fidedignos en cuanto a valores de emisión y adoptar soluciones de compromiso, equilibradas entre las simplificaciones en los parámetros a evaluar y los costes del estudio.

Los resultados obtenidos en la fase de simulación nos aportan información sobre los previsibles impactos del parque eólico y la caracterización de dicho impacto.

Para poder validar los valores de inmisión resultante, obtenidos mediante la simulación, será necesario ejecutar una tercera fase, incluida dentro del plan de seguimiento y vigilancia, en la que se tomen de nuevo valores acústicos de inmisión y se comparen con éstos y con los datos de partida, realizando los ajustes en el modelo y en las simplificaciones adoptadas.

## Referencias bibliográficas

(1) BOE. Real Decreto 1367/2007, de 19 de octubre, por el que se desarrolla la Ley 37/2003, de 17 de noviembre, del Ruido, en lo referente a zonificación acústica, objetivos de calidad y emisiones acústicas.
(2) Directiva 49/2002/CE sobre Evaluación y Gestión del Ruido Ambiental.
(3) Martínez, J.; Ferri, M.; Alba, J.; Ramis, J.; García, J. (2002). Evaluación Acústica Medioambiental del Parque Eólico la Cuerda. *Forum Acusticum*.

(4) Martín Bravo, M.A.; Tarrero, A.I.; Bravo, D.; Copete, M.; González, J.; Machimbarrena, M.; García, L. (2008). Impacto Acústico de los parques eólicos y su evolución. *Acústica 2008*. Coimbra.
(5) Van den Berg, G. P. (2004). Effects of the wind profile at night on wind turbine sound. *Journal of Sound and Vibration* 277: 955-970.
(6) Cueto Ancela, J. L.; Rivas Calvete, S.; Hernández Molina, R. (2006). Metodología para la evaluación del impacto sonoro producido por los parques eólicos en Andalucía. *TecniAcústica*. Gandía.

# Bloque VIII:

# Estudio de casos

# Impacto sobre la fauna de la proliferación de infraestructuras en medios agrícolas: una aproximación a través de la selección de hábitat del sisón común (*Tetrax tetrax*)

## *Impacts on Wildlife of Infraestructures Development in Agrosystems: A Case of Study Using the Habitat Selection by the Little Bustard (Tetrax tetrax)*

**J. DOMÍNGUEZ DEL VALLE**
**F. CERVANTES PERALTA**
Ideas Medioambientales, SL, Albacete

## Introducción

Los cambios provocados por el hombre sobre los ecosistemas agrarios derivados de la mecanización, la intensificación y el desarrollo de infraestructuras y del urbanismo, han alterando su estructura y funcionalidad, convirtiendo el tradicional paisaje en mosaico en una matriz de monocultivos donde sobreviven pequeñas manchas de hábitat original (e.g. 1, 2). Estas transformaciones han tenido como consecuencia el retroceso constante de la biodiversidad agrícola durante las últimas décadas, detectado por primera vez a través del declive generalizado de las poblaciones europeas de aves asociadas a estos hábitats. Así, se estima que en el continente 102 especies de aves prioritarias ligadas a estos medios sufren problemas de conservación, de las cuales el 40% los padece derivados de la intensificación y modificación de los usos del suelo, y un 20% por el abandono de las tierras cultivables. De todas ellas, las denominadas *aves esteparias* son las que se han visto más afectadas, llevando al 83% de las especies del grupo a una situación de conservación desfavorable (3, 4). Por tanto, si consideramos que las tendencias en los usos del suelo y la proliferación de infraestructuras continúan como resultado del modelo actual de desarrollo, se hace apremiante establecer las necesidades ecológicas de las especies ligadas a estos hábitats con el objetivo de poder integrar el avance económico y social, con la conservación de los valores y funciones de los agroecosistemas.

A través de este trabajo se evalúa la influencia de los cambios en el uso del suelo como consecuencia de la acumulación de infraestructuras humanas sobre las aves asociadas a medios agrícolas, utilizando como índice la selección de mesohábitat de los machos reproductores de sisón común *Tetrax tetrax*.

## Área de estudio

El área de estudio se encuentra al sureste de la Península Ibérica en la provincia de Albacete, dentro del termoclima mesomeditarráneo (UTM 30SWJ30, Figura 1). Con unas 3.700 ha de extensión, se trata de una zona de perfiles llanos dominada por un mosaico de cultivos herbáceos y leñosos en secano distribuidos en parcelas medias de unas 6 ha. Alrededor del 40% de la superficie está ocupada por cultivos de cereal, el 20% por pastizales naturales o seminaturales y el resto por plantaciones de almendros, leguminosas, pinares antrópicos, matorral y encinar, y labrados.

*Figura 1. Localización de la zona de estudio. En primer término la provincia de Albacete con el área de trabajo aproximada enmarcada en un círculo*

## Metodología

Para valorar en que grado influye la presencia de infraestructuras sobre las comunidades de aves de los agroecosistemas se ha tomado como indicador las preferencias en la selección de hábitat del sisón común. Esta decisión se ha fundamentado en el concepto de especie diana/focal, que consiste en utilizar como referencia a aquellos taxones más sensibles a los impactos para definir el nivel mínimo aceptable en que el se expresa dicho factor de influencia (5, 6, 7). Asumiendo esta línea teórica, podríamos incluir al sisón común dentro de este grupo si consideramos que sus exigencias de hábitat estarían abarcando las necesidades estructurales del paisaje de otros taxones de medios agrícolas (ver contexto en 8), y porque entre sus principales problemas de conservación se encuentra la transformación del hábitat y la gestión agraria (9). Igualmente se trata de una especie que tiene en Castilla-La Mancha los mayores contingentes

poblacionales de la Península Ibérica (10) y es abundante en la zona de estudio durante el periodo reproductor (datos propios), aspectos que han facilitado la recogida de datos de campo.

Durante la primera quincena del mes de mayo de 2009, coincidiendo con el periodo de máxima actividad de la especie (10, 11, 12), se estudió la selección de mesohábitat de los machos reproductores de sisón común en función de variables descriptoras de la estructura del paisaje y del grado de humanización de la zona de estudio. Es decir, se comparó el hábitat efectivamente seleccionado por el ave con el realmente disponible en la zona, con la finalidad de determinar que factores ambientales condicionan la distribución de los ejemplares. En la elección de las variables se tuvo en cuenta las preferencias ecológicas conocidas para la especie (ver 13).

### Uso y disponibilidad

Para determinar el uso del hábitat se realizaron recorridos simultáneos -que reducen la posibilidad de duplicar contactos- con 2 vehículos todo terreno a baja velocidad (20 km/h), siguiendo una red de caminos locales sin asfaltar y previamente definida de aproximadamente 80 km. El horario de muestreo se estableció entre el orto y las 11:00 horas y dos horas antes del ocaso. A lo largo de los itinerarios se disponían estaciones de censo cada 500 metros en los que se prospectaba, durante 10 minutos y con ayuda de prismáticos, los alrededores para detectar -visual o acústicamente- la existencia de machos reproductores (10). En cada estación de censo con presencia de sisón común se tomaron datos en círculos de 100 metros de radio alrededor de la observación de 12 variables que reflejaban los tipos y coberturas de vegetación, las distancias a construcciones humanas y las características de las parcelas de cultivo (Tabla 1). Del mismo modo, para establecer la disponibilidad de hábitat potencial se distribuyeron aleatoriamente otros 96 puntos sobre la superficie de estudio, en los que también se anotaron las variables de estructura del paisaje y del grado de humanización (14, 15).

### Análisis de los datos

Para acotar la cantidad de información inicial de las 12 variables y facilitar la interpretación de los datos se empleó el Análisis Factorial (AF), cuya finalidad es reducir las variables originales a un número más pequeño de componentes o factores, que son una combinación lineal de las primeras y que explican la mayor parte de su variación total (16). Dado que se trata de una herramienta que asume linealidad entre las variables, se trasformaron *a priori* las coberturas mediante función arcoseno, y la variable *tamaño medio de la parcela catastral* mediante función logarítmica. El resto de variables no necesitaron ser transformadas. Asi-

*Tabla 1. Definición de las variables analizadas. Las coberturas se expresaron en tanto por uno y se tomaron sobre el terreno, y las distancias (metros) y el número de parcelas se calcularon a partir de cartografía digital*

| | |
|---|---|
| **CobCere** | Porcentaje de superficie de cultivo de cereal |
| **CobLegu** | Porcentaje de superficie de cultivo de leguminosas |
| **CobLabr** | Porcentaje de superficie labrada |
| **CobPastos** | Porcentaje de superficie de pastizales |
| **CobArbo** | Porcentaje de superficie de cultivos arbóreos |
| **CobOtros** | Porcentaje de superficie de vegetación minoritaria |
| **CobBar** | Porcentaje de superficie de cultivo en barbecho |
| **NumParce** | Número de parcelas catastrales en cada punto de muestreo |
| **TamParce** | Tamaño medio de la parcela catastral ($m^2$) |
| **DistEdifi** | Distancia media a construcciones humanas aisladas (granjas, casas, etc.) |
| **DistInfra** | Distancia media a grandes infraestructuras (núcleos urbanos, polígonos, etc.) |
| **DistCarret** | Distancia media a carreteras asfaltadas |

mismo, y para minimizar la variabilidad de los coeficientes de cada factor y mejorar su explicación, se aplicó la rotación Varimax sobre los resultados del AF. Con los *factor score* obtenidos se examinó la respuesta de los machos de sisón común a las características del hábitat mediante ANOVA entre los datos de hábitat disponible y los del hábitat efectivamente seleccionado. Finalmente se realizó un nuevo ANOVA para establecer cuales de las variables de hábitat con mayor correlación determinaba efectivamente la distribución de la especie.

## Resultados

Se recabó información sobre las variables descriptoras del paisaje en 134 puntos de 100 m de radio, de los cuales 38 correspondían a contactos de machos de sisón común y 96 a muestreos aleatorios de disponibilidad de hábitat.

El AF obtuvo cuatro componentes que explican el 62% de la varianza observada en el hábitat de estudio. El primer factor (F1) representa el 27% de la variación y determina en su lado positivo la influencia humana en el paisaje a través de la distancia a las edificaciones, las grandes concentraciones de infraestructuras y las vías de comunicación asfaltadas. El segundo factor (F2), con el 13% de la varianza, establece un gradiente ambiental entre las áreas dedicadas al cultivo de cereal en secano y las parcelas donde dominan las formaciones herbáceas naturales o seminaturales. Un tercer componente (F3), que reúne el 12% de la varianza, segrega en un extremo las superficies con un alto número de parcelas agrícolas frente al resto de formaciones vegetales minoritarias. Finalmente, el cuarto factor (F4) acumula el 10% de la variación observada y representa las zonas labradas sin vegetación (Tabla 2).

*Tabla 2. Valores de correlación de cada variable en los 4 factores obtenidos. En negrita y cursiva los valores de las variables que definieron los gradientes ambientales*

| | Factor 1 | Factor 2 | Factor 3 | Factor 4 |
|---|---|---|---|---|
| **CobCere** | 0,101069 | ***–0,925077*** | 0,028514 | 0,219579 |
| **CobLegu** | 0,026079 | 0,063325 | –0,006205 | 0,039180 |
| **CobLabr** | 0,055348 | 0,114752 | –0,054383 | ***–0,954918*** |
| **CobPastos** | 0,117865 | ***0,679951*** | 0,109305 | 0,254190 |
| **CobArbo** | –0,113102 | 0,308667 | –0,433840 | 0,358919 |
| **CobOtros** | –0,348441 | 0,041666 | ***0,727980*** | 0,005254 |
| **CobBar** | 0,065721 | 0,133982 | 0,064865 | 0,055881 |
| **NumParce** | –0,437959 | 0,072893 | ***–0,634636*** | –0,182591 |
| **TamParce** | 0,415715 | 0,166148 | 0,555286 | 0,092946 |
| **DistEdifi** | ***0,896830*** | –0,184277 | –0,009470 | –0,157907 |
| **DistInfra** | ***0,982639*** | –0,023296 | 0,006681 | –0,030412 |
| **DistCarret** | ***0,928353*** | 0,112466 | 0,061413 | 0,085931 |
| **Expl.Var** | 3,162724 | 1,530310 | 1,453147 | 1,233427 |
| **Prp.Totl** | 0,263560 | 0,127526 | 0,121096 | 0,102786 |

A continuación se aplicó un ANOVA a los *factor score* obtenidos de los datos de hábitat disponible y realmente utilizado, que reflejaron que el grado de humanización del paisaje (F1) mostraba diferencias significativas ($F_{1,132}$= 8,156; p= 0,004); mientras que el resto de gradientes ambientales definidos por F2, F3 y F4, y relacionados con la composición de la vegetación, no explicaban la distribución de los machos de sisón común ($F_{1,132}$= 0,098; p= 0,754; $F_{1,132}$= 1,550; p= 0,215 y $F_{1,132}$= 0,185; p= 0,667 respectivamente) (Figura 2).

Por último, se empleó nuevamente un ANOVA sobre las variables brutas de hábitat con mayor correlación en el F1, obteniéndose que la distancia a las grandes infraestructuras y zonas urbanizadas ($F_{1,132}$= 8,052; p= 0,005), y a las vías de comunicación asfaltadas ($F_{1,132}$= 11,567; p= 0,000) eran significativamente determinantes de la presencia de los machos, mientras que las edificaciones pequeñas y aisladas no mostraron influencia ($F_{1,132}$= 0,095) (Tabla 3).

*Tabla 3. Valores descriptivos y resultados del ANOVA de las 3 variables más autocorrelacionadas del F1. Las distancias se dan en metros*

| | Uso (n=38) | | Disponibilidad (n=96) | | ANOVA | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Variables | Media | + Error estándar | Media | + Error estándar | F | p |
| DistEdifi | 4.387 | 97 | 4.205 | 56 | 2,832 | 0,095 |
| DistInfra | 4.434 | 169 | 3.805 | 122 | 8,052 | 0,005 |
| DistCarret | 3.605 | 127 | 2.915 | 117 | 11,567 | 0,000 |

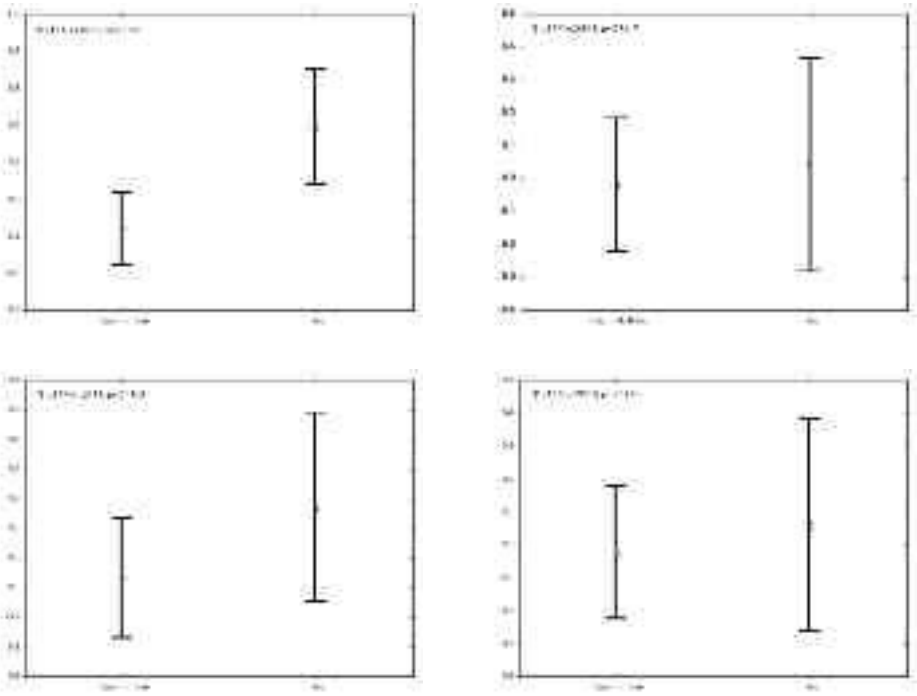


*Figura 2. Resultados del ANOVA sobre los factor score de las variables de hábitat potencial (disponibilidad) y hábitat seleccionado (uso)*

## Discusión

Los resultados reflejan que en la zona de estudio la ubicación de los machos de sisón común durante el periodo reproductor no se ve condicionada por la composición a mesoescala de la vegetación. Probablemente esta situación sea debida a que, dentro del hábitat potencial para la especie, son las variables de microhabitat las que presentan una mayor peso a la hora de definir su presencia, como apuntan los últimos estudios donde se ha analizado la disponibilidad de alimento y el grado de refugio de la vegetación (8, 11, 12). Por tanto, la escala de detalle elegida para la caracterización de la vegetación no estaría siendo adecuada para describir su influencia en la ubicación de los *leks*.

Por otro lado, el grado de humanización del paisaje, reflejado en la cercanía a vías de comunicación, construcciones, núcleos urbanos y zonas industriales, sí se muestra con un factor determinante en la selección de los cantaderos por los ejemplares de sisón común. Así, los machos eligen los lugares más alejados de estas estructuras, evitando la presencia humana continuada y masiva. De hecho, el sisón toleraría las construcciones aisladas asociadas a los usos agrícolas tradicionales -corrales, casas de labranza, cucos, construcciones para aperos, etc.- en los que la actividad humana es puntual y reducida; pero evitaría las

áreas más humanizadas con presencia permanente de personas como los núcleos urbanos, las zonas industriales y las vías de comunicación principales.

### Medidas de conservación y gestión

La destrucción del hábitat es la principal amenaza para el sisón común en España (9, 13), por lo que cualquier proyecto de proliferación de infraestructuras en ecosistemas agrarios con presencia de la especie deberá tener en cuenta sus necesidades ecológicas. El desarrollo incontrolado de la actividad humana en las áreas de importancia reproductiva podría provocar el desplazamiento o la pérdida de los l*eks* y poner en peligro la viabilidad de las poblaciones a largo plazo. Sería deseable que se prime la ubicación de nuevas construcciones en zonas degradadas y anejas a los núcleos urbanos o polígonos industriales existentes, donde la presencia del sisón común es menos probable.

La conservación del hábitat del sisón común puede ser una buena herramienta para la protección de las necesidades de otros taxones de hábitats agrícolas, principalmente en lo referente a las molestias humanas, que optimizaría las estrategias de conservación. No obstante, es necesario profundizar en el concepto de especie diana/focal atribuido al sisón común para determinar con exactitud que funciones y especies salvaguardaría en los ecosistemas.

Finalmente, los estudios multivariante de selección de hábitat a mesoescala son herramientas adecuadas para valorar los impactos producidos por los cambios en el uso del suelo sobre las aves asociadas a medios agrícolas.

## Referencias bibliográficas

(1) Gómez Sal, A. 2007. Componentes del valor del paisaje mediterráneo y el flujo de servicios de los ecosistemas. *Ecosistemas,* 16(3): 96-106.

(2) Sans, F. X. 2007. La diversidad de los agroecosistemas. *Ecosistemas,* 16(1): 44-49.

(3) European Environment Agency. 2004. High nature value farmland. Characteristics, trends, and policy challenges. EEA report., 1/2004.

(4) Bota, G., Morales, M. B., Mañosa, S., Camprodon, J. (Eds.). 2005. *Ecology and Conservation of Steppe-land Birds*. Lynx Edicions-Centre Tecnològic Forestal de Catalunya, Barcelona.

(5) Lambeck, R. J. 1997. Focal species: A multi-species umbrella for nature conservation. *Conservation Biology,* 11 (4): 849-856.

(6) Angelstam, P. K., Bütler, R., Lazdinis, M., Mikusinski, G., Roberge, J. M. 2003. Habitat thresholds for focal species at multiple scales and forest biodiversity conservation-dead wood as an example. *Annales Zoologici Fennici,* 40: 473-482.

(7) Roberge, J. M., Angelstam, P. 2004. Usefulness of the umbrella species concept as a conservation tool. *Conservation Biology,* 18(1): 76-85.

(8) Morales, M. B., Traba, J. 2009. Compromisos adaptativos en la selección de hábitat de aves esteparias. Pags: 304-313. En: Dopazo, H., Navarro, A. (Eds.). *Evolución y*

*Adaptación. 150 años después del Origen de las Especies*. Ministerio de Ciencia e Innovación-Generalitat Valenciana.

(9) García de la Morena, E. L., De Juana, E., Martínez, C., Morales, M. B., Suárez, F. 2005. Sisón Común, *Tetrax tetrax*. En, Madroño, A.; González, C. & Atienza, J.C. (Eds.): *Libro Rojo de las Aves de España*. Dirección General para la Biodiversidad–SEO/BirdLife. Madrid.

(10) García de la Morena, E. L., Bota, G., Ponjoan, A., Morales, M. B. 2006. *El sisón común en España. I Censo Nacional (2005)*. SEO/BirdLife. Madrid.

(11) Traba, J., Morales, M. B., García de la Morena, E. L., Delgado. M. P., Krištín, A. 2007. Selection of breeding territory by little bustard (*Tetrax tetrax*) males in Central Spain: the role of arthropod availability. *Ecological Research,* 23 (3): 615-622.

(12) Morales, M.,B., Traba, J., Carriles, E., Delgado, M. P., García de la Morena, E. L. 2008. Sexual differences in microhabitat selection of breeding little bustards *Tetrax tetrax*: Ecological segregation based on vegetation structure. *Acta Oecologica,* 34(3): 345-353

(13) Martínez, C. 2011. Sisón Común–*Tetrax tetrax*. En: Salvador, A. & Morales, M. (Eds.). Enciclopedia Virtual de los Vertebrados Españoles. Museo Nacional de Ciencias Naturales, Madrid. http://www.vertebradosibericos.org/

(14) Sutherland, W. J., Newton, I., Green R. E. (Eds.). 2004. *Birds Ecology and Conservation. A Handbook of Techniques*. Techniques in Ecology & Conservation Series. Oxford University Press. New York.

(15) Bibby, C. J., Burgess, N. D., Hill, D. A., Mustoe, S.,H. 2000. *Bird Census Techniques. Second Edition*. Academic Press, New York.

(16) Quinn, G.,P., Keough, M.,J. 2002. *Experimental Design and Data Analysis for Biologists*. Cambridge University Press. Cambridge.

# Evolución de los índices de abundancia, riqueza y mortandad de la avifauna en los parques eólicos de Albacete tras cinco de seguimiento. Aplicación en la adopción de medidas compensatorias

## *Evolution of the Indices of Abundance, Wealth and Mortality of Birds in the Wind Farms of Albacete Monitoring after Five. Enforcement Action in Duties*

**J. J. LUJÁN NÚÑEZ**
**A.S. GALÁN CANO**
Servicio de Evaluación Ambiental. Delegación Provincial de Albacete de la Consejería de Agricultura y Medio Ambiente de la Junta de Comunidades de Castilla-La Mancha

**J. A. LÓPEZ DONATE**
**D. HUERTAS MIGUELAÑEZ**
Servicio de Áreas Protegidas y Biodiversidad de la Delegación Provincial de Albacete de la Consejería de Agricultura y Medio Ambiente de la Junta de Comunidades de Castilla-La Mancha

**S. SÁNCHEZ LÓPEZ**
Empresa GEACAM, Albacete

**Resumen**

A la vista de estos resultados observamos que la instalación de parques eólicos origina un desequilibrio en las poblaciones de aves residentes en la zona con una disminución de la abundancia de la avifauna a lo largo del tiempo pero si se adoptan medidas de fomento de las poblaciones se puede conseguir una recuperación de las mismas, no ya en las proximidades de los aerogeneradores pero si en el entorno del mismo.

**Palabras clave**

Parque eólico, avifauna, abundancia, índice de mortalidad.

## Introducción

Las excepcionales condiciones de viento de la provincia de Albacete han hecho a esta zona pionera dentro del territorio nacional en relación con el aprovechamiento de la energía eólica, lo que ha permitido que a día de hoy existan gran cantidad de parques eólicos en funcionamiento. El estudio se centra en analizar los datos recogidos de abundancia, riqueza y mortalidad de avifauna en

17 parques eólicos, que ya han finalizado la fase de seguimiento y vigilancia de cinco años de duración impuesta en las Declaraciones de Impacto Ambiental, incluyendo el Plan Específico de Seguimiento y Vigilancia de la avifauna y los quirópteros. La titularidad de estos es de Iberdrola Renovables S.A., se ubican en la zona centro y este de la provincia de Albacete (Figura 1).

*Figura 1. Plano de situación de los parques eólicos*

## Material y métodos

Los datos empleados en este estudio proceden de los trabajos de seguimiento realizados por la consultoría ambiental EIN Castilla-La Mancha S.L. (1) de acuerdo a la metodología establecida por la Dirección General de Áreas Protegidas y Biodiversidad, de la Consejería de Agricultura y Medio Ambiente de la Junta de Comunidades de Castilla-La Mancha, que presenta las siguientes características comunes a los tres índices (mortalidad, densidad y abundancia**)** analizados:

- seguimiento del 100% de los aerogeneradores, los datos obtenidos corresponden a la fase de funcionamiento, no se disponen de datos en fase preoperacional.
- Establecimiento de cuatro periodos fenológicos diferentes.
- Eliminación de las observaciones realizadas en días con condiciones climatológicas especialmente adversas así como aquellos con actividad humana excepcional en el parque eólico.
- Periodicidad de la visita semanal.

Con las siguientes particularidades para cada índice analizado:

Mortalidad: se realiza un itinerario de ida y vuelta por todas las estructuras del parque eólico conformando una doble sinusoide que cubre una banda de 100 m, para corregir posibles distorsiones se aplican dos coeficientes correctores, factor de corrección de la depredación y factor de corrección de la eficacia de la búsqueda.

Densidad: se emplea un método taxiado a lo largo del itinerario de ida del observador, en el cual se anotan todas las aves vistas en una banda de 50 m y se ofrecen datos de densidad de especies referidas al nº de individuos/10 ha.

Abundancia: consiste en la anotación de todos los ejemplares vistos u oídos a lo largo del recorrido de ida, sin límite de distancia, ofrece un índice kilométrico de abundancia referido a nº de aves por km recorrido.

Con los datos obtenidos realizamos un "análisis de varianza multifactor" con la aplicación informática *Statgraphics Centurion v16.0* para ver la variación de estos índices a lo largo del tiempo.

## Resultados y discusión

En un primer análisis realizado sobre los datos anuales de abundancia y densidad del total de la avifauna no se obtuvieron resultados concluyentes quizás debido a:

- presencia de grupos de aves migratorias en los inventarios.
- Presencia de aves rapaces y córvidos a los que este tipo de muestreo no es adecuado.

Por esta razón se realizó un segundo análisis, con los datos recogidos por periodos fenológicos y centrado en dos especies representativas del tipo de hábitat en el que están situados los parques eólicos, una eminentemente forestal la cogujada montesina (*Galerida theklae)* y otra de interés económico por su valor cinegético la perdiz roja (*Alectoris rufa*).

Los resultados de los datos recogidos en los seguimientos se presentan a continuación de la siguiente manera.

Evolución de la abundancia de cogujada y perdiz (Figuras 1 y 2).

Evolución de la densidad de la cogujada y la perdiz (Figuras 4 y 5).

Evolución de los índices de mortalidad en los cinco años para el total de los parques eólicos estudiados (Figura 6).

Tanto la abundancia como la densidad decrecen con el tiempo, ahora bien la tendencia más clara la ofrece el índice de abundancia frente a la densidad.

Las dos especies analizadas marcan una tendencia negativa, que en el caso de la perdiz muestra una recuperación final.

El índice de mortalidad decrece en todos los parques eólicos con el tiempo, salvo en uno de ellos.

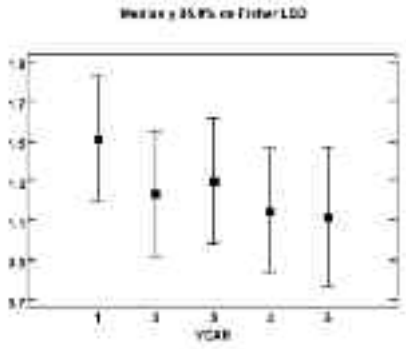


*Figura 2. Abundancia cogujada montesina*

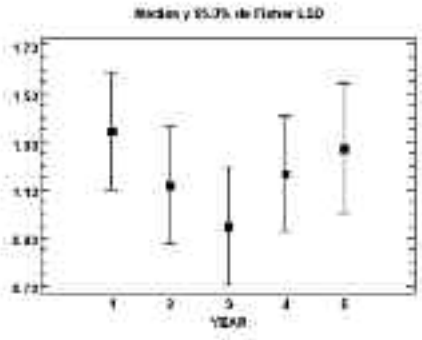


*Figura 3. Abundancia perdiz roja*

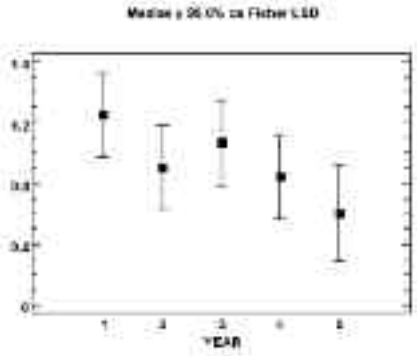


*Figura 4. Densidad cogujada montesina*

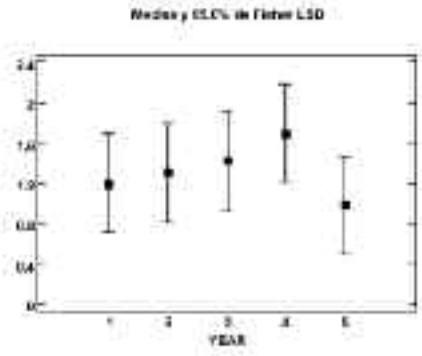


*Figura 5. Densidad perdiz roja*

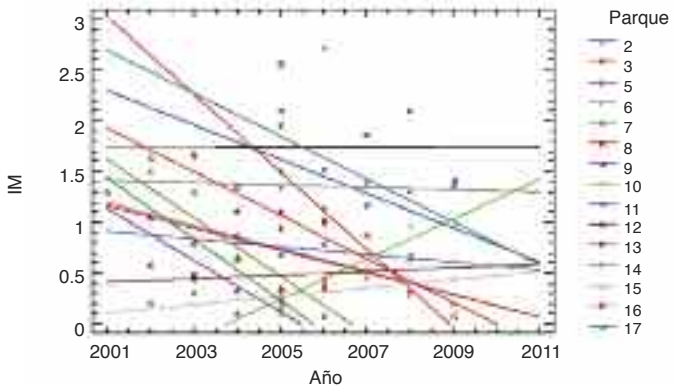



*Figura 6. Índices de mortalidad*

Durante los cinco primeros años de funcionamiento de los parques eólicos ha habido una disminución de la abundancia de las especies de la avifauna analizadas, ahora bien en una especie de interés económico como la perdiz las poblaciones se recuperan a partir del cuarto año debido a las medidas de mejora de hábitat (comederos, bebederos, sueltas, etc,…) que realizan los gestores de los cotos privados de caza para reestablecer los niveles de capturas, hecho que no se produce en el caso de la cogujada montesina.

El índice de mortalidad decrece con el paso del tiempo probablemente influido por la disminución de la abundancia.

## Referencias bibliográficas

(1) Informes de seguimiento y vigilancia del parque eólico Ampliación Virgen de Belén. (I al V).
Informes de seguimiento y vigilancia del parque eólico Atalaya de la Solana.(I al V).
Informes de seguimiento y vigilancia del parque eólico Capiruzas I y II. (I al V).
Informes de seguimiento y vigilancia del parque eólico Cerro de la Silla. (I al V).
Informes de seguimiento y vigilancia del parque eólico Cerro Revolcado. (I al V).
Informes de seguimiento y vigilancia del parque eólico Cerro Vicente y Ampliación. (I al V).
Informes de seguimiento y vigilancia del parque eólico Higueruela. (I al V).
Informes de seguimiento y vigilancia del parque eólico Isabela. (I al V).
Informes de seguimiento y vigilancia del parque eólico Malefatón. (I al V).
Informes de seguimiento y vigilancia del parque eólico Morrablancar. (I al V).
Informes de seguimiento y vigilancia del parque eólico Muela de Tordosilla. (I al V).
Informes de seguimiento y vigilancia del parque eólico Muela y Cuerda. (I al V).
Informes de seguimiento y vigilancia del parque eólico Pozo Cañada. (I al V).
Informes de seguimiento y vigilancia del parque eólico Sierra Oliva. (I al V).
Informes de seguimiento y vigilancia del parque eólico Sierra Pinilla. (I al V).
Informes de seguimiento y vigilancia del parque eólico Sierra Quemada. (I al V).
Informes de seguimiento y vigilancia del parque eólico Virgen de Belén. (I al V).
Autor: Ein Castilla-La Mancha S.L.

# Pasos a nivel para la fauna: propuesta de diseño en tramos de concentración de accidentes con animales (TCAA)

## *Wildlife Crosswalk Design Proposal in Wildlife-Vehicle Collision Stretches*

**C. IGLESIAS MERCHÁN**
**M. C. MATEO SÁNCHEZ**
Departamento de Proyectos y Planificación Rural,
Universidad Politécnica de Madrid, Madrid

**F. J. CANTERO DESMARTINES**
Comunidad de Madrid, Consejería de Transportes e Infraestructuras

## Introducción

Los accidentes de tráfico causados por animales silvestres constituyen un problema complejo, ligado a la fragmentación de hábitats por la densificación de la red de infraestructuras de transporte y cambios de usos del suelo, objeto de una gran atención a nivel técnico y científico como evidencia la reciente profusión literaria en la materia (1, 2, 3, 4, 5, 6 y 7). En el ámbito de las carreteras convencionales, resulta especialmente difícil paliar o rebajar su gravedad y, pese a que se han experimentado diversos dispositivos con resultados dispares en distintos ámbitos geográficos, en España se desconoce la aplicación de pasos a nivel para la fauna, no existen referencias en la bibliografía específica y, por supuesto, menos aún resultados de su posible eficacia en la Península. En todo caso, se sabe que la solución más eficaz resulta de combinar el cerramiento de las infraestructuras con la construcción de pasos de fauna, pero las características de la primera pueden condicionar notablemente a los segundos, y en determinados ámbitos resulta inviable la construcción de pasos de acuerdo a las exigencias de algunas especies, particularmente en el caso de las carreteras convencionales, debido a sus características de trazado más ajustado a la topografía del terreno (8).

Los accidentes de tráfico con participación de animales silvestres es un problema cuya dimensión real resulta difícil de conocer, debido a la dispersión de datos y el baile de cifras de unas fuentes documentales a otras. Sin embargo, según datos de la Dirección General de Tráfico (DGT) durante el año 2008 se produjeron en torno a 12.000 siniestros en España, casi el doble que un lustro antes, confirmándose una tendencia creciente en un número mayor de provincias. Entre las especies de fauna silvestre, los ungulados destacan por el número de accidentes causados y los daños producidos, incluso en términos de pérdida de vidas humanas. A nivel nacional, según un estudio de la DGT (9) del año 2004, las tres especies de animales silvestres que más accidentes causan

lo hacen en la siguiente proporción: jabalí (50%), corzo (35%) y ciervo (7%), correspondiendo el 8% restante a otras especies.

*Tabla 1. Accidentes con víctimas por colisión con animales sueltos en España (Fuente: DGT)*

| Año | 2009 | 2008 | 2007 | 2006 | 2005 | 2004 | 2003 | 2002 | 2001 | 2000 | 1999 | 1998 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Accidentes | 405 | 302 | 331 | 334 | 291 | 306 | 319 | 279 | 317 | 281 | 355 | 339 |
| Fallecidos | 9 | 3 | 7 | 8 | 7 | 18 | 19 | 7 | 11 | 7 | 16 | 12 |

En el ámbito de una Comunidad Autónoma uniprovincial, como la Comunidad de Madrid, que pese a su dimensión gestiona una red de carreteras de más de 2.500 km, los ungulados han sido responsables de unos 75 siniestros anuales durante el último lustro. La mayoría de estos accidentes (un 76% en la Comunidad de Madrid) tiene lugar en vías convencionales, donde es difícil abordar su cerramiento (medida más eficaz para reducir la siniestralidad) y la construcción de estructuras a modo de pasos de fauna (medida más eficaz para reducir el efecto barrera sobre la fauna, pero inviable en términos económicos e incluso técnicos en estas vías).

## Material y métodos

La propuesta de diseñar pasos a nivel para la fauna parte de la imposibilidad de abordar de manera indiscriminada la construcción de estructuras específicas para pasos de fauna en la red de carreteras convencional. Además de su coste económico, la mayor adversidad es técnica, debido a los condicionantes de trazado de este tipo de infraestructuras y las exigencias de localización y dimensión de algunas especies.

Los pasos a nivel para la fauna se basan en el mismo concepto de que la medida que más repercute sobre la seguridad vial es la instalación de cerramiento combinada con la construcción de pasos de fauna verdaderamente eficaces, hecho comprobado en los países donde las autopistas no tienen cerramiento por normativa. De los que se importa gran parte de la teoría relativa a esta materia, dado que en nuestro país estas infraestructuras siempre han tenido cerramiento perimetral y, por tanto, no se ha podido comprobar el efecto reductor que, su instalación combinada con pasos de fauna, tiene sobre las estadísticas de siniestralidad y atropellos de animales en vías de alta capacidad.

Sin embargo, sí hay experiencias en España sobre el efecto de desplazamiento del problema a otras zonas más o menos próximas a un tramo de carretera donde se haya instalado un cerramiento parcial, que puede trasladar el problema de colisiones a lugares donde antes no se daban, o donde se producían con menor frecuencia. Es por ello que, conociendo la teoría sobre la efica-

cia de combinar esta herramienta con la construcción de pasos de fauna, convenga actualizar la información sobre las experiencias conocidas para sustituir la construcción de pasos específicos de fauna (en carreteras convencionales donde no sea posible) por soluciones alternativas que permitan conservar la permeabilidad de la infraestructura para ungulados, adaptándose su diseño progresivamente y, en la medida de lo posible, a las tecnologías disponibles y a las características y normas sectoriales españolas.

La introducción de pasos a nivel para la fauna en carreteras convencionales requiere cerrar tramos de una longitud variable para hacerlos impermeables a las especies objetivo. A la vez se crea un espacio abierto en el cerramiento donde debe garantizarse que el animal no se desvíe hacia el interior de la calzada (los últimos ensayos en Estados Unidos incluyen mantas eléctricas a modo de paso canadiense). Por otro lado es inevitable exigir a los conductores que reduzcan la velocidad en el lugar de cruce a unos 50 km/h para reducir el número de colisiones o la gravedad de las que se sigan produciendo. En Estados Unidos, la utilización de señales luminosas que advierten a los conductores de la presencia de animales en la calzada (detectados mediante sistemas electrónicos en la proximidad de la zona de paso), se ha demostrado efectiva para lograr que éstos aminoren la velocidad a su paso por la zona de cruce (10).

*Figura 1. Pasos a nivel para la fauna existen en carreteras de Arizona (Estados Unidos) y Escandinavia (en la imagen una carretera de Noruega). Foto Carlos Iglesias*

El diseño de pasos a nivel para la fauna se considera recomendable en tramos de concentración de atropellos con animales (TCAA) y se basa en los siguientes elementos:

**Cerramiento perimetral**

Impide que los animales invadan la calzada (no es obligatorio en las carreteras convencionales). Debe vallarse una longitud variable de la carretera en función de las características del TCAA. A mitad de tramo se ofrecerá un espacio abierto por donde se espera que los animales intenten cruzar la carretera. En el

caso de los ungulados, la zona de paso debería tener una anchura mínima de 50 metros. El principal inconveniente de esta medida es su coste económico. El precio del cerramiento habitualmente empleado en infraestructuras de transporte que atraviesan zonas con presencia de ungulados puede resultar algo elevado, sobre todo si el cerramiento debe enterrarse en su base, por lo que sería conveniente experimentar la eficacia del cerramiento empleado en terrenos cinegéticos para estas especies o sistemas de fijación de la base al suelo que permiten ahorrar en tiempo y material.

### Barreras transversales

Tienen la misión de impedir que los animales que intenten cruzar por el paso a nivel se desvíen de su trayectoria. También deben instalarse al principio y al final del TCAA vallado. Actualmente los dispositivos más eficaces son los denominados pasos canadienses, pero su coste y características de ejecución debe tener en cuenta el tonelaje de lo vehículos pesados y tendrían que utilizarse diseños compatibles con el tránsito de motocicletas. Actualmente en otros países se está experimentando unas mantas eléctricas, que alternan los colores amarillo y negro para su correcta visualización, con referencias positivas. Experimentos anteriores llegaron a simular con pintura el paso canadiense sobre el pavimento, pero sus resultados no fueron buenos.

### Reductores de velocidad

El correcto funcionamiento de un paso a nivel para la fauna exige que los conductores reduzcan su velocidad a unos 50 km/h en la zona de cruce. Actualmente la normativa técnica no facilita el empleo de reductores de velocidad fuera de tramos urbanos o travesías, sin embargo podrían justificarse por motivos de seguridad vial.

### Dispositivos de escape

En función de la longitud del tramo vallado y las características del cerramiento, podría contemplarse la instalación de dispositivos de escape para los propios ungulados u otras especies que pudieran acceder accidentalmente a un tramo de carretera comprendido entre dos barreras transversales y así facilitar su huída y reducir el riesgo de atropello o colisión con un vehículo.

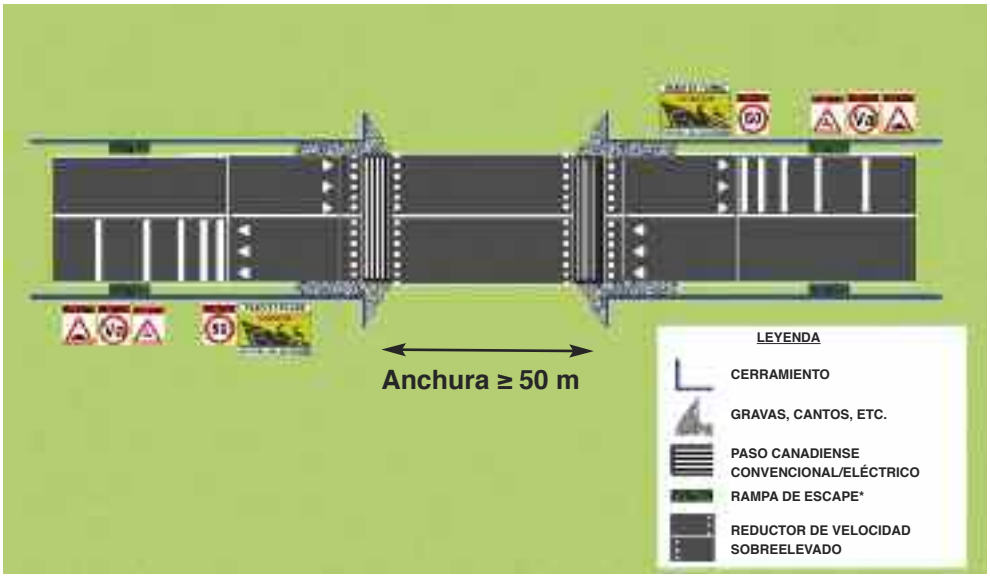



*Figura 2. Diseño posible de paso a nivel para la fauna con elementos reductotes de velocidad y de limitación de accesos a la calzada fuera de la zona de cruce*

## Resultados

La propuesta de paso a nivel para la fauna es una solución escasamente discutida a nivel nacional, y no se conocen resultados publicados sobre su eficacia en España.

La conclusión más generalizada en estudios llevados a cabo a nivel internacional sobre tramos de carreteras con elevada siniestralidad antes de adoptarse medidas correctoras coinciden en afirmar que la medida que más repercute sobre la seguridad vial es la instalación de cerramiento, aunque debe ir combinada con la construcción de pasos de fauna verdaderamente eficaces tanto para reducir la fragmentación de poblaciones animales como para evitar el desplazamiento de los puntos negros a otros tramos cercanos. Diversos estudios en Europa y Norteamérica demuestran que la combinación de cerramiento y pasos de fauna reduce entre un 80% y un 90% la siniestralidad en tramos conflictivos (10, 11 y 12).

## Discusión y conclusiones

Los accidentes de tráfico por colisión con animales representan un problema de seguridad vial que, a diferencia de otras causas de accidente, aumenta cada año. La normativa técnica, en España, obliga a que las denominadas infraes-

tructuras de transporte de alta capacidad dispongan de cerramiento perimetral, medida que reduce significativamente el número de accidentes causados por animales. Sin embargo las carreteras convencionales no lo poseen y las necesidades de acceso a las fincas colindantes impiden la realización continua de dicha medida que, por otro lado, agravaría el efecto barrera de las infraestructuras sobre algunas poblaciones animales.

Aunque desde hace años se han experimentado varios dispositivos para prevenir este tipo de accidentes en carreteras; reflectores en los márgenes de las carreteras, barreras olfativas, dispositivos ultrasónicos en los vehículos, desbroces en los márgenes, etc. casi todos ellos se vuelven poco eficaces al cabo de más o menos tiempo (13).

Diferentes experiencias internacionales permiten idear una solución alternativa que combina la creación de zonas de paso de fauna con tramos de velocidad reducida para los vehículos y el cerramiento parcial de la carretera. Aunque debido a las características de estos accidentes parece imposible anularlos por completo, la previsible demanda de actuaciones por razones de seguridad vial y el problema de conservación que implica para algunas especies animales inspiran una alternativa a considerar por su relación coste-eficacia: la construcción de pasos a nivel para la fauna (*wildlife crosswalks*, en la literatura científica), en experimentación en otros países cuyo estudio proporciona constantes novedades de diseño que no deberían desatenderse.

Agradecimientos por sus comentarios: John A. Bissonette y Marcel Huijser (EE.UU.), Lisa Dolan (Irlanda), Rokas Radvilavičius (Lituania) y Niina Jääskeläinen (Finlandia).

## Referencias bibliográficas

(1) Ministerio de Medio Ambiente. 2006. Prescripciones Técnicas para el diseño de pasos de fauna y vallados perimetrales. Documentos para la reducción de la fragmentación de hábitats causada por infraestructuras de transporte, número 1. O.A. Parques Nacionales. Ministerio de Medio Ambiente. 108 pp Madrid.

(2) Ministerio de Medio Ambiente y Medio Rural y Marino. 2008. Prescripciones Técnicas para el seguimiento y evaluación de las medidas correctoras destinadas a reducir el impacto de las infraestructuras lineales sobre la fauna. Documento 2 de la Serie de Documentos para la Reducción de la Fragmentación de Hábitats causada por Infraestructuras de Transporte, publicada por el O.A. Parques Nacionales del Ministerio de Medio Ambiente. 115 pp. Madrid.

(3) Ministerio de Medio Ambiente y Medio Rural y Marino. 2010. Prescripciones Técnicas para la reducción de la fragmentación de hábitats en la fase de planificación y trazado. Documentos 3 de la Serie de Documentos para la Reducción de la Fragmentación de Hábitats causada por Infraestructuras de Transporte, publicada por el O.A. Parques Nacionales del Ministerio de Medio Ambiente y Medio Rural y Marino. 145 pp. Madrid.

(4) Velasco, J. M., Yanes, M.., Suárez, F. 1995. El Efecto Barrera en Vertebrados. Medidas Correctoras en las vías de comunicación. CEDEX, Madrid.
(5) Rosell, C., Velasco, J. M. 1999. Manual de prevenció i correció dels impactes de les infraestructures viáries sobre la fauna Generalitat de Catalunya. Departamet de Medi Ambient, Catalunya.
(6) Hervás, I., Suárez, F., Mata, C., Herranz, J., Malo, J. E. 2006. Pasos de fauna para vertebrados. Minimización y seguimiento del efecto barrera de las vías de comunicación. CEDEX, Secretaría General Técnica, Ministerio de Fomento. Madrid.
(7) Mata, C., Hervás, I., Suárez, F., Herranz, J., Malo, J. E., Cachón, J., Varela, J. M. 2006. Análisis de la efectividad de los pasos de fauna en un tramo de la autovía de las Rías Bajas (A-52). *Ingeniería Civil,* 142: 89-97.
(8) Iglesias Merchán, C. 2008. Definiciones para una Norma española sobre pasos de fauna. *Montes: Revista de ámbito forestal*, 93: 31-36.
(9) DGT. 2004. Accidentes producidos por la presencia de animales en la calzada. Dirección General de Tráfico. Observatorio Nacional de Seguridad Vial. Madrid.
(10) Gagnon *et al.,* 2010. Arizona State Route 260. Preacher Canyon Wildlife Fence and Crosswalk Enhancement Project Evaluation. Final Report - Project JPA 04-088. Arizona Game and Fish Department Research Branch.
(11) Clevenger, A. P., McGuire, T. M. 2001. Research and monitoring the effectiveness of Trans-Canada highway mitigation measures in Banff National Park, Alberta. Annual Conference & Exhibition of the Transportation Association of Canada; Halifax, Nova Scotia; Canada; 16-19 Sept. 2001. Pp. 1-16.
(12) Mattias, P., Olssona, O., Widenb, P. 2008. Effects of highway fencing and wildlife crossings on moose Alces alces movements and space use in southwestern Sweden. *Wildlife Biology,* 14(1): 111-117.
(13) Iglesias Merchán, C. 2008. Medidas para reducir los atropellos de fauna silvestre. *Rutas: Revista de la Asociación Técnica de Carreteras,* 124: 21-25.

# Proyecto hidroeléctrico “La Parota”, un proyecto de oportunidades para los mexicanos

## *Hydroelectrical Proyect “La Parota”; A Proyect of Oportunities for Mexicans*

**F. J. HERNÁNDEZ ÁLVAREZ**
Comisión Federal de Electricidad, México D.F.

## Introducción

La Comisión Federal de Electricidad (CFE) es la empresa mexicana del gobierno federal encargada de la planeación, diseño, construcción y operación del sistema eléctrico nacional, su misión es suministrar la energía eléctrica que requiere todo el país con calidad, oportunidad y sin menoscabo del ambiente.

La CFE cuenta actualmente con una capacidad instalada de 51.151 MW y dentro de su Programa de Obras e Inversiones del Sector Eléctrico (POISE) tiene contemplado, en un horizonte de 15 años la instalación de 37.615 nuevos MW, para lo cual necesita instalar del orden de 2.507 MW por año lo que significa construir cinco nuevas unidades de 500 MW y 2.000 km de líneas de transmisión por año (1), para poder entregar la energía a los centros de consumo que la demanden.

## Material y métodos

Conscientes de la problemática del calentamiento global y considerando que de acuerdo con el Programa Especial de Cambio Climático (PECC), la generación de energía eléctrica contribuye en un 16% de las emisiones totales generadas en México (2), se busca impulsar con mayor fuerza la utilización de energías renovables, siendo las centrales hidroeléctricas una muy buena oportunidad de desarrollo por las bondades que ofrecen y a que la hidrología mexicana es un campo fértil para el impulso de este tipo de obras .

En tal sentido se tiene contemplado el desarrollo del Proyecto Hidroeléctrico “La Parota”, ubicado en el estado Guerrero, a 30 km en línea recta del centro turístico de Acapulco, en el que se tendrá que construir una cortina de 164 m de alto sobre el rio Papagayo a 39 km de distancia de su desembocadura con el Océano Pacífico. La capacidad instalada será de 900 MW (tres unidades de 300 MW cada una) con una generación de 1 527 GWh/año (3).

De acuerdo con lo establecido en la legislación ambiental mexicana, el proyecto fue sometido al proceso de evaluación de impacto ambiental, en el cual la autoridad competente, en este caso la Secretaria del Medio Ambiente y Recursos Naturales, otorgaron la autorización, en materia de impacto ambiental co-

rrespondiente, para el desarrollo del mismo. Con la finalidad de darle mayor certidumbre y confiabilidad a la sociedad, los estudios ambientales, sustento de la autorización antes mencionada, fueron elaborados durante más de dos años, por un grupo multidisciplinario de investigadores prestigiados de disciplinas diversas, pertenecientes al Programa Universitario de Medio Ambiente de la Universidad Nacional Autónoma de México, así como de la Universidad de Guerrero y del Instituto Politécnico Nacional.

## Resultados

De acuerdo con los resultados obtenidos en el Diagnostico Socio-ambiental la zona presenta una orografía muy accidentada, enormes superficies erosionadas, una marginación extrema con muy pocas oportunidades, siendo el tlacolol (agricultura de autoconsumo) su forma de subsistencia (2).

Con la formación del embalse se inundará 14.213 hectáreas, la mayoría de las cuales están cubiertas por selva baja caducifolia con diferentes grados de perturbación, zonas con uso agropecuario de baja productividad y sólo una porción menor se encuentra en buen estado de conservación. De acuerdo con los resultados, el proyecto no amenazara la existencia de las poblaciones de especies biológicas prioritarias para la conservación; adicionalmente, se tiene contemplado el desarrollo de estudios y programas particulares para asegurar la permanencia de la biodiversidad y la funcionalidad del ecosistema en áreas circundantes al embalse, siendo los principales los siguientes:

- Creación de un Área Natural Protegida.
- Programa de Rescate y Reubicación para las Especies de Fauna.
- Programa de Ordenamiento Ecológico Territorial.
- Programa de Reforestación y Restauración (obras temporales).
- Programa de Compensación por Cambio de Uso de Suelo.
- Programa de Manejo y Monitoreo Ambiental.
- Monitoreo en línea de costa.
- Monitoreo de la calidad del agua, así como biológico del embalse y del río aguas abajo.
- Programa de Aprovechamiento Acuícola Pesquero del Embalse.
- Plan de Desarrollo Integral de la Zona de Influencia del P.H. La Parota.

En particular, vale la pena destacar que para cumplir con el primer Programa señalado se plantea impulsar una estrategia de protección de los ecosistemas ubicados en dos cerros aledaños al proyecto “Las Piñas y Tepehuaje” (los cuales no serán afectados), ya que en ellos es donde se presenta la mayor biodiversidad y se concentra la mayoría de las especies prioritarias presentes en la región. Asimismo y conforme lo establecido en la legislación ambiental mexicana, en lo referente al Programa de Compensación Ambiental, la CFE deberá aportar a una cuenta bancaria, denominda “Fondo Forestal Mexicano” un esti-

mado de 14 millones de Euros que serán utilizados para impulsar Programas de reforestación y restauración de suelo a nivel de cuenca, buscando en todo momento la participación de las comunidades aledañas y promoviendo acciones que les permitan incluso accesar a otros programa de servicios ambientales, logrando con esto proteger el futuro embalse por la potencial erosión y una oportunidad de ingreso económico a las comunidades.

Debido a la gran marginación en la zona, los escasos recursos ahora existentes están siendo explotados de forma inadecuada por sus habitantes, en una lucha desesperada por la subsistencia; la CFE consciente de dicha problemática y en la búsqueda de plantear escenarios más alentadores, contempla que con la incorporación de las medidas de mitigación ya concebidas y analizadas, los efectos sobre el medio se minimicen y que la Central Hidroeléctrica sea un detonador del desarrollo de la región, ya que la creación del embalse abre la posibilidad de desarrollar actividades productivas como la pesca o acuacultura así como turístico-recreativas, logrando así cerrar un circulo vicioso de poca oportunidad, sobreexplotación de recursos. Asimismo, se logrará el potencial abasto de agua a las comunidades de la zona e incluso para el mismo Acapulco, en cantidad y calidad y la comunicación de áreas que actualmente se encuentran aisladas y que los hace mucho más vulnerables al aislamiento y a la pobreza.

Es importante resaltar que el aprovechamiento del futuro embalse a través de diversas actividades, no es una acción que resulte de la intención de mitigar impactos, sino de la intención de aprovechar las oportunidades y condiciones propicias que el P.H. “La Parota” generará para mejorar la situación socioeconómica y ambiental de la región, haciendo de esto un verdadero proyecto sustentable.

El desarrollo del Proyecto involucra 3.048 habitantes y 633 viviendas, pertenecientes a 14 poblados. La CFE pagará todos los terrenos afectados, así como los recursos y valores que sobre de ellos se encuentren y realizará las inversiones necesarias para la creación de los nuevos poblados, los cuales se construirán en ahí mismo pero sobre la cota de inundación, garantizando condiciones realmente satisfactorias para los habitantes. Todas estas acciones están definidas a través de un proceso de planeación participativa mediante el cual la población ha tenido y sigue teniendo, siempre la última palabra sobre los tipos de vivienda y las características de las áreas de ocupación comunitaria (plazas, escuelas, iglesias, etc.) que se construirán.

## Discusión y conclusiones

Muy independiente al beneficio de la obtención de energía eléctrica para el país, el desarrollo del PH “La Parota” sin duda podrá contribuir a revertir las tendencias de deterioro e incremento de la marginación debido a: i) generar empleo temporal (5-6 años) con mayor remuneración a la que actualmente obtienen los campesinos o jornaleros y por lo tanto reducir la presión sobre los recursos naturales; ii) la creación del embalse abre la posibilidad de desarrollar agricultura de riego en la porción de la planicie costera, así como actividades pesquera o

acuícolas en el área del embalse y el desarrollo de actividades turístico – recreativas en el mismo embalse.

Es sin duda una gran oportunidad de desarrollo regional que puede aportar en gran medida en una mejora sustancial de las condiciones ambientales de la zona y en la calidad de vida de los habitantes de la región.

Finalmente y adicional a todos los beneficios antes mencionados, el desarrollo del PH La Parota, resolvería uno de los principales problemas de uno de los Centros Turísticos más importantes de México como lo es Acapulco, garantizando el suministro de agua que requiere actualmente y a futuro.

## Referencias bibliográficas

(1) Programa de Obras e Inversiones del Sector Eléctrico 2010-2024, Comisión Federal de Electricidad, 2010.
(2) Manifestación de Impacto Ambiental del PH La Parota, Comisión Federal de Electricidad, 2005.
(3) Programa Especial de Cambio Climático 2009-2012 , Secretaria de Medio Ambiente y Recursos Naturales, 2009.

# Un caso de estudio de impacto sobre el patrimonio histórico. La variante de la N-322 en Fuentealbilla (Albacete)

## *A Case of Study of the Impact on Historical Patrimony: The N-322 Link Road in Fuentealbilla (Albacete)*

**J. L. SERNA LÓPEZ**
Arqueólogo, Ideas Medioambientales, SL, Albacete

**N. ESCUDERO NAVARRO**
Arqueóloga, Albacete

**Resumen**

La construcción de una variante en la Carretera N-322 de Córdoba a Valencia a su paso por Fuentealbilla, en la provincia de Albacete, llevó aparejado un Estudio de Impacto sobre el Patrimonio Histórico-Artístico y Arqueológico que puso al descubierto diversos elementos de interés cultural. Estos elementos fueron objeto de diferentes actuaciones según el grado de afección que pudieran sufrir; así se llevaron a cabo actuaciones tales como la excavación arqueológica integral, la completa documentación planimétrica y fotográfica o el simple balizado.

**Palabras clave**

Carretera, Patrimonio Histórico, arqueología, yacimiento, supervisión.

## Introducción

El objeto del proyecto en cuestión fue la construcción de una variante de la Carretera N-322 de Córdoba a Valencia a su paso por Fuentealbilla en la provincia de Albacete. El nuevo trazado, que transcurre al Norte de la localidad de Fuentealbilla, permite independizar los tráficos generados por la población de los de medio y largo recorrido, aumentando así la seguridad vial.

## Material y métodos

### Fase I: Estudio de Impacto sobre el Patrimonio

Como ya sabemos, la *Ley 4/2007 de Evaluación del Impacto Ambiental de Castilla-La Mancha*, en su *artículo 8*, referente a los contenidos mínimos del Estudio de Impacto Ambiental, establece la necesidad de incorporar los datos relativos a los bienes integrantes del Patrimonio Histórico existentes en los espacios de afección de los proyectos sometidos a la citada normativa.

Por su parte, el *artículo 21* de la *Ley 4/1990, de 30 de mayo, de Patrimonio Histórico de Castilla-La Mancha*, con un fin preventivo, establece la obligación para los propietarios y promotores de obras que vayan a ejecutarse en zonas, solares o edificaciones donde existen o se presuma la existencia de restos arqueológicos, de aportar un estudio arqueológico que deberá ser autorizado y programado por la Consejería competente en materia de patrimonio histórico, la cual, a la vista de dicho estudio establecerá las condiciones que deben incorporarse a la licencia de obras.

El estudio de impacto es el proceso de trabajo y el análisis que realizan los arqueólogos contrastando los datos técnicos del proyecto con los resultados que se obtienen tras el trabajo de campo.

Sus *objetivos principales* son:

1. Diagnosticar el impacto que sufren unas determinadas entidades patrimoniales por parte de un determinado proyecto.
2. Proponer las medidas correctoras necesarias para ese impacto.

A.- Prospección superficial

Los trabajos arqueológicos de campo realizados durante esta primera fase consistieron en una *prospección superficial, intensiva, visual y de cobertura total del trazado de la variante*, en una banda de terreno de unos 60 m a cada lado de los distintos ejes proyectados con el fin de delimitar, en caso de que existieran, y a través de la visualización de restos en superficie, las posibles localizaciones de interés cultural que pudieran verse afectadas.

B.- Hallazgos

01: TAJEA DEL FERROCARRIL BAEZA-UTIEL

Se trata de una tajea para paso de aguas; está conformada por dos bóvedas de cañón levantadas con sillarejo y cemento. Constituía una de las infraestructuras del proyecto inacabado de la línea férrea Baeza-Utiel, por lo que nunca fue utilizada.

En caso de que fuera necesario su desmantelamiento como parte de las obras de terraplenado de la variante en este área (tal como después ocurrió) se debería realizar una completa documentación planimétrica y fotográfica de la construcción de forma previa a cualquier actuación en la zona.

02: YACIMIENTO ARQUEOLÓGICO EL HOYO

Es este un yacimiento localizado sobre un pequeño cerro situado en el extremo occidental de un relieve que asoma a la Rambla de Carboneras.

Se propuso la excavación íntegra del yacimiento con metodología arqueológica, fundamentalmente el área que conservaba las estructuras. Dado que el yacimiento se encontraba sellado y su contexto estratigráfico no había sido alterado la excavación habría de realizarse con medios manuales.

03: YACIMIENTO ARQUEOLÓGICO SIN DENOMINACION

Se trataba de la dispersión de restos cerámicos de cronología moderna/contemporánea (tejas y fragmentos de vasijas) en la parte baja de una ladera junto

a la Rambla Valladares, que quizá correspondería al desmantelamiento de alguna construcción de tipo rural.

Dado el carácter disperso y la escasa entidad de los materiales encontrados, se propuso el control y supervisión directa e intensiva de la zona.

04: CASILLA DE JUAN HORNERO

Se trata de una caseta rectangular levantada con mampostería trabada con mortero. La techumbre es a dos aguas, cubierta con teja y mostrando al interior el entramado de vigas de madera, cañas y barro. En su interior se observaba un pequeño hogar con chimenea en la esquina SW, así como un pesebre para las caballerías y dos bancos de piedra adosados a las paredes.

05: CUCO DE LA SABINA

Se trataba de una estructura de planta circular realizada en mampostería trabada con mortero y parcialmente revocada y tenía un alzado troncocónico con cúpula por aproximación de hiladas (1). El acceso era pequeño, con vano adintelado mediante troncos y orientado al este. El cubículo interior había sido revocado con cal. Parecía en desuso, si bien estaba en buen estado de conservación.

Dado que cualquier propuesta de conservación de este elemento implicaría la modificación del proyecto de trazado, y que este tipo de construcción tradicional es relativamente común en la zona, con ejemplos más representativos que éste, nuestra propuesta pasó por una completa documentación fotográfica y planimétrica del elemento con el fin de liberar este espacio para el proyecto propuesto.

06: CASILLA DE HOYA DEL GITANO

Se trataba de una caseta rectangular levantada con mampostería trabada con mortero. La techumbre era a dos aguas y cubierta con teja. En su interior se observaba un pequeño hogar en una esquina.

Además de estos nuevos lugares de interés patrimonial localizados durante los trabajos de campo, se habían de tener en cuenta otros dos elementos ya catalogados y conocidos desde antiguo que se encontraban relativamente próximos al trazado de la nueva variante:

CERRO DEL NIÑO: Corresponde al elemento catalogado en la Carta Arqueológica de Fuentealbilla con el nº 034-004 y adscrito a la Edad del Bronce. Localizado sobre una morreta en la que no se aprecian restos constructivos pero sí fragmentos cerámicos pertenecientes a la Edad del Bronce.

El yacimiento se localiza a unos 300 m de uno de los enlaces del trazado de la variante, a una cota superior sobre los terrenos afectados, por lo que no se prevé ninguna afección sobre el mismo.

FUENTE GRANDE: Corresponde al elemento catalogado en la Carta Arqueológica de Fuentealbilla con el nº 034-009. Se trata de un aljibe emplazado junto a la Rambla de Valladares, de planta rectangular y bóveda de cañón, construido con sillares trabados con argamasa. Ha sido adscrito a época romana (2 y 3).

Se localiza a unos 140 m del trazado de la variante y sus enlaces, por lo que tampoco se preveía ninguna afección sobre esta construcción.

**Fase II: Excavación, Documentación y Balizamiento de Elementos Patrimoniales**

Los trabajos arqueológicos realizados durante esta segunda fase consistieron en las siguientes actuaciones:

A.- Excavación arqueológica en el Yacimiento El Hoyo:

El yacimiento, como ya hemos comentado, se localizaba sobre un pequeño cerro situado en el extremo occidental de un relieve que asoma a la Rambla de Carboneras. En la cima amesetada se distinguían restos de estructuras en piedra, al menos un muro correspondiente a un recinto, vestigios en ese momento sellados que no presentaban signos de alteración antrópica ni animal.

Los materiales recolectados correspondían a cerámicas de cronología ibérica (4); al parecer se trataba de un pequeño asentamiento de posible vocación agropecuaria, dado su emplazamiento junto a las tierras fértiles de esta rambla que constituye asimismo una vía de comunicación natural.

*Foto 1. Trabajos de excavación en el yacimiento de El Hoyo*

En base a todo esto, se propuso la excavación íntegra del yacimiento con metodología arqueológica, fundamentalmente el área que conservaba las estructuras.

Metodología aplicada: Dada la reducida extensión del yacimiento, nos planteamos la excavación íntegra del mismo mediante el establecimiento de una sola cuadrícula de medidas 15 x 12 m dividida en 6 sub-cuadrículas a nivel práctico para documentación y dibujo de las plantas de excavación (Figura 1).

Esta cuadrícula se replantea, siguiendo la orientación topográfica general del terreno, con orientación suroeste – noreste.

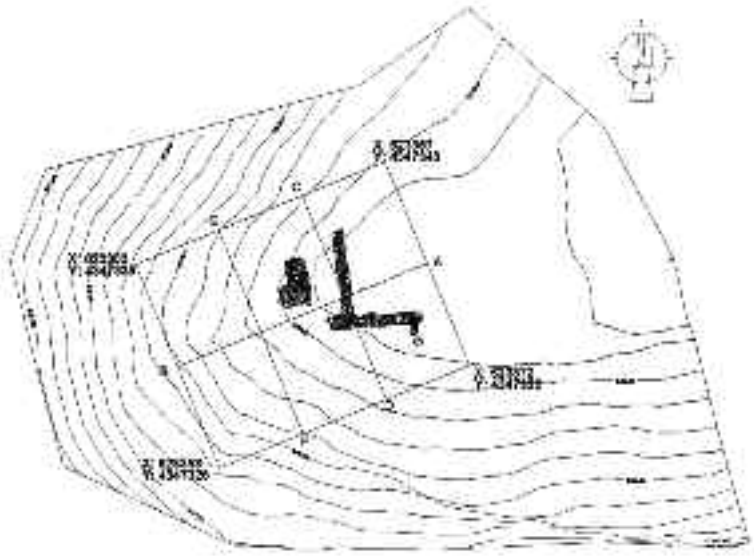


*Figura 1. Topografía y cuadrículas de excavación en el yacimiento de El Hoyo*

En cuanto a la metodología de excavación propiamente dicha, se llevó a cabo mediante el levantamiento metódico de capas o estratos naturales siguiendo el denominado “Método Harris”.

Material arqueológico rescatado: En primer lugar debemos señalar que la abrumadora mayoría de piezas rescatadas son cerámicas, ya que sólo se encontraron dos fragmentos de hueso y un pequeño fragmento informe de sílex.

Así mismo cabe resaltar la gran unidad crono-cultural que apreciamos en el material cerámico, ya que tan sólo algunos fragmentos recogidos en la capa superficial rompen la adscripción de Hierro II – Ibérico Antiguo que hemos asignado al yacimiento (5).

Sin entrar en un estudio en profundidad de las formas cerámicas presentes en el yacimiento, y considerando la existencia de un único nivel de ocupación en el mismo, llevamos a cabo una primera clasificación de los restos distinguiendo básicamente tres grupos cerámicos principales:

Cerámica común: Incluimos aquí todos aquellos fragmentos de pastas compactas que presentan una coloración homogénea anaranjada o alternante, sin desgrasantes visibles y superficies alisadas o bruñidas y sin decoración.

Se distinguen entre los bordes rescatados las formas cerámicas de Tinajas o Tinajillas y *Lebes* mayoritariamente. Se trata de bordes en general moldurados o engrosados (6).

Cerámica de cocina: Se caracteriza este grupo por su terminación, en general, poco cuidada con presencia de gran cantidad de desgrasante, tanto en pasta como en superficie. Los colores predominantes son el gris y el negro (cocciones reductoras).

Los bordes en este caso suelen ser engrosados y vueltos, y algún fondo encontrado es cóncavo. Los restos parecen corresponder a las *Ollas* globulares, típicas de esta clase de producción cerámica. La decoración se reduce a la presencia de algunos baquetones en la base del cuello de alguna de las piezas.

Cerámica pintada: Se incluyen en este grupo todos aquellos fragmentos en los que aparece algún resto de pintura como decoración de las superficies. Generalmente las pastas son como las del grupo común.

La decoración pintada en color rojo se reduce básicamente a bandas y líneas, salvo dos fragmentos de una misma pieza con decoración de semicírculos y un fragmento de plato de borde exvasado, con decoración a base de motivos triangulares.

Las formas cerámicas reconocibles parecen corresponderse con *Lebes*, alguno de tamaño grande con diámetro de boca que supera los 38 cm. o *Platos* con borde diferenciado o sin diferenciar (7).

Encontramos también en este grupo las únicas muestras de lañado en el material cerámico del yacimiento.

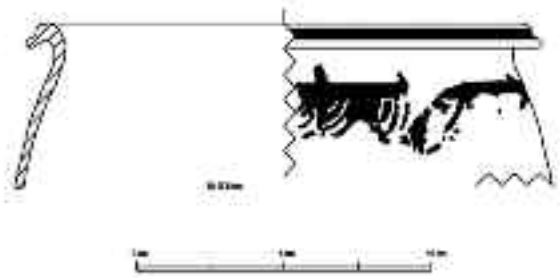


*Figura 2. Perfil de cerámica pintada*

Otros: Suponen una pequeña parte del material rescatado, incluyendo un borde de cerámica gris, algunos informes con decoración impresa de palmetas y puntillados, o cuatro fragmentos de cerámica muy fina, de paredes bruñidas de color negro, correspondientes quizá a algún caliciforme (Foto 3).

B.- Documentación de Elementos patrimoniales

Dentro de la fase previa a los movimientos de tierras para la ejecución de las obras proyectadas, se incluyó la completa documentación planimétrica y

*Foto 2. Cerámica pintada con lañado*

*Foto 3. Cerámicas impresas*

fotográfica de dos elementos patrimoniales *directamente afectados* por las mismas.

Se trataba, como ya hemos comentado, de un elemento integrante del patrimonio histórico industrial, la Tajea del Ferrocarril Baeza – Utiel y de un elemento del patrimonio etnológico, el denominado Cuco de la Sabina**.**

Ambos elementos, ya anteriormente descritos, fueron debidamente dibujados y fotografiados.

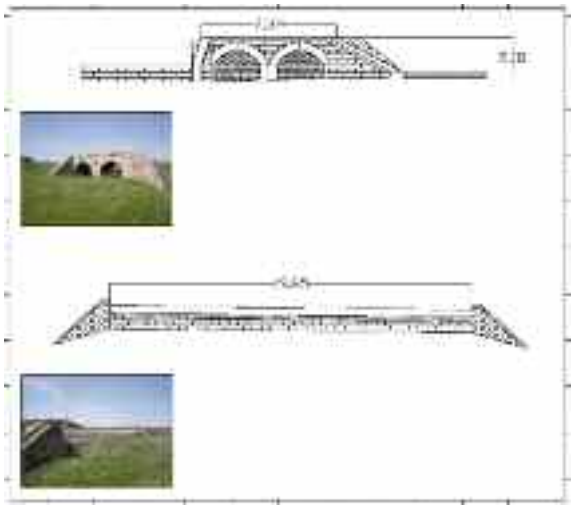


*FIgura 3. Perfil frontal y lateral de Tajea de Ferrocarril*

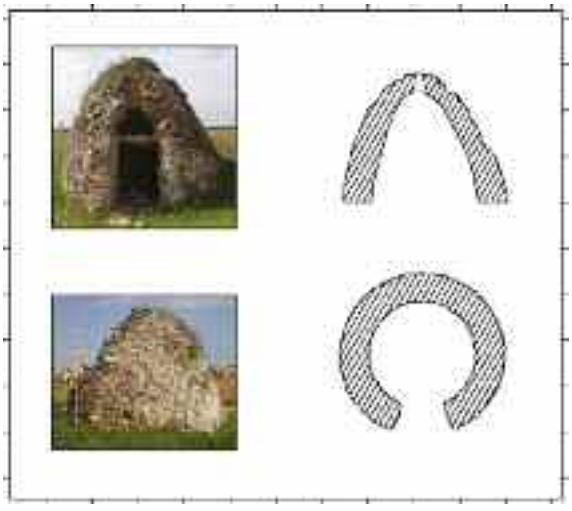


*FIgura 4. Planta y alzado de Cuco de la Sabina*

C.- Balizamiento de Elementos Patrimoniales

Por último, y también dentro de esta fase de los trabajos arqueológicos a realizar previos a la ejecución material de este proyecto, se procedió al balizado para su conservación de varios elementos patrimoniales que, si bien no se encontraban directamente afectados por las obras en cuestión, su proximidad a las mismas recomendó su protección.

Los elementos protegidos mediante baliza plástica durante el período en el que se llevaron a cabo los principales movimientos de tierras fueron el resto de los anteriormente mencionados, esto es: las Casillas de Juan Hornero y de Hoya del Gitano y el Cerro del Niño y Fuente Grande.

*Foto 4. Vista fronto-lateral de la Fuente Grande*

## Fase III: Control y supervisión en fase de obras

La supervisión consiste en el seguimiento a pie de obra de los movimientos de tierras y actuaciones de desbroce en todas las zonas de trabajo (seguimiento extensivo), y en las áreas susceptibles de afección a yacimientos arqueológicos determinadas en fases anteriores (seguimiento intensivo), con el fin de descubrir restos o yacimientos no evidenciados con anterioridad.

En caso de aparición, durante el movimiento de tierras, de algún yacimiento arqueológico no detectado con anterioridad, se diseñarían nuevas actuaciones adaptadas a cada necesidad concreta, bien sondeos, bien excavación en extensión.

El trabajo propiamente dicho de control y supervisión arqueológica durante la fase de obras implicó la realización por parte de los responsables del trabajo de las siguientes acciones:

- Un arqueólogo realizó el programa de vigilancia, que fue *permanente* durante las primeras fases de obra (despeje y desbroce de terrenos) en la que es más probable que se evidenciaran restos en el subsuelo.
- Se llevó a cabo un seguimiento general de todas las acciones relacionadas con la ejecución del proyecto que conllevaran remoción o movimiento de tierra, a fin de detectar cualquier incidencia imprevista.
- Asimismo se realizó una ficha de control por cada visita como registro escrito, un reportaje fotográfico pormenorizado y por último la redacción de un informe final que presentamos ante la administración correspondiente con el desarrollo de los trabajos realizados.

## Discusión y conclusiones

Con todo esto concluimos aquí que los trabajos de excavación, documentación y balizamiento de elementos patrimoniales realizados de forma previa, así como los de control y supervisión de impacto relacionados con la ejecución de estas obras de construcción de la Carretera N-322 de Córdoba a Valencia. Tramo: Variante de Fuentealbilla, permitieron la completa documentación de los elementos de interés cultural directamente afectados por las obras, permitiendo así la liberación de estos espacios, y la conservación de otros localizados en las inmediaciones de las mismas, evitando de este modo que pudieran verse dañados por la obras ejecutadas.

## Referencias bibliográficas

(1) Ramón Burillo, J. A., Ramírez Piqueras, J. 2001. “Bombos, Cucos, Cubillos y Chozos. Construcciones rurales albaceteñas”. Diputación de Albacete.
(2) Sanz Gamo, R. 1984. “Aproximación para un estudio de la romanización al Norte del río Júcar (provincia de Albacete)”, *Congreso de Historia de Albacete*, 1983, Vol. I, pp. 241 y ss., Albacete.
(3) Sanz Gamo, R. 1997. *Cultura ibérica y romanización en tierras de Albacete: los siglos de transición*, Instituto de Estudios Albacetenses, Albacete.
(4) Abad Casal, L., Gutiérrez Lloret, S., Sanz Gamo, R. 1998. *El Tolmo de Minateda. Una historia de tres mil quinientos años*. Junta de Comunidades de Castilla-La Mancha, Toledo.
(5) Soria Combatiera, L. 1997. *El horizonte ibérico de El Castellón (Hellín y Albatana, Albacete)*. Instituto de Estudios Albacetenses, Albacete.
(6) Blánquez Pérez, J. J. 1990. *La formación del mundo ibérico en el Sureste de la Meseta. Estudio arqueológico de las necrópolis ibéricas de la provincia de Albacete*, Instituto de Estudios Albacetenses, Albacete.
(7) Broncano, S., Blánquez Pérez, J. J. 1985. *El Amarejo (Bonete, Albacete)*, Excavaciones Arqueológicas en España, 139, Madrid.

# Condicionantes ambientales a la actividad minera del P.R.U.G. del Parque Regional del Sureste (Madrid): análisis de acciones restauradoras prioritarias y sus oportunidades ecológicas en las explotaciones autorizadas y no activas del parque

## *Environmental Determining Factors on Mining Activity Included in PRUG, in the Southeast Regional Park (Madrid): Analysis of Priority Actions and Ecological Opportunities Restoring Authorized but Inactive Quarries*

**R. ESCRIBANO BOMBÍN**
**A. LÓPEZ RODRÍGUEZ**
**S. MARTÍNEZ BONDI**
Grupo de Investigación "Ecología y Paisaje". Dpto. Proyectos y Planificación Rural.
E.T.S. de Ingenieros de Montes, Universidad Politécnica de Madrid, Madrid

**M. M. ESCRIBANO BOMBÍN**
**C. MATAIX GONZÁLEZ**
ALBA Ingenieros Consultores, SL

**J. P. LUNA GONZÁLEZ**
D.G. Industria, Energía y Minas. Consejería de Economía y Hacienda,
Comunidad de Madrid

## Introducción

El Parque Regional situado en torno a los ejes de los cursos bajos de los ríos Manzanares y Jarama, comúnmente conocido como Parque del Sureste, es **uno de los espacios de mayor valor ecológico, paleontológico y arqueológico de la Comunidad de Madrid**. La salvaguarda de sus recursos ambientales se enfrenta, entre otras, con las dificultades propias de una zona periurbana y el gran interés que despierta el aprovechamiento económico de sus activos naturales, que la sitúan como una **zona especialmente conflictiva y sujeta a grandes presiones**.

El primer paso hacia la protección de este espacio se tomó el 28 de junio de 1994, con la **declaración de Parque Regional** mediante la Ley 6/94 (1). Como aspectos importantes regulados en dicha Ley se encuentra la generación de dos instrumentos de gestión claves para alcanzar esta protección y compatibilidad entre conservación, uso y aprovechamiento: el **Plan de Ordenación de los Recursos Naturales** (2) **y el Plan Rector de Uso y Gestión** (3). El P.O.R.N. fue aprobado el 11 de febrero de 1999 y el P.R.U.G, finalmente, el 5 de febrero de 2009, con 10 años de retraso.

Respecto a la actividad minera, ambos planes recogen el tipo, cantidad, calidad y condiciones de explotación de los recursos naturales del espacio protegido. El aspecto fundamental del P.R.U.G. es que ordena y hace compatible el aprovechamiento de recursos mineros y la protección de los recursos naturales, **mediante una zonificación que define el carácter de las actividades y los usos preferentes, compatibles o prohibidos. Igualmente impone una limitación superficial de explotación. Para ambos casos, el P.R.U.G. contempla de forma específica las explotaciones no activas**.

En la actualidad existen en el Parque Regional del Sureste **36 graveras autorizadas de las cuales 22 se encuentran activas y 14 están inactivas.** Estas explotaciones presentan situaciones diferenciadas en cuanto al estado actual de restauración, pero toda la superficie ocupada se califica como sujeta a actividad minera, independientemente de su grado de inactividad real. Ante esta situación, la Dirección General de Industria, Energía y Minas de la Comunidad de Madrid **se propone como fin obtener lo antes posible la caducidad de las explotaciones, la devolución de los avales depositados y así liberar superficie bajo régimen minero para poder ajustar la realidad con el máximo de superficie minera que impone el P.R.U.G.**

El estudio llevado a cabo se centra en las explotaciones inactivas del Parque y analiza la situación administrativa y progreso de la restauración, según las acciones impuestas por el P.R.U.G. El establecimiento de unas **prioridades de actuación** que subsanen situaciones incompatibles con lo establecido ha permitido formular unas **recomendaciones de restauración y uso**, a partir del examen del contexto territorial y potencialidades ecológicas de las explotaciones. Dichas prioridades y recomendaciones responden al objetivo del estudio, que busca la ordenación y mejora de recursos ambientales y sociales del Parque.

## Material y métodos

Para la consecución del objetivo, se ha seguido una metodología de trabajo estructurada en una serie de fases (Figura 1), que se comentan a continuación.

### FASE A, EXTRACCIÓN DE CONDICIONANTES DEL P.R.U.G. A LAS EXPLOTACIONES INACTIVAS

Mediante un análisis detallado de los condicionantes que el P.R.U.G. impone a la actividad minera, se perfiló la situación futura que debía cumplir el sector minero en cuanto a aprovechamiento en el Parque. **Las limitaciones e implicaciones** directas e indirectas que se derivan de los artículos reflejados en el P.R.U.G. se encuentran completamente **supeditadas a la zonificación del Parque**, que establece un nivel gradual de restricciones a las actividades mineras, desde las zonas de mayor valor y fragilidad ecológica, hasta aquellas con modelos más permisivos en el plano medioambiental. Las restricciones se ocupan

*FIgura 1. Esquema metodológico del análisis*

tanto de la labor extractiva (superficie, bandas de protección, etc.), como de la de tratamiento de los materiales (plantas de tratamiento e instalaciones anexas en relación o no a su desmantelamiento), o el estado de ejecución del Plan de Restauración en función de la situación administrativa de la explotación (avales, ejecución subsidiaria, etc.).

Entre los condicionandos del P.R.U.G., se desprende que la definición de las exigencias y/o limitaciones presenta 2 aspectos clave:

- El **carácter zonal de los condicionandos**, referenciados en el territorio por medio de la zonificación del Parque.
- **El límite temporal** impuesto para llevar a cabo el desmantelamiento y las acciones restauradoras, que determina un gradiente de **prioridades de actuación**.

## FASE B, ANÁLISIS DE LOS EXPEDIENTES DEPOSITADOS EN LA D.G DE INDUSTRIA, ENERGÍA Y MINAS

Como ya se ha referenciado, en el ámbito del Parque existen actualmente 14 explotaciones inactivas. Es evidente que el primer punto a estudiar debe ser la **causa de su calificación como no activas**.

En este sentido, **las casuísticas son muy variadas** y no siempre responden a una situación de inactividad real. En algunos casos, tal situación se debe a la no presentación del Plan de Labores, pero con carácter transitorio por haber pedido una prórroga o por estar regida por el expediente de otra explotación activa. En realidad dichas explotaciones no pueden considerarse como potencialmente caducables. En otros casos, la inactividad es un hecho corroborado en el expe-

diente y la visita de campo, pero no es posible proceder a su caducidad por problemas cuya resolución sólo compete al ámbito administrativo. Otras explotaciones, al fin, presentan una ejecución del Plan de Restauración deficiente, o inexistente, y hasta que no se resuelva satisfactoriamente, la Administración no puede ni debe conceder su caducidad.

Para dilucidar la situación actual de las explotaciones, se llevó a cabo una **revisión en profundidad de los expedientes** depositados en la Dirección General de Industria, Energía y Minas de la Comunidad de Madrid, complementada con una búsqueda de información adicional para perfilar claramente los aspectos más difíciles de dirimir (4), (5). Finalmente, la visita de campo para comprobar sobre el terreno el estado de la explotación supuso una herramienta clave en el proceso. Los resultados se reflejaron en un **informe particularizado** para cada explotación en el que se recogen los datos relevantes (Tabla 1).

*Tabla 1. Resumen de la información recabada en los informes de las explotaciones*

| Contenido de los informes | |
|---|---|
| ***Localización, acceso y recurso explotado*** | *Ubicación en relación a la zonificación del Parque* |
| ***Documentación consultada*** | *Autorización minera, el P.R.E.N., Planes de Labores* |
| ***Superficie afectada*** | *Porción de terreno que ocupa la explotación* |
| ***Situación administrativa*** | *Pertenencia y titularidad, incidencias en la marcha de la explotación, situación administrativa actual del expediente* |
| ***Declaración de Impacto Ambiental (D.I.A.)*** | *Revisión de las principales condiciones que establece la D.I.A. en cuanto a restauración* |
| ***Plan de Restauración del Espacio Natural (P.R.E.N.) aprobado*** | *Revisión del P.R.E.N. y sus posibles modificaciones* |
| ***Anexo de Restauración del último Plan de Labores presentado y aprobado*** | *Estado de las labores de explotación y de restauración* |
| ***Situación actual*** | *Estado actual de la explotación a nivel administrativo. Se incluye las conclusiones derivadas de la visita de campo y el estado general de la restauración* |
| *Toda la información se apoya en una cartografía completa elaborada al efecto* | |

## FASE C, ESTABLECIMIENTO DE MODELOS DE ACTUACIÓN EN FUNCIÓN DE LA ZONIFICACIÓN, PRIORIDAD DE CADUCIDAD Y POTENCIALIDAD ECOLÓGICA.

Al enfrentar las limitaciones impuestas por la zonificación de protección y ordenamiento de usos del Parque con la ubicación y situación administrativa y estado de la restauración de las explotaciones, se arroja luz sobre cómo afectan los condicionantes ambientales en cada caso particular. Este **análisis conjunto (Figura 1) es la base para identificar situaciones incompatibles y establecer**

**prioridades de actuación**. El objetivo último trata de identificar los casos que van a permitir una concesión de la caducidad definitiva, para liberar en el menor plazo posible superficies bajo régimen minero. Al mismo tiempo, se ponen de manifiesto las acciones de desmantelamiento y restauración exigibles, y el plazo marcado para llevarlas a cabo.

La zonificación del Parque lleva aparejado también una orientación de uso en cada una de las áreas (Tabla 2).Dicha orientación se fundamenta principalmente en las características ecológicas, paisajísticas, productivas y científico-culturales presentes en las zonas. Por este motivo, se reveló como necesario realizar un **análisis del contexto de gestión territorial del entorno de cada explotación, con el fin de identificar el uso que equilibrase de forma compatible los intereses ambientales y el uso social del espacio**. Si se habla de alteraciones del territorio, es obligado conocerlo en profundidad para saber detectar las acciones encaminadas a revertir o reducir los daños que afectan al funcionamiento natural y ecológico del sistema y a sus aspectos paisajísticos (7).

*Tabla 2. Zonificación del Parque del Sureste, proyección espacial de los objetivos y estrategias definidas*

| | |
|---|---|
| **Zona A** | De reserva integral |
| **Zonas B** | De reserva natural |
| **Zonas C** | Degradadas a regenerar |
| **Zonas D** | De explotación ordenada de los recursos naturales |
| **Zonas E** | Con destino agrario, forestal, recreativo, educacional y/o equipamientos ambientales y/o usos especiales |
| **Zona F** | Periférica de protección |
| **Zona G** | A Ordenar por el Planeamiento Urbanístico |

## Resultados

El estudio se concreta en una **escala de prioridad de actuación de 6 niveles, acompañado de la descripción de las acciones que han de llevarse a cabo**, en función de las prescripciones impuestas por los distintos organismos competentes y basándose en los condicionantes impuestos por el P.R.U.G. y las actuaciones recomendadas (Tabla 3).

El interés de exponer los resultados de la forma más ilustrativa y sintética posible es claro. De esta manera, los condicionandos y la escala de prioridades se presenta de forma atractiva y fácilmente comprensible, procurando siempre que los postulados tengan una traducción ligada a lo espacial y un reflejo geográfico. Así, se presentan tres mapas resumen:

- MAPA DE UBICACIÓN DE LAS EXPLOTACIONES Y LIMITACIONES IMPUESTAS POR LA ZONIFICACIÓN DEL PARQUE REGIONAL DEL SURESTE, que ilustra la FASE A.

*Tabla 3. Escala de prioridad de actuación y acciones a realizar en cada caso*

| | | |
|---|---|---|
| NIVEL PRIORIDAD 1 | EXPLOTACIONES EN LAS QUE EXISTE ACTIVIDAD UBICADAS EN ZONAS A, B, C y E | Afecta a 2 graveras |
| | CESE DE ACTIVIDAD, DESMANTELAMIENTO DE INSTALACIONES Y RESTAURACIÓN DE LOS TERRENOS | 90 ha |
| NIVEL PRIORIDAD 2 | EXPLOTACIONES INACTIVAS DESDE HACE AÑOS SIN LAS LABORES DE RESTAURACIÓN REALIZADAS, UBICADAS EN ZONAS A, B, C y E | Afecta a 4 graveras |
| | COMPLETAR Y/O MEJORAR LA RESTAURACIÓN DE LOS TERRENOS / RESTAURACIÓN POR PARTE DE LA ADMINISTRACIÓN, CON CARGO AL AVAL | 70 ha |
| NIVEL PRIORIDAD 3 | EXPLOTACIONES INACTIVAS EN PROCESO DE RESTAURACIÓN Y/O DE DESMANTELAMIENTO DE INSTALACIONES UBICADAS EN ZONAS A, B, C y E | Afecta a 2 graveras |
| | VIGILANCIA DEL PROCESO DE RESTAURACIÓN. | 25 ha |
| NIVEL PRIORIDAD 4 | EXPLOTACIONES EN PROCESO DE RESTAURACIÓN EN PARTE DE SU SUPERFICIE O CADUCADAS EN PERÍODO DE GARANTÍA DE LA RESTAURACIÓN, UBICADAS EN ZONAS D, LINDANDO O CERCANAS A ZONAS A, B, C o E | Afecta a 4 graveras |
| | VIGILANCIA DEL PROCESO DE RESTAURACIÓN | 97 ha |
| NIVEL PRIORIDAD 5 | EXPLOTACIONES CON PLANTA ACTIVA UBICADAS EN ZONAS D y F, LINDANDO CON ZONAS B | Afecta a 1 gravera |
| | DESMANTELAMIENTO SI NO ESTÁ DIRECTAMENTE VINCULADA A EXPLOTACIONES ACTIVAS DENTRO DEL PARQUE | 9 ha |
| NIVEL PRIORIDAD 6 | EXPLOTACIONES EXTERNAS PERO LINDANDO CON EL ÁREA DEL PARQUE | Afecta a 1 gravera |
| | | 97 ha |

- MAPA RESUMEN DE LA SITUACIÓN ACTUAL DE LAS EXPLOTACIONES. NIVEL DE PRIORIDAD DE ACTUACIÓN Y PROPUESTA, que ilustra la FASE B y C.
- MAPA RESUMEN DE LA PROPUESTA DE ACTUACIÓN EN LAS EXPLOTACIONES SEGÚN NIVEL DE PRIORIDAD, que completa la exposición de la FASE C.

## Discusión y conclusiones

En el proceso de ejecución de los condicionantes del P.R.U.G., surgen numerosas **dificultades** a las que hay que procurar dar solución satisfactoria.

Uno de los problemas más importantes con los que se tienen que enfrentar los titulares de las explotaciones mineras que deban desmantelar las instalaciones y res-

taurar los terrenos alterados, es la **presencia de grandes acopios** de materiales, motivada en parte por la dificultad actual para vender los áridos clasificados. Con el objetivo de proporcionar una alternativa a los titulares que se encuentren ante esta situación, se proponen una serie de medidas orientadas a resolver el problema.

- Para las explotaciones cuyos titulares cuenten con otras explotaciones en las cercanías, se considera como una solución conveniente y económica la de trasladar los materiales a las zonas en las que se permita y puedan mantener acopios.
- Para aquellas explotaciones que no posean instalaciones para albergar los materiales, o éstas se encuentren excesivamente lejos, una alternativa puede consistir en la venta a otros titulares de los excedentes o bien el alquiler de la superficie requerida.
- Finalmente, en el caso que no encuentren ninguna de estas alternativas viables, puede contemplarse la posibilidad de llegar a un acuerdo con la Administración, de manera que se pacte una prórroga en el plazo marcado por el P.R.U.G, exclusivamente para las áreas ocupadas por acopios, con la condición de que el titular realice una serie de medidas compensatorias concretas y efectivas.

Es transcendental poner de relieve que una de las condiciones que el P.R.U.G. reseña es que la autoridad sustantiva **no podrá aprobar el primer Plan de Labores correspondiente a nuevas autorizaciones de explotación o ampliaciones si el solicitante no hubiera finalizado correctamente los trabajos de restauración** de las superficies explotadas con autorizaciones anteriores (artículo 3.2.3. d del P.R.U.G).

Finalmente, se aprecia que la **fórmula de Grupos Mineros** puede dar lugar a situaciones ambientalmente poco recomendables, pues bajo esta figura pueden existir explotaciones sin una obligación real de restaurar los terrenos alterados en un plazo indefinido. Sería necesario revisar la normativa que regula estos Grupos, con el fin de evitar que se produzcan situaciones incompatibles con el espíritu del P.R.U.G. vigente.

## Referencias bibliográficas

(1) Ley 6/94, de 28 de junio, sobre Creación del Parque Regional en torno a los ejes de los cursos bajos de los Ríos Manzanares y Jarama. BOCM de 12 de julio de 1994, nº 163.
(2) Decreto 27/1999, de 11 de febrero, por el que se aprueba el Plan de Ordenación de los Recursos Naturales del Parque Regional en torno a los ejes de los cursos bajos de los ríos Manzanares y Jarama. BOCM del 3 de marzo de 1999.
(3) Decreto 9/2009, de 5 de febrero, por el que se aprueba el Plan Rector de Uso y Gestión del Parque Regional en torno a los Ejes de los Cursos Bajos de los Ríos Manzanares y Jarama. BOCM de 10 de junio de 2009.

(4) A.L.B.A. Ingenieros Consultores S.L., 2003. Estudio de los recursos de áridos naturales y otras actuaciones medioambientales en el Parque Regional del Sureste. Trabajo ANEFA (no publicado).
(5) Aramburu Maqua, M.P., Escribano Bombín R., Escribano Bombín, M.M., Mataix González, C., 2004. Revisión del estado de la restauración en explotaciones mineras de la Comunidad de Madrid. Trabajo de la U.D. de Planificación y Proyectos de la E.T.S.I. Montes de Madrid para la Dirección General de Industria, Energía y Minas; Consejería de Economía y Hacienda de la Comunidad de Madrid (no publicado).
(6) Aramburu Maqua, M.P., Escribano Bombín, M.M., Escribano Bombín R., Mataix González, C., Pastor Piñuela, M., López Rodríguez, A., Rastrollo Gonzalo, A., 2008. Seguimiento y revisión, situación actual y posibilidades de mejora de restauraciones mineras de graveras y areneros de la Comunidad de Madrid. Trabajo de la U.D. de Planificación y Proyectos de la E.T.S.I. Montes de Madrid para la Dirección General de Industria, Energía y Minas; Consejería de Economía y Hacienda de la Comunidad de Madrid (no publicado).
(7) Aramburu Maqua, M.P., Escribano Bombín, M.M., Escribano Bombín R., López Rodríguez, A., Mataix González, C., Pastor Piñuela, M., Turc Cuesta, L.I. Especies vegetales de interés para la restauración minera en la Comunidad de Madrid. Dirección General de Industria, Energía y Minas. Consejería de Economía y Hacienda de la Comunidad de Madrid, Madrid 2009.

# Impacto ambiental de la explotación minera en el ecosistema forestal de los Cerros orientales de Bogotá (Colombia)

## *Environmental Impact in Mining Exploitations in Forest Ecosystem from "Cerros Orientales" in Bogotá, Colombia*

**P. M. DÍAZ FERNÁNDEZ**
Facultad de Ciencias y Artes. UCAV

**C. R. MONTES PULIDO**
Facultad de Ciencias Agrícolas, Pecuarias
y del Medio Ambiente, UNAD, Bogotá (Colombia)

## Introducción

Dentro del ecosistema forestal de los cerros orientales, Bogotá, Colombia, se encuentra un área de 13.154 ha denominada "Reserva Forestal Protectora Bosque oriental de Bogotá". Su finalidad es proveer de servicios ambientales a los habitantes bogotanos (1). Según la Corporación autónoma regional de Cundinamarca (2), los tipos de cubiertas vegetales de la reserva son matorrales, bosque medio y enano de subpáramo, frailejonal (*Espeletia* sp) y chuscales (*Chusquea* sp) que cubren el 42% de la superficie. Hay un 29% de coberturas seminaturales de vegetación espontánea mas o menos alterada y finalmente el restante 21% lo constituyen pastizales, cultivos, matorrales de retamo (*Ulex europaeus*), plantaciones forestales de pino, eucalipto y ciprés. En cuanto a los valores faunísticos más destacables los Cerros Orientales albergan 5 familias de anfibios, 4 de reptiles, 25 de aves y 18 de mamíferos.

Históricamente los cerros orientales han sido manejados desde épocas remotas por distintas culturas que realizaron aprovechamientos diferentes. En la época precolombina, aproximadamente 10.000 a.C hasta inicios del siglo XVI, los cerros fueron lugares sagrados con bosques de *Weinmannia tomentosa*, *Myrcine guianensis*, *Drymis granatensis*, *Macleania rupestris* destinados al encuentro con sus dioses. Durante la colonia, siglo XVI a inicios del siglo XIX, los cerros orientales fueron deforestados para la construcción, mobiliario de iglesias, curtir cuero y obtener leña, así como para extraer arcilla y arena para la construcción (3, 4, 5).

En el siglo XX, entre 1938 y 1960, tras la extracción de materiales de construcción, se construyen barrios obreros en las faldas de los cerros (8). En 1950 tras el despoblamiento antrópico resultante de violencia política, algunos sectores se regeneran y otros se cubren de pinos y eucaliptos promovidos por silvicultura industrial. Veintisiete años después, la Resolución 76 de 1977, del Ministerio de Agricultura alindera y declara la Reserva Forestal Protectora (3).

De acuerdo con el mapa de actividades mineras elaborados por la CAR de Cundinamarca (3) el área impactada con minería en la Reserva Forestal cubre una superficie de 176.4 ha. Se concentra mayor actividad extractiva en las localidades de Usaquén, San Cristóbal y Usme. La Personería de Bogotá (6) recoge un total de 160 explotaciones mineras en Bogotá, concentradas en las localidades de Usme (59), Ciudad Bolívar (37), San Cristóbal (23), Usaquén (22), Rafael Uribe (17), Tunjuelito (1) y Santa Fe (1) (Figura 1).

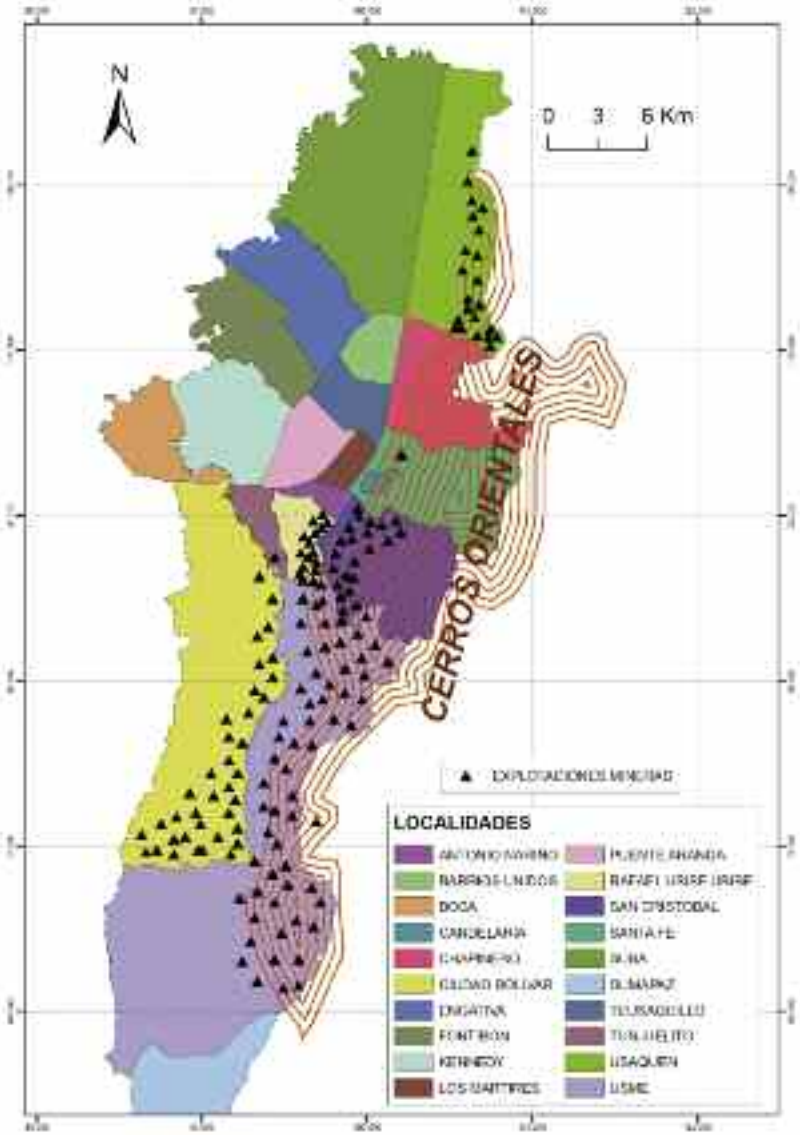



*FIgura 1. Localización de las explotaciones mineras en los Cerros Orientales. Fuente: Personería de Bogotá, D.C. 2008. Veeduría temática "Control institucional a la actividad minera en Bogotá*

Sobre los impactos ambientales la Personería (6) identifica la deforestación como el más significativo. Esta a su vez afecta el hábitat de fauna endémica y el flujo permanente de agua.

La Corporación autónoma regional de Cundinamarca (3) manifiesta que la intervención, en su mayoría anti-técnica y manual, acompañada de desarrollos urbanos subnormales paralelos o posteriores al abandono de la mina, genera impactos que provocan zonas de alto riesgo (3). Se determinó que del total de 13.154 ha de la reserva 5931 ha presentan amenaza de remoción en masa.

El riesgo biológico, relacionado con la introducción de especies domésticas en la reserva, ganado, perros y gatos, ocasiona pérdida de fauna local, compactación del suelo y destrucción del sotobosque. De otra parte, la presencia de grandes extensiones de la especie invasora retamo espinoso (*Ulex europaeus*) y el retamo liso (*Teline monspessulana*) como competidores de especies nativas amenazan la vegetación natural de los cerros (2).

## Material y métodos

Se realizó un recorrido preliminar para determinar impactos sobre el ecosistema de la reserva y seleccionar explotaciones mineras activas y abandonadas donde evaluarlos. Se seleccionaron cinco sitios denominados El Cedro (calle 153 con carrera 6a), La Cabaña, (Carrera 7 con calle 215), Matucana (Calle 181con carrera 7a ), Soratama (Calle 162 con carrera 7a) y Tubos la Roca (barrio San Cristobal sur), donde se aplicó la matriz de Leopold adaptada (7).

Se revisaron los expedientes de cada sitio y las regulaciones disponibles en la Corporación autónoma regional de Cundinamarca, encargada de hacer seguimiento a algunas de las explotaciones mineras, para identificar los antecedentes y posibles planes de manejo y recuperación ambiental de los sitios elegidos.

## Resultados

Se identificó que el bosque alto andino protegido por la reserva forestal se encuentra fragmentado debido a actividades extractivas. La ocupación urbanística, actividades agropecuarias y plantaciones con especies exóticas, están impactando el ecosistema. Sin embargo, algunas zonas pendientes, por encima de los 2700 msnm presentan un grado medio de conservación. Las condiciones de explotación anti técnica y abandono, sin manejo alguno o recuperación, son causa de derrumbes y desastres sobre las viviendas localizadas aguas debajo del área explotada.

Se encuentra que la acción asociada a la explotación minera que causa mayor impacto negativo sobre el ecosistema es la eliminación de la cobertura vegetal

natural. Esta afecta directamente el desplazamiento de fauna silvestre e incrementa la escorrentía en el sitio.

Los factores ambientales que reciben mayor impacto son la vegetación, el suelo, el paisaje y el agua. Para obtener la arcilla o arena es necesario levantar la capa de vegetación y de materia orgánica que la cubre. El paisaje deja de ser una superficie visualmente verde y agradable para convertirse en una cicatriz amarillenta y escabrosa. El agua, antes interceptada y regulada por la vegetación, cae directamente sobre el material estéril, arrastra partículas y genera erosión, o se acumula en depresiones artificiales para utilizarla en el proceso extractivo. Así mismo se contamina por sólidos, combustibles y aceites procedentes de los vehículos y maquinaria empleada en el proceso.

Con la explotación minera el paisaje y la vegetación reciben un impacto fuerte, permanente y adverso. Una vez eliminada la capa forestal y orgánica, el paisaje es sometido al uso de explosivos para la extracción de rocas consolidadas, razón por la cual pierde su forma y volumen original. Las especies vegetales limitan su colonización ante la carencia de un suelo orgánico.

La documentación revisada no evidenció la existencia de planes de manejo y recuperación para las zonas donde se evaluó el impacto ambiental por actividades extractivas.

## Discusión y conclusiones

Entre los principales impactos ambientales identificados en la reserva forestal están la destrucción y fragmentación de bosque altoandino, eliminación de la capa orgánica del suelo, desplazamiento de poblaciones de fauna, pérdida de caudal y contaminación hídrica por carga con sólidos en suspensión.

Sumado a lo anterior, se evidencia amenazas por remociones en masa y desarrollo urbano progresivo aledaño a las áreas explotadas.

Se encuentra como limitante que la normatividad vigente, particularmente la Resolución 1197 de 2004, no establece un periodo máximo para la recuperación de las áreas explotadas, situación que prolongará la existencia de impactos.

Para los habitantes de Bogotá la explotación y abandono de minas, sin manejo ambientalmente apropiado, provoca además de una pérdida de bienestar de los ciudadanos, un pasivo ambiental cuya reparación es en parte asumida con presupuesto del Estado.

## Referencias bibliográficas

(1) República de Colombia, Decreto 619 de 2002, Plan de ordenamiento territorial de Bogotá.

(2) CAR de Cundinamarca (2010). Ajuste del Plan de Manejo de la Reserva Forestal Protectora Bosque Oriental de Bogotá. Documento principal. Bogotá, Corporación autónoma regional de Cundinamarca. 374 p.

(3) CAR de Cundinamarca. 2006. Plan de Manejo de la Reserva Forestal Protectora Bosque Oriental de Bogotá. Documento principal. Bogotá, Corporación autónoma regional de Cundinamarca. 739 p.
(4) Van der Hammen, T., González, E. 1963. historia del clima y vegetación del Pleistoceno superior y del Holoceno de la Sabana de Bogotá. *Boletín Geológico*, 11 (1-3): 189-266.
(5) Cortés-S, S. P., Van der Hammen, T., Rangel-H, J.O. 1999. Comunidades vegetales y patrones de degradación y sucesión en la vegetación de los cerros occidentales de Chía- Cundinamarca-Colombia. *Rev. Acad. Colomb. Cienc.,* 23 (89): 529-554.
(6) Personería de Bogotá (Alcaldía mayor de Bogotá) 2008. Veeduría temática "Control institucional a la actividad minera en Bogotá. Bogotá, Personería delegada para el medio ambiente y el desarrollo urbano. 54 p. 5 anexos.
(7) Arboleda, J. 2008. Manual para la evaluación de impacto ambiental de proyectos, obras o actividades. Medellín, Colombia. 132 p.
(8) Mejía, R. 2000. Los años del cambio: Historia urbana de Bogotá, 1820 -1910. Bogotá, Segunda edición, CEJA. 474 p.

# Herramienta para el cálculo de la huella de $CO_2$ del Grupo Gas Natural Fenosa

## *$CO_2$ Footprint Tool for Gas Natural Fenosa Group*

**C. B. DÍAZ LÓPEZ**
**I. MONTERO SANZ**
SOCOIN, Madrid

**A. GIL MARTÍNEZ**
**A. DÍAZ LAGARES**
Gas Natural Fenosa, Madrid

## Introducción

La Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático (CMCC o UNFCCC en inglés), describe el cambio climático como un cambio del clima atribuido directa o indirectamente a la actividad humana, que altera la composición de la atmósfera mundial y que viene a sumarse a la variabilidad climática natural observada en períodos de tiempo comparables.

Tal y como se indica en la Estrategia Española de Cambio Climático y Energía Limpia, "el cambio climático es una de las principales amenazas para el desarrollo sostenible, representa uno de los principales retos ambientales con efectos sobre la economía global, la salud y el bienestar social ya que sus impactos los sufrirán aún con mayor intensidad las futuras generaciones. Por ello, es necesario actuar desde este momento y reducir las emisiones mientras que a su vez buscamos formas para adaptarnos a los impactos del cambio climático".

Tras la ratificación de tratados internacionales como el de Kioto, los acuerdos alcanzados en la cumbre de Copenhague y los objetivos fijados en Cancún, las administraciones públicas comparten con el sector privado el compromiso y la responsabilidad de desarrollar planes estratégicos para reducir las emisiones de gases de efecto invernadero (GEI), principales precursores del cambio climático.

Para que estas estrategias de reducción sean eficaces, un buen principio es realizar un diagnóstico del estado de la empresa en materia de GEI, a través del inventario de emisiones. El resultado del cómputo global de GEI *($CO_2$, $CH_4$, $SF_6$, etc.) "emitidos por efecto directo o indirecto de un individuo, organización, evento o producto* (1)*"*, representan la **huella de carbono** de la compañía inventariada.

Hasta ahora, en España las únicas empresas con exigencia de reportar emisiones son las incluidas en los Planes Nacionales de Asignación, y la obligación únicamente se limita a reportar las emisiones directas derivadas del propio proceso productivo.

Sin embargo, tal y como señala el informe del año 2009 de *Carbon Disclousure Project* (2) (en adelante CDP), actualmente la demanda de información va más allá de los requisitos legales y se comienza a valorar información adicional sobre las emisiones indirectas de las empresas, (emisiones de alcance 2 y 3 según la nomenclatura *GHG Protocol*(3)) que incluye las emisiones asociadas al uso de productos y servicios, o a los viajes corporativos.

En línea con las recomendaciones del CDP, y de acuerdo con el compromiso de mejorar su comportamiento ambiental, **Gas Natural Fenosa** (GNF) ha desarrollado, a través de **SOCOIN**, una **herramienta para el cálculo de la huella de carbono del grupo**. Con ésta herramienta, GNF quiere ofrecer una presentación de los resultados más clara y más ajustada a la realidad de la empresa, publicando una información relevante, completa, consistente, transparente y precisa de las emisiones directas (alcance 1) e indirectas (alcances 2 y 3).

La herramienta desarrollada por SOCOIN y verificada por PricewaterhouseCoopers (PwC), posibilita la realización de los inventarios de emisiones de varios años empleando un único motor de cálculo.

Se trata de una herramienta "viva" que admite variaciones en cuanto a las unidades de cálculo para poder contemplar cualquier cambio significativo en las emisiones (adquisiciones, desinversiones, etc.). De esta forma se consigue una herramienta funcional capaz de generar el contexto apropiado para cualquier cambio significativo en las emisiones de una manera sencilla.

## Material y métodos

Esta herramienta de cálculo se ha diseñado en base a la metodología de análisis de ciclo de vida (ACV) descrita por las normas UNE-EN-ISO 14040, UNE-EN-ISO 14044 y UNE-EN-ISO 14064; las premisas del GHG Protocol y las directrices IPCC de 2006 para los inventarios nacionales de gases de efecto invernadero, siguiendo las fases que se describen a continuación:

### Fase 1: Definición del perímetro de cálculo

Para determinar el perímetro de cálculo, previamente hay que definir los límites de la organización y el método de consolidación de las emisiones. En este caso, se han considerado las instalaciones que la compañía tiene en todo el mundo, en base a su cuota de participación y las actividades productivas.

Los límites geográficos de la herramienta se han definido teniendo en cuenta la localización geográfica de la actividad desarrollada (comunidades autónomas, cuencas hidrográficas y países) y el país de procedencia de los combustibles.

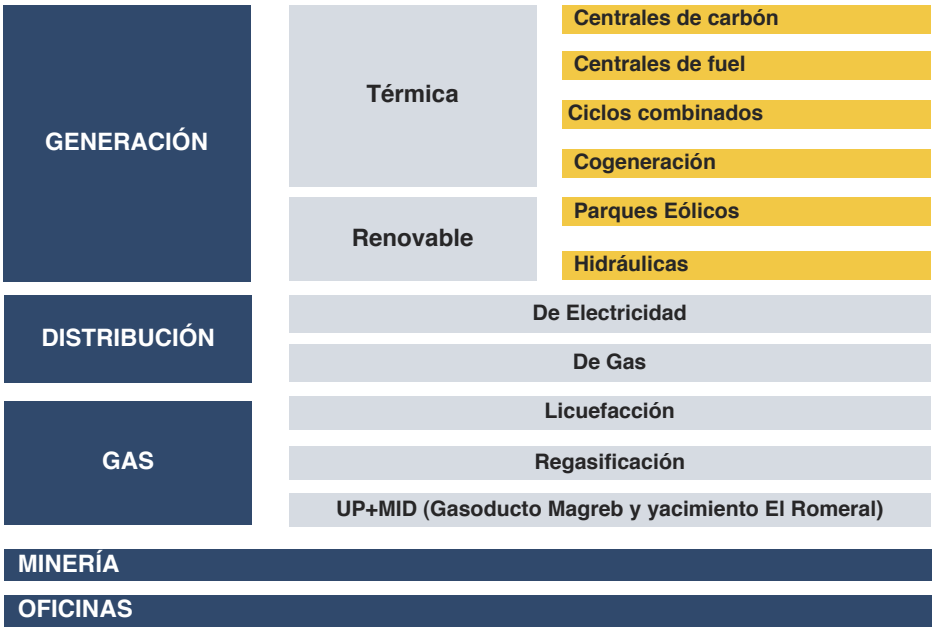



*FIgura 1. Definición de las unidades de cálculo*

### Fase 2: Establecimiento de los límites operativos

Tras establecer las unidades de cálculo (por ejemplo: central térmica de carbón La Robla, central de ciclo combinado Arrúbal, central térmica de fuel Aceca, distribución eléctrica Moldavia, planta de licuefacción Damietta, etc..), el siguiente paso es la identificación de las emisiones asociadas a las operaciones de la compañía y la clasificación e identificación de las emisiones indirectas. Estas emisiones son las siguientes:

- **Alcance 1.** Emisiones directas de GEI, entendiéndose por éstas, las que proceden de fuentes que son controladas por la propia compañía, como son las emisiones derivadas de los centros de generación eléctrica, del transporte y distribución de gas, de los procesos de licuefacción y regasificación del gas, del consumo de combustible para la extracción de carbón en minas propiedad de la compañía, del consumo de combustibles empleados en vehículos de flota propia y de la combustión de combustibles par a la climatización de oficinas.

- **Alcance 2.** Emisiones indirectas debidas a la generación y transporte de energía eléctrica que es adquirida por la compañía para su propio consumo y/o distribución pero que no es generada por el grupo.

- **Alcance 3.** Emisiones indirectas que no pueden ser controladas por la compañía o que no tienen relación directa con las actividades propias de ella: emisiones derivadas del proceso de extracción, tratamiento y transporte de todos y cada uno de los combustibles empleados, emisiones derivadas del transporte de GNL en metaneros, emisiones derivadas del transporte y gestión de los residuos generados, emisiones derivadas de las pérdidas de la energía eléctrica distribuida por el grupo pero no generada por empresas del grupo y emisiones derivadas de los desplazamientos del personal en avión, tren o cualquier otro medio de transporte no perteneciente a la flota de vehículos del grupo.

### Fase 3: Cuantificación de emisiones

El paso siguiente es la definición de los ciclos de vida (procesos desde el origen hasta la deposición final) de cada una de las actividades productivas y el conjunto de etapas o sistemas que constituyen cada uno de los ciclos de vida identificados.

Básicamente, el análisis del ciclo de vida (ACV) se realiza de los combustibles, de los productos químicos cuyo consumo ha sido relevante en los últimos años y de los residuos generados más representativos (en base a las toneladas generadas). De manera simplificada, los sistemas de estos ACV de combustibles son los siguientes:

Para calcular las emisiones de GEI que no pueden ser medidos directamente (sobre todo los derivados de las emisiones indirectas de alcance 2 y 3), se emplean factores de emisión documentados, actualizados, coherentes y reconocidos internacionalmente. Estos factores son “cocientes calculados que

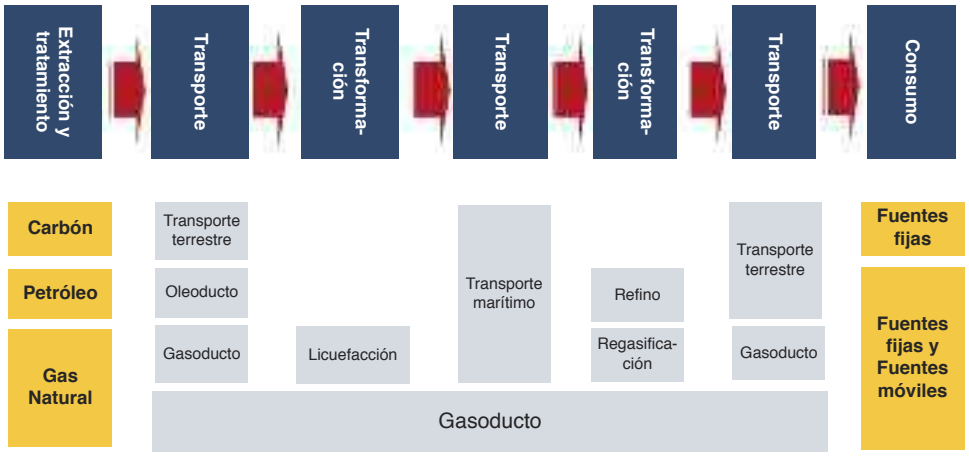



*FIgura 2. Definición de los ACV de los combustibles*

relacionan emisiones de GEI con una medida de actividad en una fuente de emisión".

En la herramienta de cálculo se han utilizado factores de emisión específicos para cada GEI y para cada etapa del ciclo de vida de acuerdo con las directrices establecidas por el IPCC de 2006 para los inventarios nacionales de gases de efecto invernadero (en adelante IPCC 2006 GEI).

Así mismo, la determinación de los factores de emisión de $CO_2$ correspondientes a cada país (imprescindibles para el cálculo de las emisiones de alcance 2), se ha obtenido con los datos del GHG Protocol. Los factores de emisión de $CH_4$ y $N_2O$ para cada país se han calculado considerando el mix energético de cada uno de los países considerados, obtenido de World Energy Outlook 2009 (WEO´09).

Una vez definidos los ciclos de vida, los datos de actividad y los factores de emisión, se desarrolló el motor de cálculo de la herramienta definiendo todas las fórmulas para el cálculo individualizado de emisiones por GEI y por cada etapa de ciclo de vida para cada unidad de cálculo.

## Resultados

La versatilidad de la herramienta desarrollada, permite determinar las emisiones directas e indirectas de $CO_2$, $CH_4$, $N_2O$, $SF_6$ y $CO_{2eq}$, de manera individual para cada una de las instalaciones (unidades de cálculo) o de forma agrupada por tipos de tecnologías, por países, por tipo de GEI, etc. Los resultados finales se muestran tanto numéricamente como gráficamente.

*FIgura 3. Pantalla de presentación de resultados numéricos*

Cabe señalar, que cuando los resultados seleccionados sean datos agregados, es decir que incluyan más de una unidad de cálculo, de área geográfica o

de tecnología, la herramienta realiza el cómputo total de emisiones evitando dobles contabilidades.

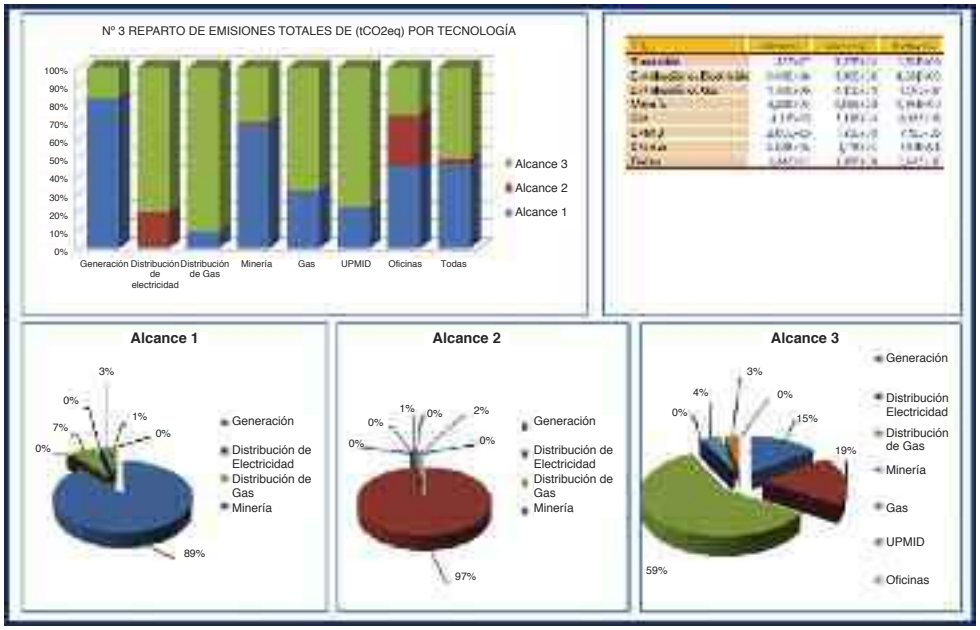



*FIgura 4. Pantalla de presentación de resultados gráficos (ejemplo por tecnología y alcances)*

Esto quiere decir que en todos los cálculos agregados que incluyan diferentes áreas geográficas o diferentes tecnologías que impliquen consumo o transformación de gas (centrales de ciclo combinado, plantas de regasificación, licuefacción, etc.) es preciso tener en cuenta que, incluidos en las emisiones del ACV del gas, hay sistemas que generan emisiones de alcance 1, 2 ó 3 en función del tipo de agrupación elegido.

## Discusión y conclusiones

La herramienta diseñada por **SOCOIN** permite:

- Modelizar cualquier modificación en los parámetros de entrada (origen de materias primas, consumo de electricidad, tipo de combustibles, etc.) y su repercusión en la suma de emisiones.
- Tener información actualizada periódicamente de las emisiones indirectas de alcance A3 (recomendación especial del *Estándar Corporativo de Contabilidad y Reporte del Protocolo de GEI, 2005*).

- Permite fijar objetivos realistas para la reducción de emisiones y definir las estrategias por las empresas de forma efectiva.
- Conocer y controlar las emisiones en todas las actividades de la compañía.
- Poder tener resultados de manera inmediata y fácilmente interpretables.

## Referencias

(1) Definición de “Huella de carbono” (UK Carbon Trust 2008).
(2) Carbon Disclosure Project (CDP) es una organización sin ánimo de lucro creada en Gran Bretaña con el objetivo de dar credibilidad a aquellas empresas que hicieran esfuerzos por ser sostenibles con el medio ambiente. CDP ha creado el principal estándar para la transparencia corporativa en materia de cambio climático.
(3) World Business Council for Sustainable Development (WBCSD)/ World Resources Institute (WRI), Greenhouse Gas Protocol. Corporate Accounting and Reporting Standard (www.ghgprotocol.org).

# Planificación espacial de nuevas plantaciones de viñedo en zonas de especial protección de la avutarda (*Otis tarda*) en Castilla-La Mancha

## *Planning New Vineyard Plantations in Special Protection Areas for Great Bustard (Otis tarda) in Castilla-La Mancha, Spain*

**F. MONTERO GARCÍA**
**A. BRASA RAMOS**
**F. MONTERO RIQUELME**
**G. J. CARSJEN**
Universidad de Castilla-La Mancha, Albacete

## Introducción

Las aves esteparias son características de llanuras, terrenos desarbolados y abiertos, y áreas de cultivo extensivo de cereal. La Avutarda Común (*Otis tarda*) es la más característica y llamativa debido a su gran tamaño. Es un ave amenazada a escala mundial como consecuencia del crecimiento y expansión de la población humana (1). Su hábitat óptimo son zonas llanas y abiertas de cereal extensivo de secano; evita lugares habitados o carreteras transitadas (2). La población de avutardas de la Península Ibérica se estima entre 23.918 y 25.643 individuos, un 95% de los cuales se encuentra en España y el 5% restante en Portugal; en Castilla-La Mancha la población estimada se encuentra entre 4.775 y 5.500 individuos (3).

Las Zonas de Especial Protección para las Aves (ZEPA) son zonas naturales de singular relevancia para la conservación de la avifauna amenazada de extinción (Directiva de Aves, 79/409/CEE). Forman parte de una Red Ecológica Europea de Zonas Especiales de Conservación (ZEC) denominada NATURA 2000 para la conservación de hábitats, especies y biodiversidad en la Unión Europea. En Castilla-La Mancha existen declaradas oficialmente 38 ZEPA que abarcan un total de 15776 km$^2$, es decir, casi el 20% de la superficie total de la región.

Existe una superficie total de viñedo de 528.931 ha (4), de las cuales un 5,2% (27.628 ha) están situadas en el ámbito territorial de ZEPAs esteparias. El cultivo tradicional de vid en vaso es, en conjunto, un hábitat inadecuado para la avutarda, aunque algunos autores estiman que es utilizado como refugio o fuente de alimento (5). La supervivencia de la población dependerá de la conectividad del paisaje. La conectividad es un parámetro de la interconexión de elementos ecológicos del paisaje funcionalmente vinculados que permiten a las especies moverse entre ellos (6). Los caminos y carreteras crean barreras que causan fragmentación del paisaje y de las poblaciones ya que estos elementos suelen ser los límites (7). La supervivencia de una red espacial de subpoblaciones depende de un equilibrio dinámico entre población local, extinciones y colonizaciones (8).

Son 5 las Denominaciones de Origen vitícolas que comparten territorio con ZEPA esteparias: Méntrida, Mancha, Valdepeñas, Almansa y Jumilla. Es por tanto previsible que el desarrollo de estas zonas vitícolas se vea afectado por las restricciones de uso derivados de los planes de gestión de las ZEPA, ante lo cual se plantea el presente estudio.

El objetivo de este trabajo es analizar la incidencia de la implantación de nuevos viñedos con sistemas de conducción en espaldera o transformación de los existentes, en el ámbito de áreas de protección de la avutarda, en Castilla-La Mancha. Se elaboró un Sistema de Información Geográfica (SIG) para realizar un análisis multicriterio que apoye la toma de decisiones para la planificación sostenible de nuevas plantaciones de viñedo, favoreciendo la viabilidad técnica y agronómica de las propuestas de transformación vitícola en áreas ZEPA a la vez que manteniendo las características propias y actuales de las mismas, según sus condicionantes ambientales.

## Material y métodos

La zona de estudio abarca las tres ZEPA de carácter estepario de Castilla-La Mancha que presentan conflictos territoriales por la importante presencia de viñedos: Área esteparia de La Mancha Norte; Área esteparia del Este de Albacete; Áreas esteparias del Campo de Montiel (Figura 1).

*FIgura 1. Localización de las áreas de estudio*

En la Tabla 1 se indican las superficies totales y de viñedo de cada una de ellas. La superficie de viñedo presente en las ZEPA esteparias de Castilla-La Mancha es de 27.628 ha, es decir, el 5,2% del viñedo de Castilla-La Mancha. La superficie de viñedo existente en las tres ZEPA de estudio es de 26.930 ha, lo que supone un 18,1% de ocupación y el 97% de toda la superficie de viñedo en territorio de ZEPA esteparia.

*Tabla 1.* Distribución de la superficie de viñedo en las tres ZEPA esteparias de estudio

| ZEPA Esteparia | Superficie total | Superficie viñedo | |
|---|---|---|---|
| | ha | ha | % |
| Mancha Norte | 107.248 | 21.383 | 19,9 |
| Este de Albacete | 25.760 | 3.457 | 13,4 |
| Campo de Montiel | 16.110 | 2.090 | 13,0 |
| Total | 149.118 | 26.930 | 18,1 |

Se partió de información geográfica del Ministerio de Medio Ambiente y Medio Rural y Marino, fotografías aéreas del Plan Nacional de Ortofotografía Aérea (PNOA) disponible mediante servidor WMS. Para los datos vitícolas se dispuso del Catastro de Rústica a nivel de subparcela, así como el Registro Vitícola de Castilla-La Mancha, correspondiente a los términos municipales implicados. Se utilizó el software ArcGis de ESRI para la elaboración del SIG.

Como hipótesis de partida se consideró que no debía alterarse la distribución territorial actual de usos del suelo, ya que la avutarda es una especie muy sensible a alteraciones del hábitat; el abandono de formas tradicionales de agricultura extensiva a favor de sistemas intensivos y simplificación del paisaje agroesteparios provocan pérdidas, fragmentación o deterioro del hábitat. Las transformaciones de cultivos de viñedo en vaso a modelos de cultivo más intensivo implican instalación de espalderas y estructuras que pueden desplazar el hábitat de la Avutarda (9).

Junto con el cereal, el viñedo es el cultivo más importante en cada una de las ZEPA. En el Área esteparia de La Mancha Norte el viñedo alcanza un 20% de ocupación media, y algunas áreas con mucha mayor presencia; en el Área esteparia del Este de Albacete, el viñedo está muy repartido; las Áreas esteparias del Campo de Montiel presentan grandes diferencias en las distintas subáreas.

La metodología que se siguió en este trabajo consideró dos tipos de estudio en paralelo: el estudio de las zonas de concentración de viñedos, así como el análisis de fragmentación del hábitat favorable para la avutarda. La Figura 2 representa las principales etapas de la metodología.

Para analizar la continuidad territorial del viñedo en las ZEPAs, se tuvo en cuenta la intensidad de cultivo del viñedo y su dispersión en el territorio. Para ello, en primer lugar, se delimitaron áreas de concentración de viñedo denominando

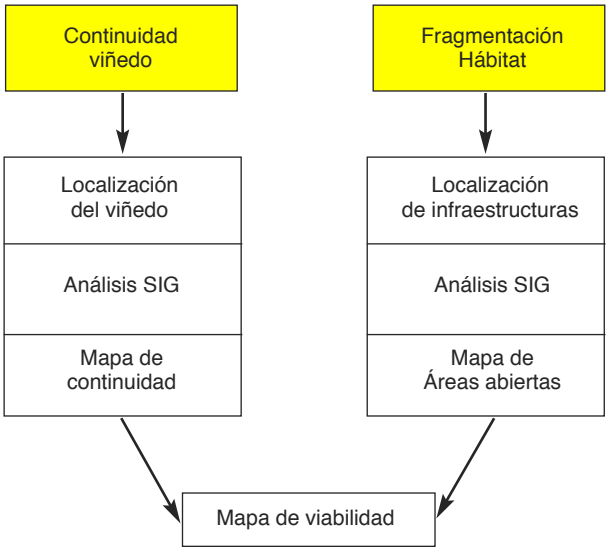



*FIgura 2. Esquema metodológico para la determinación de zonas viables para la transformación del viñedo compatibles con la avutarda*

"*bloque*" al conjunto de parcelas de viñedo contiguas. A continuación, se calculó su centroide, su tamaño medio y las distancias mínimas que los separan. Entonces, se aplicó un procedimiento de análisis de la uniformidad espacial basado en el método propuesto por Thiessen (10) que es una de las funciones de análisis básicas en los SIG. Cada bloque de viñedo generó un polígono desde su centroide, de manera que toda la superficie de estudio quedó dividida en polígonos. Cualquier localización dentro de un polígono está más cerca de su centroide que de cualquier otro.

Para caracterizar la dispersión del viñedo en el territorio, se tuvo en cuenta que las áreas de mayor concentración de viñedo se identifican por la agrupación de muchos polígonos pequeños mientras que las parcelas dispersas o aisladas generan polígonos grandes. Se clasificaron los polígonos en dos niveles de dispersión: concentrado y aislado. Para caracterizar la intensidad de cultivo, se calculó la relación entre el tamaño del polígono y la superficie de viñedo contenida, clasificando los polígonos en dos niveles de intensidad: alta y baja.

Para analizar la fragmentación del hábitat se consideró que la Avutarda habita áreas amplias sin interferencias (11) y evita las cercanías a lugares habitados y caminos transitados (2), por lo que se procedió a determinar las grandes áreas libres de elementos artificiales (núcleos urbanos, edificaciones diseminadas, vías de comunicación, etc.).

El Organismo Autónomo de Espacios Naturales (*Comunicación personal*) define un área de influencia de 200 m para cada elemento o infraestructuras artificial como ámbito no adecuado para el hábitat de aves esteparias. En este trabajo

se denomina "*Zona Abierta*" a aquellas áreas libres de elementos barrera, las cuales se obtienen eliminando del área total de cada ZEPA los elementos o infraestructuras artificiales con sus correspondientes áreas de influencia. El cálculo de Áreas de Influencia (*Buffer*) es una aplicación básica en SIG (12).

Asimismo, el Organismo Autónomo de Espacios Naturales (*Comunicación personal*) estima que las Avutardas necesitan un espacio de, al menos, 25 ha libres de elementos e infraestructuras artificiales para habitar, por lo que, de las zonas abiertas obtenidas, se seleccionaron aquellas con superficie superior a 25 ha. La mayor densidad de barreras se encuentra en torno a los núcleos de población así como en las zonas de intensificación agrícola por lo que, atendiendo a las necesidades de las avutardas, se puede considerar que estas zonas no son apropiadas para su establecimiento y que buscarán zonas amplias menos antropizadas.

## Resultados

### 1. Continuidad del viñedo en las ZEPAs

Para determinar la continuidad del viñedo en las zonas de estudio se aplicó un análisis multicriterio combinando la intensidad de cultivo con la dispersión de las parcelas de acuerdo con la metodología descrita anteriormente. Se clasificó el territorio en tres niveles de continuidad que se muestran en la Tabla 2.

*Tabla 2. Clasificación multicriterio de la continuidad del viñedo*

| Continuidad | | Dispersión | |
|---|---|---|---|
| | | Concentrado | Aislado |
| Intensidad | Alta | Alta | Media |
| | Baja | Media | Baja |

Con el fin de simplificar las salidas gráficas en este trabajo, se muestra en la Figura 3, un detalle de estos resultados aplicados a una zona de especial importancia vitícola en Mancha Norte, Toledo.

Se observa el ajuste correcto del modelo de continuidad territorial del viñedo propuesto a la distribución espacial del viñedo existente. La simbología empleada en el mapa se corresponde con los colores de la Tabla 2.

El análisis de la continuidad del viñedo en las tres zonas de estudio, cuyos resultados se resumen en la Tabla 3, muestra que la intensidad media de cultivo de viñedo en los polígonos clasificados como "continuidad alta" está entre el 36% y el 40%, lo que refleja una ocupación intensiva. Las áreas clasificadas como "continuidad media" están entre 16% y 24% y las de "continuidad baja" menores del 4%.

*FIgura 3. Detalle de representación de la continuidad del viñedo en el Área Esteparia de la Mancha Norte, Toledo*

*Tabla 3. Resumen de superficies clasificadas por continuidad de viñedo*

| ZEPA | Total ZEPA (ha) | Superficie de continuidad | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | Alta | | | Media | | | Baja | | |
| | | Total (ha) | Viña (ha) | Viña % | Total (ha) | Viña (ha) | Viña % | Total (ha) | Viña (ha) | Viña % |
| Mancha Norte | 107.246 | 36.856 | 14.602 | 39.6 | 35.619 | 5.959 | 16.7 | 34.771 | 810 | 2.33 |
| Este de Albacete | 25.757 | 3.397 | 1.308 | 38.5 | 7.415 | 1.635 | 22.0 | 14.944 | 509 | 3.41 |
| Campo de Montiel | 16.110 | 2.249 | 813 | 36.1 | 4.617 | 1.103 | 23.9 | 9.244 | 174 | 1.88 |

## 2. Aptitud de espacios para aves esteparias

En la Figura 4, se muestra un detalle de los resultados obtenidos del análisis de fragmentación del hábitat de la avutarda en la zona referida en el apartado anterior.

*FIgura 4. Detalle de representación de la fragmentación del hábitat de la avutarda en el Área Esteparia de la Mancha Norte, Toledo: (a) Elementos e infraestructuras artificiales. (b) Zonas abiertas mayores de 25 ha*

En la Tabla 4 se resume la distribución de zonas abiertas y desfavorables para las avutardas en las zonas de estudio. Se destaca que en las distintas ZEPA existe entre un 75% y un 81% del territorio de Zonas Abiertas y entre un 18% y un 25% de superficie desfavorable para la Avutarda por estar demasiado cerca de elementos o infraestructuras artificiales o por ser espacios pequeños confinados entre dichos elementos.

*Tabla 4. Resumen de superficies de zonas abiertas y desfavorables para las avutardas*

| ZEPA | Total (ha) ZEPA | Zona Abierta | | Zona desfavorable | |
|---|---|---|---|---|---|
| | | (ha) | % | (ha) | % |
| Mancha Norte | 107.248 | 79.909 | 75 | 27.337 | 25 |
| Este de Albacete | 25.759 | 20.780 | 81 | 4.976 | 19 |
| Campo de Montiel | 16.110 | 12.349 | 77 | 3.761 | 23 |

## 3. Compatibilidad de usos vitícolas

A partir de los análisis previos de continuidad de viñedo y fragmentación del hábitat de la avutarda descritos en la metodología se consideran inviables todas las áreas de baja continuidad de viñedo, así como aquellas áreas abiertas cuya continuidad de viñedo sea media. Se consideran viables las áreas de alta continuidad de viñedo así como las áreas desfavorables cuya continuidad de viñedo sea media (Tabla 5).

*Tabla 5. Clasificación multicriterio de la compatibilidad de usos vitícolas*

| Viabilidad | | Continuidad de viñedo | | |
|---|---|---|---|---|
| | | Baja | Media | Alta |
| Fragmentación | Área Abierta | INVIABLE | INVIABLE | VIABLE |
| | Desfavorable | INVIABLE | VIABLE | VIABLE |

En la Tabla 6 puede observarse que en términos generales, la mayor parte de la superficie ZEPA estudiada se considera inviable para la implantación o transformación de viñedos en espaldera. Sin embargo, en la ZEPA Mancha Norte, el nivel de compatibilidad es mayor (51% de superficie viable) debido a la mayor presencia e importancia socioeconómica del viñedo en la comarca.

En la Figura 5 se muestra un detalle de los resultados obtenidos del análisis de compatibilidad de usos vitícolas en la zona referida en el apartado anterior.

*Tabla 6. Resumen de superficies viables e inviables para compatibilidad de usos vitícolas*

| Nombre ZEPA | Superficie total ZEPA | Superficie inviable | | Superficie viable | |
|---|---|---|---|---|---|
| | | ha | % | ha | % |
| Mancha Norte | 107.246 | 52.683 | 49,1 | 54.563 | 50,9 |
| Este de Albacete | 25.757 | 19.333 | 75,1 | 6.424 | 24,9 |
| Campo de Montiel | 16.110 | 11.481 | 71,3 | 4.629 | 28,7 |

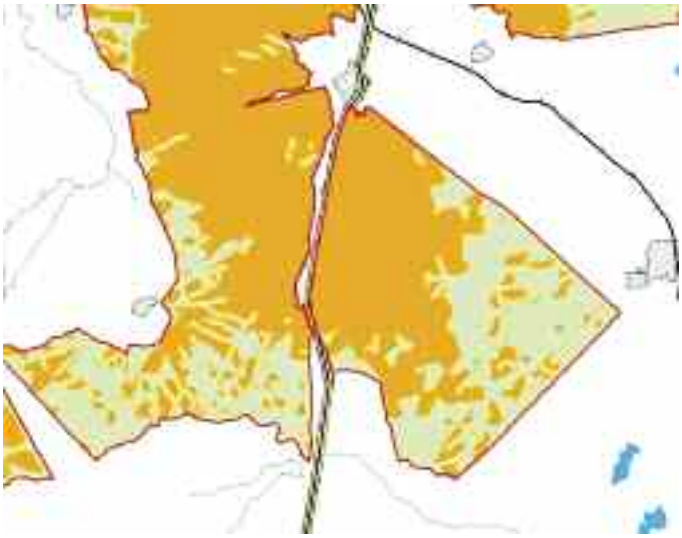


*FIgura 5. Detalle de la compatibilidad de usos vitícolas en el Área Esteparia de la Mancha Norte, Toledo*

## Discusión y conclusiones

No conviene alterar la distribución espacial actual de usos del suelo en cada ZEPA, por lo que las nuevas plantaciones de viñedo deben mantenerse en la ubicación de los actuales cultivos tradicionales y, por tanto, no conviene aumentar la superficie total de viñedo dentro de la misma. Pueden establecerse nuevas plantaciones en base al traslado de derechos dentro la misma ZEPA, para no alterar las proporciones de usos de suelo siempre que se respeten las zonas inviables resultantes de este estudio.

Para evitar conflictos territoriales entre el desarrollo rural y la conservación de la naturaleza, la Ley de Conservación de la Naturaleza de Castilla-La Mancha, prevé que las ZEPA deben contar con un plan de gestión en el que se concreten las medidas de conservación en cada caso necesarias, en función de las exi-

gencias ecológicas de los recursos naturales que hayan motivado su designación o declaración. En las tres zonas estudiadas, no existe tal regulación. Este estudio, se planteó como un instrumento de ayuda a la toma de decisiones.

## Referencias bibliográficas


(1) BirdLife International. 2000. Threatened Birds of the World. Lynx Edicions & BirdLife Int., Barcelona y Cambridge.

(2) Lane, S. J., Alonso, J. C., Martín, C. A. 2001. Habitat preferences of Great Bustard *Otis tarda* flocks in the arable steppes of central Spain: are potentially suitable areas unocupied? *Journal of Applied Ecology*, 38: 193-203.

(3) Alonso, J. C., Palacín, C., Martín, C. A. 2005. La Avutarda Común en la Península Ibérica: Población Actual y Método de Censo. SEO/ BirdLife, Madrid.

(4) http://www.jccm.es/agricul/paginas/agricultura-ganaderia/cifras/Uva.htm

(5) Palacín, C., Alonso, J. C., Martín, C. A., Alonso, J. A., Magaña, M., Martín, B. 2004. Avutarda Común (*Otis tarda*). En A. Madroño, C. González & J. C. Atienza (Eds.): Libro Rojo de las Aves de España, pp. 209-213. SEO/BirdLife y Dirección General de Conservación de la Naturaleza, Madrid.

(6) Jaarsma, C. F., Willems, G. P. A. 2002, Reducing habitat fragmentation by minor rural roads through traffic calming. *Landscape and Urban Planing*, 58: 125-135.

(7) Ena, V., Lucio, A., Purroy, F. J. 1985. The Great Bustard in León, Spain. *Bustard Studies*, 2: 35-52.

(8) Opdam, P. 1987. The metapopulation: model of a population in fragmented landscape. *Landschap*, 4 (4): 298-306.

(9) Alonso, J. C., Palacín, C., Martín, C. A. 2003, Status and recent trends of the great bustard (*Otis tarda*) population in the Iberian Peninsula. *Biological conservation*, 110: 185-195.

(10) Thiessen, A. H., 1911. Precipitation average for large areas. *Monthly Weather Review,* 39: 1.082-1.084.

(11) Peris, S. J., Corrales, N., González, N., Velasco, J. C. 1991. Surveys of wintering great bustards *Otis tarda* in West-Central Spain. *Biological conservation*, 60: 109-114.

(12) Peña Llopis, J. 2005. Sistemas de Información Geográfica Aplicados a la Gestión del Territorio. Editorial Club Universitario, Alicante.0

# Impacto ambiental de los campos de golf en Castilla y León

## *Environmental Impact of Golf Courses in Castilla y León*

**P. M. DÍAZ FERNÁNDEZ, M.ª ALONSO VICARIO, C. L. MUÑOZ GALLEGO, L. I. RESINA GUTIÉRREZ, S. RODRÍGUEZ PINDADO, R. SÁNCHEZ GONZÁLEZ, E. R. TORRES SUÁREZ**
Facultad de Ciencias y Artes, UCAV, Ávila

## Introducción

La proliferación de campos de golf en España ha seguido una evolución paralela al auge de la construcción y el turismo desde las dos últimas décadas del siglo XX hasta la actualidad. La práctica del golf se asocia a la mejora de servicios e infraestructuras turísticas y a la promoción urbanística. Los efectos ambientales han sido cuestionados por los sectores sociales más críticos fundamentalmente por el consumo de agua y afecciones al paisaje (1, 2). Estas críticas han impulsado estrategias de integración ambiental del golf dentro de promotores públicos y privados (3) así como una mayor exigencia en cuanto a normativa ambiental como es la inclusión de proyectos de golf en los procesos de Evaluación de Impacto Ambiental (4 y 5).

Según los datos de la Federación Española de Golf, en Castilla y León existen 69 campos de golf federados. Desde 1994 la normativa autonómica de EIA incluye los campos de golf dentro del grupo de proyectos que debe someterse obligatoriamente a EIA (6). En esta comunidad las Declaraciones de Impacto Ambiental (DIAs) pueden consultarse en Internet lo que permite hacer una revisión de los proyectos de construcción de campos de golf que han sido sometidos al procedimiento de evaluación. La información que aparece en las DIAs muestra los aspectos mas relevantes de los procesos y permiten reconocer diversos aspectos del proyecto y su entorno además de mostrar un resumen de los impactos ambientales mas significativos, al menos aquellos sobre los que la administración ambiental muestra una mayor atención. En este trabajo realizamos una revisión de las DIAs publicadas sobre proyectos de golf en Castilla y León con el objetivo de analizar su evolución en la región, ubicación, promotores así como los impactos ambientales identificados más relevantes.

## Material y métodos

Se han analizado las Declaraciones de Impacto Ambiental (DIAs), correspondientes a proyectos de construcción de campos de golf en Castilla y León. Para

obtener esta muestra se ha utilizado el buscador que facilita el Boletín Oficial de Castilla y León. En cada proyecto se ha identificado el municipio con el fin de relacionar la incidencia de estos proyectos en el desarrollo rural de la región. Se ha identificado el promotor, diferenciando promotores públicos, que corresponden a ayuntamientos y diputaciones provinciales frente a promotores privados que reúnen un conjunto variado de empresas, desde asociaciones constituidas con el fin de la promoción de proyecto a empresas promotoras urbanísticas. La información presente en las DIAs permite reconocer los impactos identificados, al menos los más relevantes para la administración con independencia de que en los estudios de impacto aparezcan más. Nuestro trabajo ha sido identificar esos impactos y clasificarlos en función de la fase del proyecto donde se producen. Por último hemos diferenciado la causa del impacto (acción impactante) y el factor ambiental afectado, atendiendo a la lista de factores que muestra el RD 1/2008 (7): El ser humano, la fauna, la flora, el suelo, el agua, el aire, el clima, el paisaje, los bienes materiales y el patrimonio cultural.

## Resultados

Se han recopilado un total de 38 Declaraciones de Impacto Ambiental (DIAs), la DIA más antigua se publicó el 11 de diciembre de 1996, mientras que la más actual ha sido publicada el 14 de febrero de 2011. La Tabla 1 muestra el listado de proyectos analizados, en donde se añade también el término municipal, el número de habitantes en el padrón de 2010 (INE), si el campo forma parte de un proyecto de promoción urbanística y si el promotor es público o privado.

La Figura 1 muestra la evolución de DIAs publicadas en el BOCyL desde el año 1996 al 2011, diferenciándose en función del promotor.

En el conjunto de las DIAs se han identificado 707 impactos, distribuidos de forma parecida entre la fase de obras (337) y la de funcionamiento (370).

Las acciones impactantes se han clasificado en 19 tipos y la frecuencia de aparición en fase de obras o de funcionamiento se muestra en las Tablas 2 y 3 respectivamente. La frecuencia de impactos sobre cada factor ambiental se muestra en la Tabla 4 tanto para el caso de impactos en fase de obras como para impactos en fase de funcionamiento.

## Discusión

El resultado del proceso ha sido mayoritariamente favorable al promotor, solo un proyecto obtuvo una DIA negativa, un campo de golf proyectado en Arévalo (Ávila) que trataba de construirse ocupando un monte público de especial valor como zona de recarga del acuífero que abastece a la población. Por otra parte algunos proyectos que han obtenido una DIA positiva se han vuelto inmersos en polémicas ambientales y procesos jurídicos que han cuestionado e impedido su

ejecución como es el caso de los campos proyectados en Las Navas del Marqués y Villanueva de Gómez, ambos en la provincia de Ávila.

La mayoría de los proyectos se ubican en pequeños municipios del medio rural, solo 5 supera los 10.000 habitantes y 16 proyectos (el 42,1 por ciento) tienen menos de 1000 habitantes por lo que este tipo de proyectos suponen un importante factor de desarrollo económico tanto en el municipio donde se instalan como, sobre todo, en el conjunto de la comarca. Debe ser especialmente significativo el impacto social, sobre todo por el drástico cambio de los niveles poblacionales que inducen estos proyectos. La valoración en términos de creación de empleo es claramente positiva ya que las actividades tradicionales y usos mayoritarios anteriores del suelo, agricultura y ganadería, se encuentran en declive en la región.

La mayor parte de los proyectos, 26, han sido promovidos por empresas privadas (el 68,4 por ciento) que han mostrado mayor interés en la actividad a partir de 2005 (Figura 1). Por el contrario, las administraciones públicas (ayuntamientos y diputaciones) fueron las entidades pioneras en promover la actividad, con objetivos de fomento del turismo de calidad para personas de alto valor adquisitivo. Los proyectos públicos suman el 31,5 por ciento de los campos estudiados. Por otra parte 14 de los 26 campos privados, que suponen el 53,8 por ciento, están asociados a promociones urbanísticas de viviendas. Este hecho agrava los impactos del conjunto de proyectos pues se producen sinergias e impactos acumulados que a veces son difíciles de analizar cuando se someten a EIA de forma independiente. Los impactos sociales por los cambios demográficos inducidos se elevan al considerar la creación de promociones, lo que en ocasiones ha sido previamente valorado en procesos de planificación y ordenación territorial sometidos a Evaluación Ambiental Estratégica como son los planes urbanísticos.

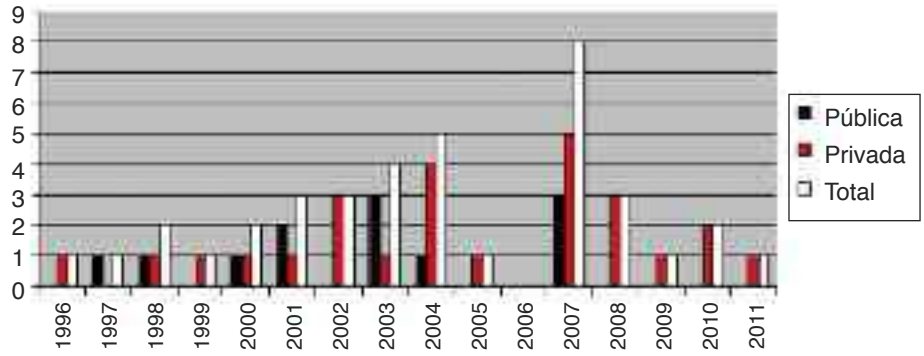



*FIgura 1. Porcentaje de DIAs en función del promotor desde 1996 a 2011*

Se han identificado 19 tipos de acciones impactantes en fase de obras y 33 en fase de explotación (Tablas 2 y 3).

*Tabla 1. Proyectos de construcción de campos de golf sometidos a EIA en Castilla y León, municipio, proyecto asociado de urbanización y tipo de promotor (público o privado)*

| Provincia | Municipio | Nº habitantes | Urbaniz. asociada | Promotor |
|---|---|---|---|---|
| ÁVILA | Ávila | 58.255 | No | Público |
| | Navaluenga | 2.207 | No | Público |
| | Arévalo | 8.114 | No | Público |
| | Candeleda | 5.221 | No | Público |
| | Navas del Marqués | 5.784 | Sí | Privado |
| | Sanchidrián | 856 | No | Privado |
| | Villanueva de Gómez | 151 | Sí | Privado |
| BURGOS | El Enebral | 258 | Sí | Privado |
| | Villatoro | 1.195 | No | Privado |
| | Poza de la Sal | 338 | No | Público |
| | Valle de Mena | 3.926 | Sí | Privado |
| | Saldaña | 183 | Sí | Privado |
| LEÓN | Congosto | 1.747 | No | Privado |
| | León | 134.012 | No | Público |
| | Puebla de Lillo | 691 | No | Público |
| | Cubillas de Rueda | 511 | No | Público |
| PALENCIA | Grijota | 1.703 | Sí | Privado |
| | Cevico de La Torre | 523 | Sí | Privado |
| SALAMANCA | Doñinos | 1.493 | No | Privado |
| | Béjar | 14.948 | No | Público |
| | Rincón de La Condesa (Béjar) | 14.948 | Sí | Privado |
| SEGOVIA | Cuéllar | 9.861 | No | Público |
| | Valverde del Majano | 1.027 | No | Privado |
| | Bercial | 120 | No | Privado |
| | Vegas de Matute | 284 | No | Privado |
| | Palazuelos de Eresma | 2.533 | Sí | Privado |
| | Anaya | 140 | No | Privado |
| | Grajera | 223 | No | Privado |
| SORIA | Soria | 39.528 | Sí | Privado |
| | Cubo de la Solana | 210 | Sí | Privado |
| | El Burgo de Osma | 5.258 | Sí | Privado |
| | Morón de Almazán | 228 | No | Privado |
| VALLADOLID | Aldeamayor de San Martin | 3.904 | Sí | Privado |
| | Aldeamayor de San Martin | 3.904 | Sí | Privado |
| | Arroyo de la Encomienda | 12.758 | No | Privado |
| | Mojados | 3.348 | No | Público |
| ZAMORA | Villarrín de Campos | 528 | No | Público |
| | San Cebrián de Castro | 294 | No | Privado |

Las acciones impactantes en fase de obras resultan poco específicas para campos de golf y en general guardan relación con los impactos que se generan en cualquier proyecto de construcción. El movimiento de tierras, el vertido de escombros y el tránsito de maquinaria causan más de la mitad de los impactos. Otras acciones impactantes poco citadas, como la contaminación genética que causa la introducción de especies foráneas, se menciona en pocos procesos de evaluación, si bien es algo generalizable a la mayoría de campos. Su identificación es más atribuible a la capacidad técnica del redactor del estudio de impacto o de la DIA, que a la incidencia de la acción en los proyectos. Esta circunstancia pone en evidencia la escasa sistematización en la identificación de impactos y la necesidad de una puesta en común que parta de la experiencia acumulada en los últimos años como han destacado números autores (8).

*Tabla 2. Acciones causantes de impactos y frecuencia de aparición en el conjunto de las DIAs para la fase de obras*

| Acciones impactantes | % |
|---|---|
| Movimiento de tierra en obra | 22,55 |
| Vertido de escombros y otros productos no tóxicos | 16,32 |
| Tránsito de maquinaria | 16,32 |
| Vertido de sustancias peligrosas | 8,90 |
| Vertido de contaminantes | 8,31 |
| Soterramiento de líneas eléctricas y telefónicas | 5,93 |
| Invasión de una vía pecuaria | 5,34 |
| Corta arbolado | 3,86 |
| Acceso incontrolado a la zona y caídas accidentales | 3,56 |
| Construcción de caminos | 2,97 |
| Tala de árboles | 1,48 |
| Préstamos y vertederos de tierra | 0,89 |
| Acciones que pueden causar incendios forestales: hogueras, etc. | 0,89 |
| Perforación de pozos | 0,59 |
| Construcciones auxiliares | 0,59 |
| Transformación de cauces fluviales | 0,59 |
| Ocupación de un MUP | 0,30 |
| Introgresión y/o contaminación genética | 0,30 |
| Acumulación restos de poda | 0,30 |

En el caso de acciones impactantes en fase de funcionamiento, las relacionadas con la gestión de recursos hídricos y las que generan algún tipo de residuos son las más mencionadas (Tabla 3). También aquellas acciones o elementos que generan impactos sobre el paisaje aparecen entre las más destacadas.

*Tabla 3. Acciones causantes de impactos y frecuencia de aparición en el conjunto de las DIAs para la fase de funcionamiento*

| Acciones impactantes (Fase funcionamiento) | % |
|---|---|
| Empleo de productos fitosanitarios | 7,84 |
| Presencia de edificaciones | 6,76 |
| Presencia de vallados y cerramientos | 6,22 |
| Consumo de agua por riego | 5,68 |
| Vertido de aguas residuales | 5,68 |
| Eutrofización de aguas | 5,41 |
| Presencia de tendidos eléctricos y telefónicos | 4,86 |
| Generación de residuos | 4,86 |
| Empleo de fertilizantes para praderas | 4,86 |
| Alto consumo de energía | 4,32 |
| Contaminación lumínica | 3,24 |
| Ruido de la megafonía | 1,62 |
| Invasión de cañada | 1,08 |
| Presencia de hogueras y barbacoas | 1,08 |
| Otros | 16,76 |

La Tabla 4 recoge el resultado del análisis de los impactos identificados en función de los factores ambientales afectados, tanto en fase de obras como en fase de funcionamiento. El agua es el factor clave en los proyectos de golf en ambas fases de los proyectos. En el sentido contrario tenemos el clima, apenas mencionado en cualquiera de las clases. La mayores diferencias las encontramos en los restantes factores, el patrimonio cultural es muy mencionado en los impactos potenciales en fase de obras lo que se debe a las indicaciones de posibles efectos sobre patrimonio arqueológico que puede ser afectado en los movimientos de tierras de las obras, en cambio en la fase de funcionamiento a penas se identifican impactos sobre el patrimonio. Los impactos sobre el suelo ocupan el segundo lugar en la fase de obras, ya que los movimientos de tierra y las ocupaciones alteran el suelos donde se desarrollan y son por tanto comunes a cualquier proyecto.

Los impactos sobre la fauna tienen una importancia alta en la fase de funcionamiento, pues se producen diversas acciones impactantes, desde las posibles colisiones de aves con vallados y tendidos eléctrico como las afecciones a fauna acuática por vertidos al agua. Los impactos sobre la flora, la población o el paisaje aparecen con una importancia relativa similar en ambas fases.

## Conclusiones

Se han estudiado las Declaraciones de Impacto Ambiental en 38 proyectos de construcción de campos de golf en Castilla y León.

*Tabla 4. Porcentaje de impactos sobre distintos factores ambientales en la fase de obras y fase de funcionamiento*

| | Factores impactados | % |
|---|---|---|
| **Fase obras** | Agua | 21,07 |
| | Suelo | 18,69 |
| | Patrimonio Cultural | 13,06 |
| | Población | 10,39 |
| | Flora | 10,09 |
| | Fauna | 8,31 |
| | Paisaje | 7,12 |
| | Aire | 5,64 |
| | Bienes materiales | 5,64 |
| **Fase funcionamiento** | Agua | 27,46 |
| | Fauna | 20,42 |
| | Flora | 16,20 |
| | Suelo | 14,61 |
| | Paisaje | 11,27 |
| | Población | 5,99 |
| | Aire | 1,41 |
| | Patrimonio cultural | 1,23 |
| | Bienes materiales | 1,06 |
| | Clima | 0,35 |

Los proyectos se ubican mayoritariamente en núcleos de ámbito rural, lo que supone una oportunidad de desarrollo excepcional para las comarcas donde se ubican, en general con actividades tradicionales de agricultura y ganadería marginal. No obstante, este tipo de proyectos conllevan unos impactos sociales profundos, que deben contemplarse en procesos de ordenación y planificación territorial más amplios

La mayor parte de los proyectos es de promoción privada (el 70 por ciento aproximadamente) y dentro de ellos, más de la mitad están asociados a proyectos de promoción urbanística lo que acentúa los impactos socioeconómicos anteriormente mencionados.

El factor ambiental mas impactado por acciones producidas en cualquier fase del proyecto es al agua, elemento clave en los proyectos de golf, la única DIA negativa de la región se debió a la afección negativa que podía producirse en el acuífero que abastece a la comarca.

Otros impactos, como la contaminación genética por introducción de flora exótica, o los contaminantes físicos, ruido y luz se mencionan de manera puntual cuando se producen en todos los proyectos de forma generalizable. Esto pone de manifiesto la falta de criterios y pautas generales a seguir en la identificación de impactos en estos proyectos. Como se ha destacado, la acumulación de ex-

periencias debería servir de base para la mejora del proceso y la consecución de una mayor integración ambiental de la actividad.

## Referencias bibliográficas

(1) Borrego Domínguez, S. 2002. Campos de golf y turismo. Estudio de Málaga y su provincia, Consejería de Turismo y Deporte de la Junta de Andalucía y Turismo Andaluz, S.A., Málaga.
(2) Espejo Marín, C. 2004. Campos de golf y medio ambiente. Una interacción necesaria. *Cuadernos de turismo*, 1: 67-211.
(3) Abeledo, J. 1992. Informe sobre el Impacto de los Campos de Golf en el Medio Ambiente. Ítaca. Málaga.
(4) Sobrini Sagaseta de Ilurdoz, I., Serrano Gómez, R. 2007. Vigilancia ambiental de campos de Golf: 287-293. Actas del IV Congreso Nacional de Evaluación de Impacto Ambiental. Madrid.
(5) Vargas Sánchez, A., Vaca Acosta, Rosa Mª., García de Soto Camacho, E. 2003. Guía de buenas prácticas ambientales (hoteles y campos de golf). Fundación Biodiversidad. Ministerio de Medio Ambiente. Madrid.
(6) Ley 8/1994, de 24 de junio (Castilla y León), de Evaluación de Impacto Ambiental y Auditorías Ambientales (BOE núm. 174, de 22 de julio de 1994; c.e. BOE núm. 203, de 25 de agosto de 1994)
(7) REAL DECRETO LEGISLATIVO 1/2008, de 11 de enero, por el que se aprueba el texto refundido de la Ley de Evaluación de Impacto Ambiental de proyectos. BOE nº 23, 26 de enero de 2008
(8) Arce Ruiz, R. M. 2002. La Evaluación de Impacto Ambiental en la encrucijada. Los retos del futuro. Ecoiuris, Madrid.

# Caracterización y estudio de los contaminantes y parámetros físico-químicos de las aguas de los humedales de La Moraña (Ávila)

## *Characterization and Study of Pollutants and Water Physicochemical Parameters of Wetlands in La Moraña (Ávila)*

**P. M. DÍAZ FERNÁNDEZ, E. LUIS ROSADO, A. M. SAN JOSÉ WÉRY, L. P. MARTÍN GARCÍA, F. CARRERA GONZÁLEZ, P. MAS ALIQUE. J. MONGIL MANSO**
Facultad de Ciencias y Artes, UCAV, Ávila

**M. P. ARRAIZA BERMÚDEZ-CAÑETE**
ETS Ingenieros de Montes, UPM, Madrid

## Introducción

Los ecosistemas acuáticos terrestres tienen gran interés científico y ambiental debido a su singularidad, diversidad biológica y a su papel importante en las relaciones ecológicas que se generan en torno a ellos. Las zonas húmedas juegan un papel fundamental en la regulación del ciclo hidrológico y como soporte para la vida vegetal y faunística. Además constituyen un recurso de elevado valor económico, cultural, recreativo y científico (1, 2).

Todas estas circunstancias y el hecho de que sean los medios ecológicos más amenazados del planeta, tanto por su extrema fragilidad como por la fuerte presión humana que sufren, ha motivado, en general, su protección y conservación en la legislación española, europea e incluso mediante tratados internacionales como el de Ramsar (1971).

Los impactos antrópicos contra los humedales han sido diversos a lo largo de las últimas décadas, entre los que se pueden destacar las políticas de desecaciones masivas, la roturación para la expansión de los cultivos o la utilización de estas zonas como vertederos. Pero posiblemente el mayor problema para la conservación de estos peculiares ecosistemas sea la drástica disminución de los niveles freáticos, debido al incremento en el consumo de aguas subterráneas, que provoca que muchos de los humedales permanezcan secos durante la mayor parte del año.

En este contexto, los humedales de la meseta castellana y leonesa constituyen unos enclaves singulares desde el punto de vista ecológico. Los humedales que se encuentran en el norte de la provincia de Ávila han sido los menos estudiados salvo por (3) de toda la comunidad autónoma de Castilla y León, situación muy distinta a los humedales de las provincias aledañas de Segovia, Valladolid y Palencia (1, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 14).

Por ello, en este trabajo de investigación, se realiza un estudio de 25 humedales pertenecientes a las comarcas de La Moraña y de la Tierra de Arévalo. Se trata de pequeñas lagunas, charcas o lavajos que aparecen en los interfluvios, o en algunos casos en las cercanías de los cauces, de los ríos Trabancos, Zapardiel, Adaja y Voltoya, todos ellos de la cuenca del Duero.

Se han estudiado las características generales de las aguas de dichos humedales; realizándose la caracterización y estudio de los parámetros físico-químicos y alguno de los contaminantes que puedan hallarse en las mismas.

## Material y métodos

La zona de estudio, se encuentra situada al Norte de la provincia de Ávila, en la cuenca del Duero, al norte del Sistema Central. En la que se distinguen muy bien dos grandes unidades estructurales, con una extensión aproximada de 2.000 $Km^2$ y una altitud media de 850 m que a su vez se divide en las comarcas Tierra de Arévalo al noroeste, y La Moraña al suroeste (Figura 1).

*FIgura 1. Mapa de Ávila en el que se observan al norte las dos comarcas estudiadas*

Se han analizado 25 muestras de agua de humedales, cuyos resultados se comparan con 48 pozos, 18 manantiales y 23 ríos y arroyos, recogidas en botes de polietileno de 0,25 L y conservadas a 4º C hasta su análisis. El pH, la T de campo, el potencial redox (Eh) y la conductividad de campo (CE) se midieron in situ con equipos portátiles. El NT, el COT y la DQO mediante espectroscopia. Los cationes mayoritarios mediante ICP-OES, con un límite de detección de 0,3 mg/L y los cationes minoritarios mediante ICP-MS con un límite de detección de 0,01 g/L. Los aniones mediante ICS-1500, con un límite de detección de 0,3 mg/L y los carbonatos e hi-

drogenocarbonatos se determinaron mediante valoración ácido base con HCl. Los cálculos estadísticos se han realizado con el programa informático MINITAB 14.

## Resultados

En las Tablas 1 a 5 se indican los valores medios y la desviación estándar de los principales parámetros fisicoquímicos y especies químicas estudiadas, como son: pH, conductividad, potencial redox; concentración de los aniones (cloruro, nitrato, sulfato, hidrogenocarbonato), cationes mayoritarios (sodio, calcio, magnesio y potasio), cationes minoritarios como los metales pesados (Al, Fe, Mn, Cr, Cu, Zn, Cd, Hg, Pb) y arsénico. Así mismo se indica entre paréntesis el tamaño de muestra estudiado, ya que no se disponía de todos los datos para todas las muestras. Por otra parte, para el estudio de la posible contaminación por metales pesados y arsénico se ha considerado que aquellos elementos cuya concentración es menor que el límite de detección (< 0,01 ppb), no se hayan contaminados, asignándoles un valor de cero para los cálculos estadísticos, ya que si solo tenemos en cuenta las muestras que tienen valores de concentración detectables estaríamos diciendo que el contenido medio de contaminantes es mayor al real.

*Tabla 1. Valores medios y desviación estándar de los parámetros físico-químicos (pH, conductividad y potencial redox) y tamaño de muestra*

| Tipo de muestra | pH | Conductividad (_S/cm) | Eh (mV) |
|---|---|---|---|
| Pozos | 7,54 ± 0,74 (45) | 1003 ± 716 (45) | -30,71 ± 38,04 (45) |
| Manantiales | 7,33 ± 0,58 (16) | 745,3 ± 296,9 (16) | -27,01 ± 28,86 (16) |
| Ríos y arroyos | 7,91 ± 0,89 (20) | 770,5 ± 239,2 (20) | -63,49 ± 22,19 (20) |
| Lagunas | 8,73 ± 1,24 (25) | 3248 ± 4182 (25) | -71,2 ± 65,7 (25) |

*Tabla 2. Valores medios y desviación estándar de las concentraciones de los aniones ($Cl^-$; $SO_4^{2-}$; $NO_3^-$; $HCO_3^-$) y tamaño de muestra*

| Tipo de muestra | $Cl^-$ (ppm) | $SO_4^{2-}$ (ppm) | $NO_3^-$ (ppm) | $HCO_3^-$ (ppm) |
|---|---|---|---|---|
| Pozos | 80,36 ± 63,42 (46) | 71,1 ± 87,9 (46) | 132,9 ± 198,4 (46) | 259,9 ± 149,8 (46) |
| Manantiales | 46,53 ± 35,29 (18) | 34,12 ± 23,23 (18) | 64,5 ± 44,8 (18) | 266,9 ± 100,1 (18) |
| Ríos y arroyos | 59,79 ± 27,94 (13) | 29,63 ± 26,77 (13) | 11,75 ± 10,91 (13) | 306,7 ± 141,4 (13) |
| Lagunas | 204,2 ± 283,9 (15) | 88,5 ± 103,6 (15) | 11,58 ± 9,01 (15) | 487,6 ± 277,6 (15) |

*Tabla 3. Valores medios y desviación estándar de las concentraciones de los cationes y tamaño de muestra*

| Tipo de muestra | Na (ppm) | Mg (ppm) | K (ppm) | Ca (ppm) |
|---|---|---|---|---|
| Pozos | 69,83 ± 55,58 (47) | 21,0 ± 38,71 (47) | 20,94 ± 67,71 (47) | 85,45 ± 50,92 (47) |
| Manantiales | 58,2 ± 51,2 (18) | 9,44 ± 6,48 (18) | 2,07 ± 1,47 (18) | 58,06 ± 25,19 (18) |
| Ríos y arroyos | 55,03 ± 28,24 (23) | 13,73 ± 7,6 (23) | 39,03 ± 9,41 (23) | 61,55 ± 23,69 (23) |
| Lagunas | 336,4 ± 493,9 (25) | 59,4 ± 80,3 (25) | 48,10 ± 69,2 (25) | 89,9 ± 97,8 (25) |

*Tabla 4. Valores medios y desviación estándar de las concentraciones de algunos metales pesados y tamaño de muestra*

| Tipo de muestra | Al (ppb) | Cr (ppb) | Mn (ppb) | Fe (ppb) |
|---|---|---|---|---|
| Pozos | 7,64 ± 29,67 (42) | 0,993 ± 1,495 (48) | 2,346 ± 4,068 (47) | 130,4 ± 383,6 (40) |
| Manantiales | 1,49 ± 4,15 (14) | 0,637 ± 1,204 (17) | 0,963 ± 0,962 (18) | 0,762 ± 1,685 (13) |
| Ríos y arroyos | 144,4 ± 187,3 (23) | 2,815 ± 2,476 (23) | 82,4 ± 96,1 (23) | 135,7 ± 183,8 (23) |
| Lagunas | 2167 ± 4403 (25) | 3,253 ± 4,403 (24) | 693 ± 776 (25) | 1788 ± 3428 (25) |

| Tipo de muestra | Ni (ppb) | Cu (ppb) | Zn (ppb) | As (ppb) |
|---|---|---|---|---|
| Pozos | 7,13 ± 34,05 (46) | 1,655 ± 1,82 (42) | 128,49 ± 44,71 (46) | 9,48 ± 11,49 (48) |
| Manantiales | 0,748 ± 1,014 (16) | 0,418 ± 0,495 (15) | 9,91 ± 21,07 (17) | 5,610 ± 3,817 (18) |
| Ríos y arroyos | 1,354 ± 1,326 (23) | 1,489 ± 1,46 (20) | 112,32 ± 16,29 (23) | 7,10 ± 5,03 (23) |
| Lagunas | 4,37 ± 5,48 (25) | 18,37 ± 19,01 (25) | 52,2 ± 55,1 (24) | 39,4 ± 51,6 (25) |

| Tipo de muestra | Cd (ppb) | Hg (ppb) | Pb (ppb) |
|---|---|---|---|
| Pozos | 0,040 ± 0,049 (44) | 0,134 ± 0,206 (25) | 0,683 ± 2,447 (47) |
| Manantiales | 0,054 ± 0,050 (15) | 0,035 ± 0,034 (15) | 0,200 ± 0,323 (16) |
| Ríos y arroyos | 0,145 ± 0,088 (19) | 0,036 ± 0,044 (12) | 0,795 ± 1,202 (23) |
| Lagunas | 2,672 ± 4,367 (23) | 0,128 ± 0,355 (18) | 15,70 ± 20,07 (25) |

*Tabla 5. Valores medios y desviación estándar de los parámetros químicos, Nitrógeno Total (NT), Carbono Orgánico Total (COT); Demanda Química de Oxígeno (DQO) y tamaño de muestra*

| Tipo de muestra | NT (ppm) | COT (ppm) | DQO (ppm $O_2$) |
|---|---|---|---|
| Pozos | 19,91 ± 18,69 (41) | 7,701 ± 4,213 (38) | 4,63 ± 7,67 (42) |
| Manantiales | 11,81 ± 10,99 (17) | 7,194± 3,951 (17) | 3,89 ± 4,66 (17) |
| Ríos y arroyos | 4,78 ± 6,54 (21) | 7,56 ± 5,70 (16) | 13,91 ± 7,64 (22) |
| Lagunas | 7,14 ± 6,12 (24) | 20,65 ± 17,09 (16) | 104,0 ± 49,0 (21) |

Como se puede apreciar en las Tablas 1 a 5, una característica común a casi todos los datos es la gran variabilidad tanto dentro de las muestras de un mismo tipo, puesta de manifiesto por los elevados valores de las desviaciones típicas, como entre las muestras, de diferente origen, para la misma variable.

El estudio estadístico se ha hecho utilizando el test de Kruskal-Wallis, la razón para utilizar un contraste no paramétrico es evitar la vulneración de las condiciones de normalidad y homocedasticidad requeridas para el análisis de la varianza al ser muestras no equilibradas.

Los valores obtenidos al hacer los contrastes se muestran en la Tabla 6.

## Discusión y conclusiones

De los resultados expuestos en la Tabla 6, se puede deducir que las aguas de las lagunas han sufrido mayor contaminación antrópica, detectada por los altos niveles de materia orgánica (COT y DQO), conductividad y, sobre todo, de los cationes minoritarios (metales pesados como Al, Mn, Fe, Cr, Cu, Cd y Pb) y el arsénico. Además, en las salidas de campo realizadas, se puede apreciar la existencia de vertidos de residuos diversos, como envases de plásticos, garrafas de aceite, restos de hierros, etc.

Realizando un análisis más detallado y comparando los resultados obtenidos en lagunas, pozos, manantiales y ríos, se pueden extraer las siguientes conclusiones:

1) La concentración de nitratos en los pozos es mayor que en los manantiales mientras que las de los ríos, arroyos y lagunas son claramente inferiores a las de los otros tipos de muestras. Además en el caso de los pozos y manantiales el valor medio supera el límite legal de 50 ppm para aguas potables (Real Decreto 140/2003).
2) Las concentraciones de $HCO_3^-$ son mayores para las lagunas, lo que concuerda con el hecho de que su pH es mayor.

*Tabla 6. Resultados del test de Kruskal-Wallis y conclusiones del estudio estadístico*

| Variable estudiada | Contraste Kruskal-Wallis | | |
|---|---|---|---|
| | H | DF | P |
| Conductividad | 10,95 | 3 | 0,012 |
| pH | 26,31 | 3 | 0,000 |
| Eh | 20,24 | 3 | 0,000 |
| Cloruros ($Cl^-$) | 11,29 | 3 | 0,010 |
| Sulfatos ($SO_4^{2-}$) | 7,20 | 3 | 0,066 |
| Nitratos ($NO_3^-$) | 10,77 | 3 | 0,000 |
| Hidrógenocarbonatos ($HCO_3^-$) | 8,50 | 3 | 0,037 |
| Sodio (Na) | 21,48 | 3 | 0,000 |
| Magnesio (Mg) | 24,67 | 3 | 0,000 |
| Potasio (K) | 45,37 | 3 | 0,000 |
| Calcio (Ca) | 7,67 | 3 | 0,053 |
| Aluminio (Al) | 71,26 | 3 | 0,000 |
| Cromo (Cr) | 25,00 | 3 | 0,000 |
| Manganeso (Mn) | 80,60 | 3 | 0,000 |
| Hierro (Fe) | 51,60 | 3 | 0,000 |
| Níquel (Ni) | 16,37 | 3 | 0,001 |
| Cobre (Cu) | 47,86 | 3 | 0,000 |
| Zinc (Zn) | 27,78 | 3 | 0,000 |
| Cadmio (Cd) | 58,03 | 3 | 0,000 |
| Mercurio (Hg) | 14,83 | 3 | 0,002 |
| Plomo (Pb) | 51,89 | 3 | 0,000 |
| Arsénico (As) | 29,22 | 3 | 0,000 |
| Carbono Orgánico Total (COT) | 9,72 | 3 | 0,021 |
| Demanda Química de Oxígeno (DQO) | 65,40 | 3 | 0,000 |
| Nitrógeno Total (NT) | 11,36 | 3 | 0,010 |

3) El contenido de sodio resulta ser también mayor en las lagunas.
4) El contenido de magnesio, es también superior en las lagunas.
5) La concentración de potasio es muy baja en pozos y manantiales siendo las lagunas las que presentan mayores contenidos de potasio.
6) No se observan diferencias significativas en las concentraciones de calcio. No obstante el valor de P está muy próximo al valor crítico.
7) Las lagunas presentan un contenido muy alto de aluminio, seguidas por las muestras de ríos y arroyos, mientras que en pozos y manantiales los valores son mucho menores.
8) Las concentraciones de cromo son menores en los pozos y manantiales y mayores en ríos, arroyos y lagunas.
9) La concentración de manganeso es mucho más alta en las lagunas y en los ríos y arroyos.

10) Las lagunas son las que presentan un mayor contenido en hierro y los manantiales donde el contenido en hierro es menor
11) Así mismo, se ha encontrado un contenido en níquel mayor en las lagunas, mientras que en los manantiales es donde el contenido en níquel es menor.
12) La concentración de cobre es superior en las lagunas e inferior en los manantiales.
13) En las lagunas es donde el contenido en zinc es mayor, mientras que manantiales, ríos y arroyos es bajo.
14) La concentración de cadmio, contaminante de origen antrópico, es mayor en las lagunas e inferior en los pozos.
15) La concentración de mercurio es mayor en pozos y más baja en las lagunas, aunque los valores medios en pozos y lagunas están muy próximos entre sí y en ningún caso superan el valor límite de 1 ppb (aguas potables, Real Decreto 140/2003), encontrándose en 0,13 ppb aproximadamente.
16) La concentración de plomo es muy superior en las lagunas e inferiores en pozos y manantiales.
    El valor medio se encuentra en el intervalo entre 0,2-1,0 para pozos, manantiales, ríos y arroyos, pero para las lagunas se sitúa en 15,70 ppb, valor que no supera el límite legal actual (hasta 2014) de 25 ppb para aguas potables. Este problema de "plumbismo" puede ser debido al aporte de plomo de los cartuchos de caza. De hecho, en algunas de las lagunas visitadas se han encontrado cartuchos, como por ejemplo en la laguna del Hoyo entre Papatrigo y Cabizuela.
17) La concentración de arsénico es muy superior en las lagunas. De hecho, el valor medio es de 39,4 ppb para las lagunas de La Moraña, valor que supera el límite legal de 10 ppb para aguas potables (Real Decreto 140/2003), mientras que para las otras muestras el valor medio no supera el límite legal aunque en el caso de los pozos se encuentra próximo.
18) El COT es más alto en las lagunas que en el resto de muestras, lo que puede indicar contaminación de tipo antrópico o, en algunos casos, debido a las aves que anidan cerca de las lagunas.
19) La DQO también es mayor para las aguas de los humedales estudiados, lo que concuerda con la tendencia del COT. Por el contrario, en los pozos es donde es menor el valor de DQO.
20) Los valores de nitrógeno total mayores se dan en los pozos mientras que en ríos y arroyos es donde el valor es menor. Esto concuerda con el hecho de que el contenido en nitratos es también mayor en pozos.

## Referencias bibliográficas

(1) JCyL. 1992. *Curso de humedales de la cuenca del Duero. Hábitats de descarga de aguas subterráneas en el acuífero de los arenales. Actuaciones para su protección*. Junta de Castilla y León. Valladolid.

(2) Viñals, M. J. (Coord.). 2002. *El patrimonio cultural de los humedales*. Ministerio de Medio Ambiente. Madrid.
(3) Martínez, V. 1990. Ecosistemas acuáticos de la Provincia de Ávila. *Cuadernos abulenses*, 14: 23-122.
(4) Aldasoro, J., de Hoyos, C., Vega J. C., de Vicuña, B. G. 1984. Comunidades de plantas macrófitas y de crustáceos en las lagunas de montaña del NW de España. *Limnetica*, 1: 111-115.
(5) Alonso, M., Comelles, M. 1987. *Catálogo limnológico de las zonas húmedas esteparias de la cuenca del Duero.* Universidad de Barcelona. 452 pp.
(6) Blanco, A. 1985. *Contribución al estudio de la flora y vegetación de las lagunas de Cantalejo (Segovia).* Tesis de Licenciatura. UCM. 131 pp.
(7) Cirujano, S., Velayos, M., Castilla, F., Gil Pinilla, M. 1992. *Criterios botánicos para la valoración de las lagunas y humedales españoles (Península Ibérica e Islas Baleares).* ICONA, Ministerio de Agricultura Pesca y Alimentación. Madrid.
(8) Cirujano, S., Medina, L., 2002. *Plantas acuáticas de las lagunas y humedales de Castilla-La Mancha.* Real Jardín Botánico, CSIC-Junta de Castilla-La Mancha. Madrid. 340 pp.
(9) Fernández Alonso, J. L. 1985. *Fragmenta corológica occidentalia*, 306-392. 501, 42 (2): 517-525.
(10) Ladero Álvarez, M., Navarro Andrés, F., Valle Gutiérrez, C. J., Marcos Laso, B., Ruiz Téllez, T., Santos Bobillo, M. T. 1984. Vegetación de los saladares castellano-leoneses. *Studia Botanica*, 3: 17-62.
(11) Margalef, R. 1981. *Distribución de los macrófitos de aguas dulces y salobres del E y NE de España y dependencia de la composición química del medio*. Ed. Juan March. Madrid. 62 pp.
(12) Navarro, G. 1987. Datos sobre la vegetación acuática de las lagunas glaciares de Urbión y Neila (Soria-Burgos). *Lazaroa*, 7: 487-495.
(13) Pizarro, J. 1988. Sobre la distribución de *Ranunculus peltatus* Schrank var. *microcarpus* Meikle en la región mediterránea. *Lazaroa*, 10: 303-306.
(14) Romero, T., Rico, E. 1989. Flora de la cuenca del río Duratón. *Ruizia*, 8: 1-438.

# Impactos sobre la fauna en la Comunidad de Madrid: análisis del registro de ingreso de la fauna autóctona en el centro de recuperación de fauna salvaje de Grefa

## *Impacts on wildlife in the Community of Madrid: log analysis of income of the native fauna in the wildlife GREFA Hospital*

**P. M. DÍAZ FERNÁNDEZ, V. CRUZ ALONSO, J. A. MONTORE BLÁZQUEZ**
Facultad de Ciencias y Artes, UCAV, Ávila

**F. GONZÁLEZ GONZÁLEZ, I. LÓPEZ MÁRQUEZ, J. P. DÍAZ FERNÁNDEZ, M. BETTENCOURT VIANA**
Grupo para la Rehabilitación de la Fauna Autóctona y su Hábitat. Majadahonda, Madrid

## Introducción

GREFA (Grupo de Rehabilitación de la Fauna Autóctona y su Hábitat) es una organización no gubernamental sin ánimo de lucro fundada en 1981 con sede en la Comunidad de Madrid. Entre sus líneas de trabajo se encuentra la rehabilitación y recuperación de animales heridos, enfermos o capturados en su hábitat natural, actividad que se desarrolla dentro del hospital de fauna. Como otras entidades púbicas o privadas que desempañan esta tarea, la información recogida sobre causas de ingreso tienen un elevado interés para conocer los impactos de las actividades humanas sobre la fauna como se ha podido manifestar en diferentes estudios (1 y 2). Estos análisis han permitido diseñar estrategias de corrección específicas para determinados grupos faunísticos y pueden proporcionar datos valiosos para mejorar los diseños de los proyectos y una vigilancia ambiental más eficaz (3 y 4). En el presente estudio se pretende estimar y caracterizar el impacto que causan las actividades antrópicas que se llevan a cabo en la Comunidad de Madrid sobre la fauna vertebrada autóctona. Para ello se ha utilizado el registro de 10.626 animales ingresados en el hospital de fauna de GREFA, en Majadahonda (Madrid), durante el período 2002-2010. Sobre ese registro se analizan las causas de ingreso para el total registrado y se describen detalladamente los datos de los grupos faunísticos más relevantes.

## Material y métodos

El registro inicial ha sido filtrado para seleccionar los ingresos debidos a impactos directos derivados de la actividad humana, que se han dividido en 4 grupos principales: capturas intencionadas (con ballesta, cepo, liga, lazo, redes y

otros utensilios), ingestión (de gomas, anzuelos, etc.), intoxicación (por veneno, pesticidas, petróleo y otros contaminantes) y traumas (ataques de gatos o perros, atropellos, disparos, electrocuciones, accidentes con cables o cuerdas, choques con ventanas y con vallas y otros traumas). Los datos han sido analizados según grupos faunísticos generales (aves, mamíferos, reptiles y anfibios) y a un nivel más detallado después. También se ha analizado la distribución territorial de la procedencia de los animales y se ha elaborado un mapa de frecuencia por municipio en la Comunidad de Madrid.

## Resultados

La localización geográfica en los diferentes términos municipales de los animales recuperados se muestra en la Figura 1.

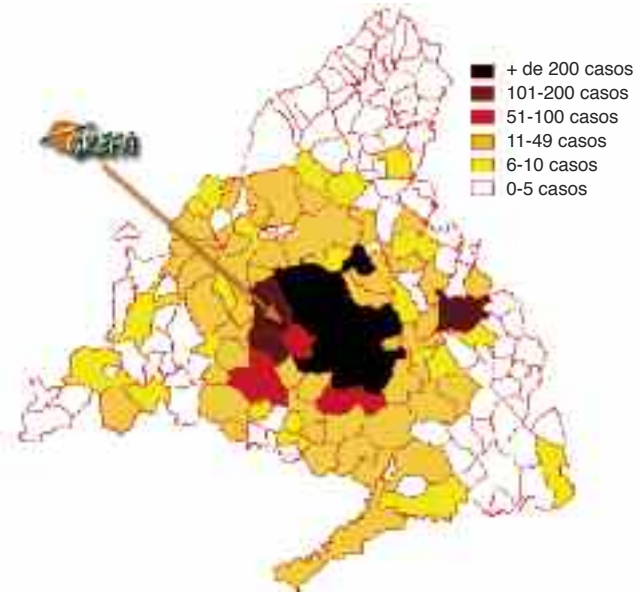



*FIgura 1. Frecuencia de casos por municipios*

El número de casos registrados asciende a 10.626. De ellos, el 28,6% tuvieron su origen directo en la actividad humana, mientras que el resto ingresaron en el hospital por otras causas: comercio ilegal, enfermedades naturales, nacimientos en cautividad, capturas fortuitas de todo tipo, etc. (Figura 2).

La Figura 3 muestra los resultados desglosados por grupos faunísticos. Las aves son sin duda el grupo más representado mientras que los anfibios son el grupo con menor número de ingresos en el centro.

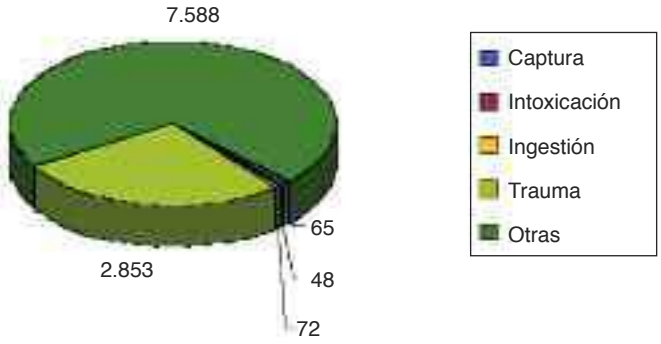



*FIgura 2. Ingresos por causas*

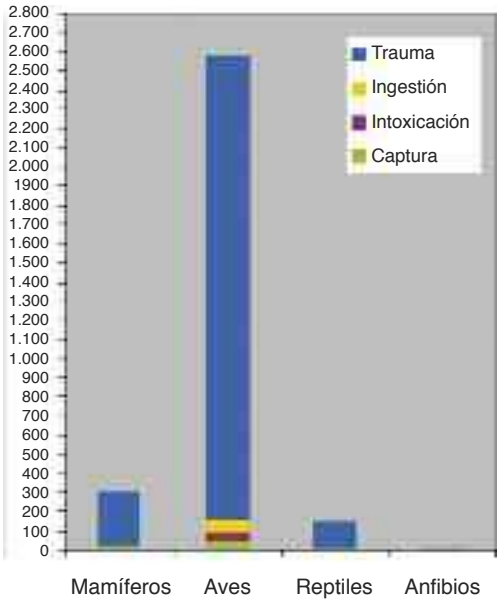



*FIgura 3. Número de animales según el grupo y las causas de ingreso*

Las aves han sido objeto de un análisis más detallado. Si nos centramos sólo en las aves, el grupo que más sufre el desarrollo del hombre son las rapaces diurnas (20,7% de individuos respecto al total de aves), seguido de los paseriformes (17,5%), los cicónidos (10,9%) y las rapaces nocturnas (10,7%). El trauma es la principal causa de ingreso y es posible desglosar distintos tipos de trauma y compararlos con los distintos órdenes de aves, el resultado de este análisis se muestra en la Figura 4.

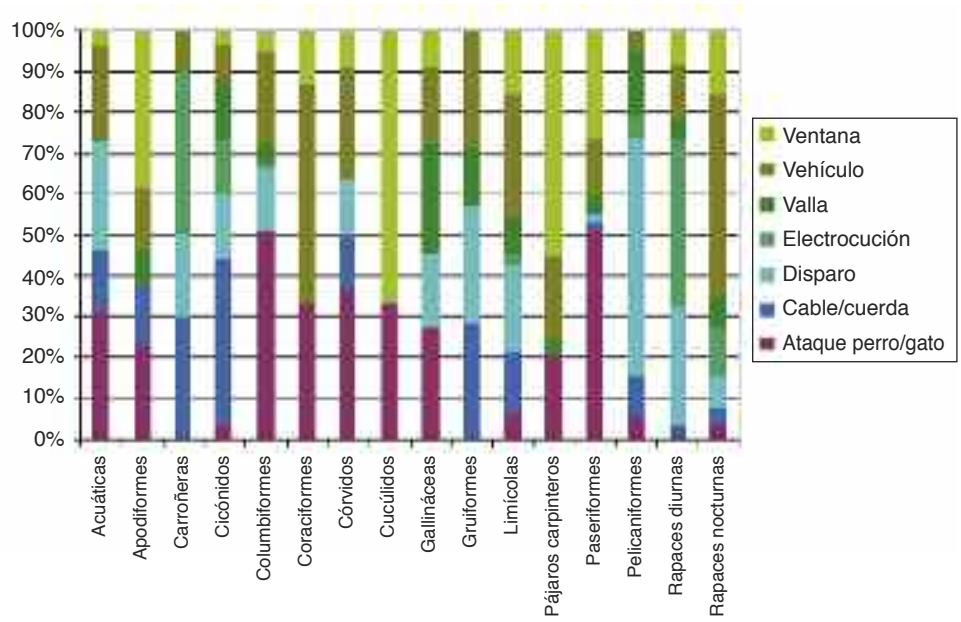



*FIgura 4. Porcentaje de tipos de trauma en cada grupo de aves*

La distribución geográfica de los casos (Figura 1) nos permite identificar los puntos negros de la Comunidad y discutir sus causas. El municipio de Madrid encabeza el registro con más de 200 casos. En este municipio se une la gran superficie que ocupa con la existencia de espacios naturales de gran valor (Monte de El Pardo, Casa de Campo, riberas del Manzanares, etc.) y a la vez el tratarse de un territorio con una elevada intensidad de urbanización y desarrollo de infraestructuras. El cinturón urbano entorno a la capital aglutina a la mayoría de casos y se extienden hacia otras zonas muy urbanizadas que a su vez albergan espacios naturales de interés como es el caso de la Sierra de Guadarrama, la vega del Henares o el parque del Sudeste. Por el contrario, las comarcas menos industrializadas apenas aportan registros; son destacables en este sentido, la Alcarria madrileña, el valle del Tajuña o las sierras y campiñas suroccidentales. En cuanto a las comarcas de la Sierra Norte hay que hacer constar que existe otro centro de recuperación de fauna de la Comunidad de Madrid e Buitrago de Lozoya, hoy día reubicado en Tres Cantos, lo que explica la nula o escasísima presencia de ingresos procedentes de los municipios de la zona norte de la provincia.

En cuanto a las causas de ingreso, la principal causa según los datos analizados, son los **traumas,** con el 93,9% de los casos (Figura 2) entre los que destacan, en todos los grupos, los ataques de gatos o perros y los atropellos. La **ingestión** de elementos artificiales (2,4% de casos) afecta especialmente al grupo de los cicónidos dentro de las aves, que alimentan a sus pollos con gomas elásticas utilizadas ampliamente en oficinas, hogares, etc. También la in-

gestión de anzuelos causa problemas en aves y reptiles. Las **capturas con trampas** se cobran proporcionalmente más víctimas entre los mamíferos, siendo el zorro (*Vulpes vulpes*) la especie más perjudicada debido a los cepos. Reptiles y aves encuentran un mayor problema con las trampas, en el primer caso anzuelos y en el segundo las elaboradas con liga, una sustancia pegajosa ilegal con la que se impregnan algunas ramas para atrapar pequeñas aves. Las **intoxicaciones** (1,6% de los casos) afectan sobre todo a las aves acuáticas y a las rapaces.

Las aves son con diferencia el grupo faunístico más impactado (85% de los casos estudiados), probablemente por su menor capacidad de huída y ocultamiento al caer heridas (Figura 3). Respecto a los anfibios, sólo aparecen registrados 4 individuos lo que parece más bien debido a su pequeño tamaño y al escaso interés que pueden despertar a la hora de recoger animales heridos para su traslado a un hospital (Figura 3).

Analizando más en detalle el conjunto de las aves, el grupo que más sufre el desarrollo del hombre son las rapaces diurnas (20,7% de individuos respecto al total de aves). Puede deberse en parte a la mayor atención que despiertan estos animales frente a otros considerados menos interesantes como palomas y otras aves urbanas. Los paseriformes suponen el 17,5% de las aves, lógico por la enorme diversidad y abundancia del grupo en la región. Los cicónidos, especialmente cigüeñas, suman el 10,9%. Es necesario destacar la gran colaboración ciudadana por parte de particulares y empresas que se ponen en contacto con el centro cuando alguna obra de reparación afecta a las cigüeñas o si por accidente caen pollos del nido. El grupo de las rapaces nocturnas representa el 10,7%, si bien podría ser mayor ya que existe otro centro de recuperación de aves especializado en rapaces nocturnas, gestionado por el colectivo Brinzal. El 40,2% restante se reparte de forma similar entre los otros 12 grupos: anátidas, apodiformes, carroñeras, columbiformes, córvidos, cucúlidos, gallináceas, grulliformes, limícolas, pájaros carpinteros y pelicaniformes.

Las causas de ingreso en el hospital no se reparten por igual entre todos los grupos: las rapaces diurnas tienen especiales problemas con las electrocuciones y los disparos; entre los paseriformes es más común que queden atrapados en liga, sean atacados por gatos o perros o choquen con ventanas; los cicónidos presentan problemas con la ingestión de gomas, como ya se ha comentado, y tienen tendencia a chocar con cables y cuerdas; y por último, las rapaces nocturnas son el grupo que con diferencia sufre más atropellos. Es llamativo el caso de las carroñeras (buitre leonado, buitre negro y alimoche), que se ha desglosado del resto de rapaces por las causas específicas de su ingreso. Un gran número de casos lo constituyen ejemplares jóvenes en avanzado estado de desnutrición, que una vez alimentados se recuperan con facilidad. Se observan estos casos desde la regulación de retirada de cadáveres de ganado. Los ejemplares jóvenes en fase de dispersión tienen grandes dificultades en su alimentación al escasear su comida habitual.

## Conclusiones

Las comarcas más urbanizadas y con mayor desarrollo de infraestructuras del cinturón urbano de Madrid y otras áreas intensamente urbanizadas son las zonas con mayor número de animales afectados.

El municipio de Madrid, donde se combina la existencia de espacios naturales de interés junto con áreas intensamente urbanizadas es el territorio donde la fauna silvestre se ve afectada negativamente en mayor grado por el desarrollo de actividades humanas.

La principal causa de ingreso en el hospital son los traumatismos debidos a ataques de animales domésticos a la fauna autóctona y a los atropellos.

El grupo faunístico con mayor número de animales ingresados es el de las aves, posiblemente por las dificultades de huida una vez se encuentran heridos lo que facilita su captura para su posterior ingreso en el centro.

Dentro de las aves, las rapaces diurnas son el grupo con mayor registro debido a electrocuciones y disparos, lo que pone en evidencia que la prevención de estos "accidentes" pasa por una mayor educación y sensibilización ambiental.

## Referencias bibliográficas

(1) Jerez, S., Motas, M., Almela, R. M., Clavel, C., Bayón, A. 2007. Envenenamientos e intoxicaciones de fauna silvestre y doméstica en la región de Murcia durante el bienio 2005-2006. *Anales de Veterinaria* (Murcia), 23: 65-74.

(2) Aprile, G., Bertonatti, C. 1996. Manual sobre rehabilitación de fauna. *Boletín Técnico Fundación Vida Silvestre Argentina,* 31: 1-11.

(3) Motas, M., María-Mojica, P., Romero, D., Martínez-López, E., Navas, I., García-Fernández, A. J. 2002. Animales envenenados: la experiencia de diez años del servicio de toxicología de la Universidad de Murcia. *Anales de Veterinaria* (Murcia), 18: 81-90.

(4) Wendel, M. D., Sleeman, J. M., Kratz, G. 2002. Retrospective study of morbidity and mortality of raptors admitted to Colorado State University Veterinary Teaching Hospital during 1995 to 1998. *Journal of Wildlife Diseases,* 38 (1): 1001-106.

# Protección de aves esteparias en los planes de ordenación municipal: aplicacion al P.O.M. de La Herrera (Albacete)

## *Protection of Pseudo-steppe Birds in the Municipal Ordination Planning's. The Example of La Herrera (Albacete)*

**F. A. GARCÍA-MOROTE, F. R. LÓPEZ-SERRANO, M. ANDRÉS-ABELLÁN, M. LUCAS-BORJA, E. MARTÍNEZ-GARCÍA, J. L. GONZÁLEZ-JIMÉNEZ, D. CANDEL-PÉREZ, T. DADI**
Escuela Técnica Superior de Ingenieros Agrónomos.
Universidad de Castilla-La Mancha, Albacete

**A. FERNÁNDEZ-PACHECO**
Fernández-Pacheco Ingenieros, Albacete

## Introducción

La necesidad de evaluar los efectos de Planes y Programas en el medio ambiente aparece recogida en la Ley 4/2007 de Evaluación Ambiental en Castilla-La Mancha, en el sentido que los órganos que promuevan un Plan de los previstos en la ley, deberán realizar un informe de sostenibilidad ambiental (ISA), que formará parte del propio Plan y que tiene por objeto identificar, describir y evaluar los efectos significativos sobre el medio ambiente que puedan derivarse de la aplicación del Plan. Por su parte, los Planes de Ordenación Municipal tienen como objetivos la promoción, modificación y revisión del suelo del término municipal, para poder satisfacer las exigencias y los intereses del municipio, dimensionando la capacidad que se posee para proponer sectores urbanizables e industriales que posibiliten su desarrollo. El Plan de Ordenación debe clasificar los terrenos urbanos y rústicos del término municipal, pero de manera que no se produzcan afecciones significativas al medio natural. De entre los muchos efectos posibles de un Plan, se encuentran aquellos que pudieran incidir sobre la fauna de una determinada zona, ya sea de manera directa o alterando sus hábitats por una deficiente protección del suelo rústico.

En esta comunicación se expone la metodología seguida para la delimitación del suelo rústico del Plan de Ordenación Municipal de La Herrera (Albacete), con el fin de que dicho Plan no afectara sobre los hábitats de avifauna esteparia de este municipio, siguiendo las directrices del documento de referencia del ISA del Plan. Para ello, se llevó a cabo un censo de aves en 7 unidades inventariales en que fue dividido el término, se determinó la densidad de especies por tramo y se realizó la propuesta de creación de polígonos de protección, para evitar, en la medida de lo posible, cualquier afección a los hábitats esteparios con la aprobación del citado Plan.

## Material y métodos

### a) Área de estudio

El municipio de La Herrera, con 6.374 ha de superficie, se localiza en Los Llanos de Albacete, presentado gran homogeneidad topográfica y con altitudes mayoritariamente comprendidas entre 710-760 m. El piso bioclimático es el mesomediterráneo superior y la serie de vegetación la mesomediterránea castellano-aragonesa de la encina (*Bupleuro rigidi-Querceto rotundifoliae sigmentum*-22b) (1). En los usos del suelo destacan las tierras arables (95% del total), siendo las formaciones vegetales muy escasas. El hábitat estudiado se puede definir pues como estepario, debido a la casi ausencia de estrato arbóreo, relieve llano, extensión espacial considerable, con cultivos de cereal y leguminosas (2). Entre los cultivos aparecen aldeas y casas de labor, muchas deshabitadas, que pueden ser sitios de nidificación para *Falco naumanni*.

### b) Estratificación de la zona de estudio

El término fue dividido en 7 zonas muestrales (tramos) sobre las que se realizaron estimas de densidad. Para el apeo de tramos se fotointerpretaron las ortofotografías que cubren todo el término (E. 1:5.000) y se clasificaron zonas homogéneas en usos del suelo y cabidas. Los tramos fueron delimitados con caminos, ramblas, etc, con el fin de su más fácil replanteo en campo. También se delineó la red de caminos, necesarios para trazar los transectos lineales. Para ello se implementó en un SIG toda la información cartográfica básica de La Herrera, incluyendo el SIG-PAC.

### c) Censo de aves

Se realizaron transectos lineales desde automóvil siguiendo los caminos, apoyado con paradas desde puntos estratégicos de observación y escucha (3). Se trata de una metodología muy eficaz para el muestreo de esteparias de gran tamaño y rapaces. Con los datos del censo se determinó la densidad (individuos/km$^2$), que expresa el número de ejemplares avistados por unidad de superficie eficazmente censada. Para ello se estableció una banda de recuento de 200 m a ambos lados de la línea de progresión, y se supuso que la detectabilidad en esa banda era del 100% (individuos de gran tamaño, fácilmente visibles en áreas llanas, con vegetación de escaso porte). Para detectar los sitios de nidificación del cernícalo primilla, se realizaron estacionamientos en torno a las casas de labor. Los censos se realizaron en verano, en las horas siguientes al amanecer y próximas al anochecer.

### d) Clasificación del suelo rústico

Las posibles categorías deben ser las que aparecen en el Decreto 242/2004 (Reglamento del Suelo Rústico). La clasificación se realizó mediante superposición temática en SIG, tomando el tramo como unidad básica de delimitación, atendiendo a las calidades de cada tramo como hábitat estepario (densidades estimadas). Se delimitaron adicionalmente orlas de protección en torno a los primillares, para proteger tanto los sitios de nidificación como de campeo de *Falco naumanni* (áreas críticas de 1.000 m de radio y orlas de protección de 3.000 m de radio). Finalmente se delimitó suelo rústico como potencialmente urbanizable, en aquellas zonas de menor valor como hábitat, y en las que sería posible iniciar cambios de uso de suelo sin afección significativa.

## Resultados

### a) Avifauna vulnerable

En la Tabla 1 se muestran, para todo el término, las densidades de las 7 especies avistadas que se encuentran incluidas en la categoría de "vulnerables" en el Catálogo Regional de Especies Amenazadas de Castilla-La Mancha (CREA). Fueron localizados primillares en Oncebreros y Casa Nueva de Oncebreros.

*Tabla 1. Densidades de las especies "vulnerables". Errores: desviación estándar*

| Especie (nombre vulgar) | Categoría (CREA) | Densidad (individuos/km$^2$) |
|---|---|---|
| *Tetrax tetrax* (sisón) | Vulnerable | 4,992,49 |
| *Otis tarda* (avutarda) | Vulnerable | 3,401,54 |
| *Pterocles alchata* (ganga ibérica) | Vulnerable | 0,860,44 |
| *Falco naumanni* (cernícalo primilla) | Vulnerable | 0,350,19 |
| *Circus aeruginosus* (aguilucho lagunero) | Vulnerable | 0,320,19 |
| *Circus pygargus* (aguilucho cenizo) | Vulnerable | 0,150,07 |
| *Circus cyaneus* (aguilucho pálido) | Vulnerable | 0,040,02 |

En la Tabla 2 se indica la densidad de las especies vulnerables por tramos, indicando la superficie de cada tramo y la longitud de caminos recorrida al realizar el censo, por tramo.

*Tabla 2. Superficie de los tramos, longitud de caminos recorridos y densidad de las especies vulnerables*

| Tramos | Superficie (ha) | Longitud caminos (m) | Densidad (individuos/km²) |
|---|---|---|---|
| I | 980,3 | 26.560 | 3,4 |
| II | 693,8 | 29.841 | 37,6 |
| III | 1041,1 | 34.176 | 8,4 |
| IV | 1033,2 | 28.211 | 1,0 |
| V | 1114,7 | 30.396 | 5,7 |
| VI | 821,3 | 23.180 | 14,5 |
| VII | 689,5 | 19.764 | 0,1 |

## b) Zonificación del suelo rústico

El 43,9% del suelo rústico del municipio quedó englobado en la categoría de Suelo Rústico No Urbanizable de Especial Protección, y un 37,4% del suelo rústico quedó protegido como hábitat para esteparias (Tabla 3 y Figura 1). El Suelo Rústico de Reserva se subdividió de acuerdo a 2 niveles de protección. Finalmente, el Suelo Potencialmente Urbanizable quedó reducido al 11,4% del total de rústico.

*Tabla 3. Superficie para las categorías del suelo rústico*

| Tipo de suelo rústico | Superficie (ha) | Porcentaje (%) |
|---|---|---|
| ***SRNUEP-Protección Ambiental-Natural*** | **2.334,62** | **37,4** |
| Área esteparia del norte | 1.828,37 | 29,3 |
| Área de primillares de Oncebreros | 506,25 | 8,1 |
| ***SRNUEP-Protección Ambiental-Natural (montes)*** | **402,77** | **6,5** |
| ***Suelo Rústico de Reserva*** | **2.783,48** | **44,6** |
| Rústico de Reserva-Protección 1 | 1.503,87 | 24,1 |
| Rústico de Reserva-Protección 2 | 1.279,61 | 20,5 |
| ***Potencialmente Urbanizable*** | **713,24** | **11,4** |
| La Herrera | 206,99 | 3,3 |
| El Cuartico-Casa Hita | 506,25 | 8,1 |

Esta delimitación aparece sobre los recintos catastrales del SIG-PAC, quedando la clasificación fundamentada por lo siguiente:

1) Polígonos de protección de aves esteparias. Este suelo fue clasificado como Suelo Rústico No Urbanizable de Especial Protección, Protección

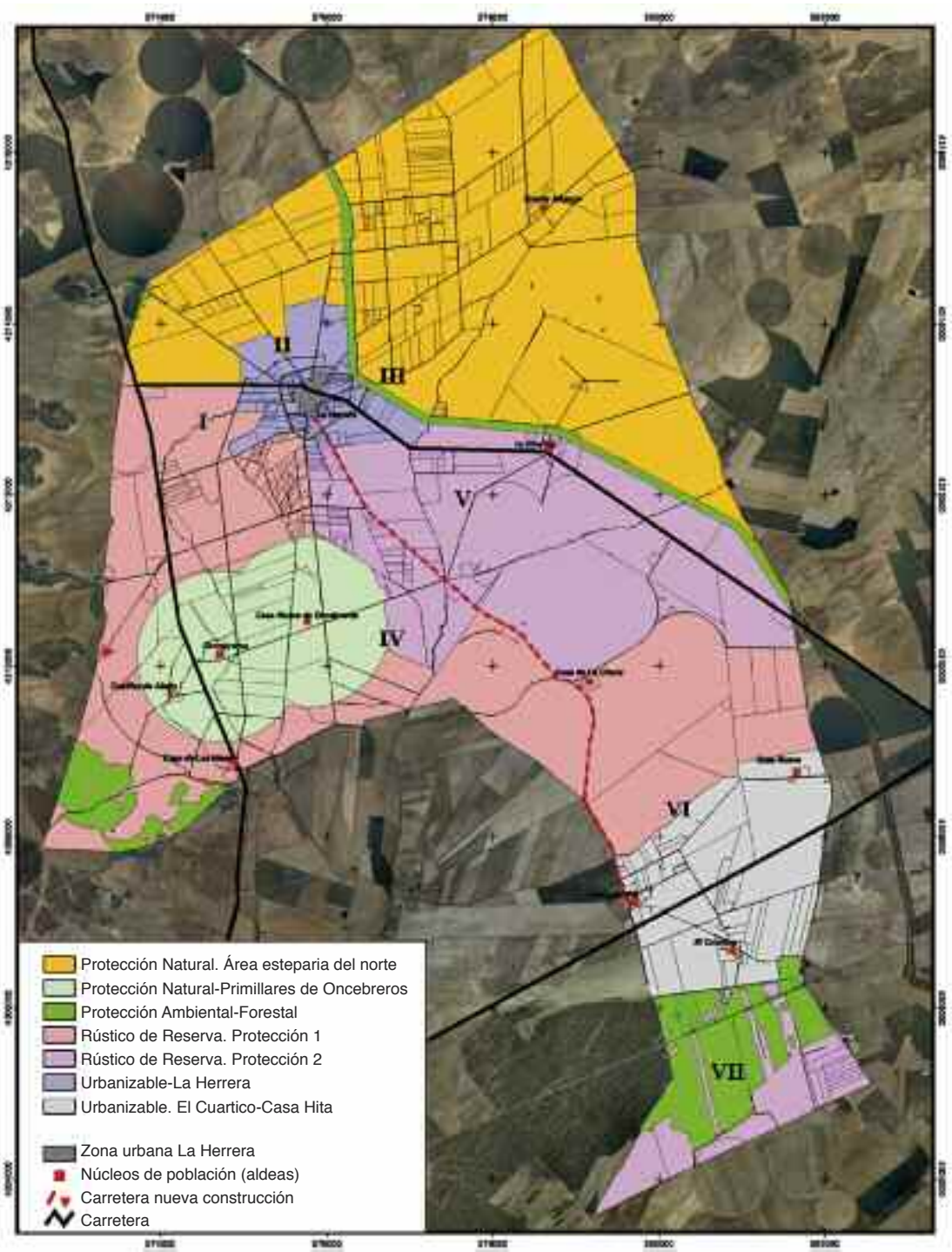



*FIgura 1. Mapa de ordenación del suelo rústico*

Ambiental, subcategoría de Protección Natural. Se adscriben las áreas en que se garantiza la conservación del hábitat de las especies vulnerables. En estas zonas no se podrá realizar un proceso urbanizador y se restringirá la construcción de nuevas carreteras y líneas eléctricas. En la categoría se incluyen:

   i. Área esteparia del norte. Comprende la mayor parte de los tramos I, II y III. El censo reveló la existencia de importantes poblaciones de avutarda, sisón, alcaraván y ganga ibérica. Además avistamientos de primilla con la posibilidad de nidificaciones en Cuarto de Alborga.
   ii. Área de primillares de Oncebreros. Incluye las áreas críticas para la conservación de los primillares de Oncebreros y Casa Nueva de Oncebreros. Comprende asimismo parte del área de dispersión de la colonia de primillas de Los Partidores, al sur del límite de término.

2) Suelo Rústico No Urbanizable de Especial Protección Ambiental (montes). Teselas con vegetación natural. Permiten refugio, alimento y nidificación a una amplia variedad de fauna, incluida la esteparia, especialmente los espartizales.
3) Suelo Rústico de Reserva. Resto de zonas del término, excluidas las zonas urbanizadas y potencialmente urbanizables. Fue dividido en 2 subgrupos con diferente grado de protección ambiental, debido a que la calidad del hábitat es distinta:
   i. Suelo rústico de reserva con protección 1. A esta área le fue asignada un grado de protección superior, por haberse obtenido mayores densidades. En el Plan se recogen las restricciones de uso y construcción en este tipo de suelo.
   ii. Suelo rústico de reserva con protección 2. Fue configurado como un tramo abierto, incluye una zona esteparia de menor valor. Se encuentra en parte atravesado por la carretera de acceso a La Herrera, que fragmenta el hábitat del polígono y disminuye su calidad.

## Discusión y conclusiones

Las densidades calculadas son similares o ligeramente superiores a las estimadas por otros autores en distintas áreas de la provincia (4, 5, 6, 7, 8) aunque las comparaciones deben ser realizadas con prudencia al tratarse de distintos periodos de muestreo. Nuestros resultados confirman por tanto la importancia del área de estudio como hábitat de aves esteparias, siendo el sisón y la avutarda las especies más abundantes. En el método de censo, aunque los tramos realizados son amplios, puede ser inevitable repetir la observación de los mismos individuos en distintas jornadas, sobreestimando las densidades. Sin embargo, con el método aplicado, las densidades por tramo son función de la calidad de ese hábitat, dado que las especies tenderán a alimentarse y reproducirse en los hábitats más adecuados.

La dimensión del área crítica para el cernícalo primilla (1.000 m) y de su zona de protección (2.000 m desde la anterior) nos parecen adecuadas, dado que el mayor porcentaje de capturas realizadas por los primillas se suele producir en un radio máximo de 3 km alrededor de la colonia (8, 9), y si dispone de hábitat óptimo de alimentación, pudiera estar en torno a 1 km (10). El cernícalo primilla busca su alimento en zonas abiertas, estepas con poca o nula cobertura arbustiva y zonas cultivadas (8, 11). Por ello la ocupación de los terrenos agrícolas cercanos a sus colonias podría afectar la alimentación de esta especie.

En el Plan se delimitaron zonas potencialmente urbanizables (con futuro uso residencial o industrial) que posibiliten el desarrollo del municipio, ubicándolas en las áreas con menor densidad de aves y cercanas a elementos antrópicos. El principal impacto potencial que pudiera producirse radica precisamente en la afección a la avifauna. Por tanto, la delimitación de suelo rústico se realizó teniendo como principal meta la protección de este tipo de fauna. Para conseguirlo, la actuación urbanizadora en La Herrera debería hacerse como continuación al núcleo urbano, pues no se ha constatado presencia de aves a distancias mínimas de 1,3 km. La actuación urbanizadora en Casa Hita debería realizarse junto a la carretera N-322, en una zona ya antropizada. Las posibles actuaciones en El Cuartico no ocuparán ningún hábitat especialmente relevante (tramo VII). De esta manera, se generan a la vez impactos positivos, al poderse dotar de comunicaciones, agua, energía y otros servicios básicos a las nuevas zonas urbanizadas sin necesidad de crear nuevas infraestructuras, evitándose la formación de islas urbanísticas. Se propuso asimismo que la nueva carretera a construir desde La Herrera a Casa Hita, utilice como trayecto el de caminos paralelos a la carretera ya existente, para disminuir el posible efecto barrera de la nueva vía proyectada. En el trazado previo de la carretera se ha tenido por tanto también en cuenta el condicionado de que no afectara a polígonos esteparios de la mayor importancia.

Finalmente, indicamos que la creación del polígono estepario del norte de La Herrera protege un hábitat de calidad, pero para garantizar la salvaguarda de ese hábitat, resultaría interesante que existiera el mismo objetivo de protección en el desarrollo de los Planes de municipios limítrofes. En este sentido, sería beneficioso crear un corredor de suelo protegido como continuación del de La Herrera hacia el norte, que enlazaría con Los Llanos de Pocopán, Los Llanos del Hornillo y el Alto de las Avutardas, hasta unos 10 km al noreste. En el resto de Planes deberían asimismo calificarse esas zonas como Suelo Rústico No Urbanizable de Especial Protección Ambiental. En él se debe limitar la construcción de infraestructuras y la intensificación agraria, responsables del declive de las aves esteparias y en particular del cernícalo primilla (8, 12, 13).

## Referencias bibliográficas

(1) Rivas-Martínez, S. 1987. Memoria del mapa de series de vegetación de España. *Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación*. Madrid.

(2) Suárez, F., Sainz, H., Santos, T., González, F. 1992. *Las estepas ibéricas*. MOPT, Madrid. 160 pp.
(3) Tellería, J. L. 1986. *Manual para el censo de los vertebrados terrestres*. Ed. Raíces, Santander.
(4) Campos, B., Ortuño, A. 1991. Las aves esteparias en llanuras cerealistas del SE manchego. *Actas de las Jornadas sobre el Medio Natural Albacetense, Instituto de Estudios Albacetenses,* 241-247.
(5) Martínez, C. 2000. Distribución y abundancia de aves esteparias de interés especial en la Comunidad de Castilla-La Mancha: directrices generales para una estrategia de conservación. *Museo Nacional de Ciencias Naturales y Junta de Comunidades de Castilla-La Mancha.*
(6) Campos, B., Miñano, R., Picazo, J. 2004. Inventario de Avutarda Común (*Otis tarda*) en la provincia de Albacete. Año 2003. *Junta de Comunidades de Castilla-La Mancha.*
(7) Miñano, R., Picazo, J. 2003. Clasificación de las zonas esteparias del término municipal de Almansa en función de su avifauna. *Primer certamen de trabajos de investigación sobre medio ambiente en el término municipal de Almansa.* 32 pp.
(8) Tella, J. L., Forero, M. G., Hiraldo, F., Donázar, J. A. 1998. Conflicts between Lesser Kestrel conservation and European Agricultural Policies as identified by habitat analyses. *Conservation Biology,* 12: 593-604.
(9) Tella, J. L., Carrete, M., Sánchez-Zapata, J. A., Serrano, D., Gravilov, A., Sklyarenko, S., Ceballos,O., Donázar, J. A., Hiraldo, F. 2004. The role of land-uses, nesting-site availability, and the presence of avian predators on the distribution of breeding lesser kestrels in Kazakhstan. *Oryx,* 38 (2): 224-227.
(10) Bonal, R., Aparicio, J. 2001. Utilización del hábitat por el cernícalo primilla (Falco naumanni) en La Mancha. *Biología y conservación del cernícalo primilla*. Consejería de Medio Ambiente, Comunidad de Madrid.
(11) Donázar, J. A., Negro, J. J., Hiraldo, F. 1993. Foraging habitat selection, land use changes and population decline in the Lesser Kestrel. *Journal of Applied Ecology,* 30: 515-522.
(12) Rodríguez, C., Johst, K., Bustamante, J. 2006. How do crop types influence breeding success in lesser kestrels through prey quality and availability? A modelling approach. *Journal of Applied Ecology,* 43: 587-597.
(13) Vélaz, M. 2005. Seguimiento de la reproducción de Cernícalo Primilla en la provincia de Albacete. *Junta de Comunidades de Castilla-La Mancha*. Informe inédito.

# Guía metodológica de evaluación de los riesgos sanitario-ambientales de los estudios de impacto ambiental

## *Methodology Guide Risk Assessment of Environmental Health, Environmental Impact Studies*

**M. BARBERÁ RIERA, S. CASAS LIMA, A. GARCÍA NIETO, E. LÓPEZ VILLARRUBIA, S. SUÁREZ LUQUE, E. ARÁNGUEZ RUIZ, J. M. ORDÓÑEZ IRIARTE, A. MARTÍNEZ MARTÍNEZ, J. ALDAZ BERRUEZO, E. BOLDO PASCUA, Mª J. CARROQUINO SALTO, F. ESCORZA MUÑOZ, P. MARTÍN OLMEDO, Mª J. MARTÍNEZ GARCÍA, F. VARGAS MARCOS, J. ZUAZAGOITIA**

## Introducción

El objetivo principal que persigue esta guía es desarrollar una metodología para la identificación y valoración de los factores que, causando impactos en el medio ambiente, pueden tener efectos sobre la salud de las personas, con el fin de informar en los procedimientos de evaluación ambiental de planes, programas, proyectos y actividades (Evaluación de Impacto Ambiental, Evaluación Ambiental Estratégica y Autorización Ambiental Integrada).

Para alcanzar este objetivo la guía se plantea:

1. Protocolizar y unificar los criterios sanitario-ambientales en la evaluación de impacto.
2. Aportar los instrumentos necesarios para determinar qué proyectos deben contemplar de una forma específica la evaluación de los impactos en salud.
3. Facilitar la identificación de todas las fuentes de emisiones potenciales de agentes químicos, físicos y biológicos y los contaminantes que deben considerarse en cada estudio.
4. Facilitar la aplicación de la metodología mediante cuestionarios para la detección de riesgo / evaluación de impacto, por parte del profesional sanitario.
5. Elaborar Protocolos Sectoriales, adaptando y completando el enfoque propuesto.

La población diana de esta guía son los profesionales al servicio de las administraciones sanitarias que intervienen en estos procedimientos de evaluación de impacto ambiental y de evaluación ambiental estratégica. No obstante, las propuestas aquí contenidas son perfectamente válidas y utilizables por parte de otros profesionales, como por ejemplo los que elaboran los estudios de impacto ambiental o los informes de sostenibilidad ambiental que, a la postre, son los que se someten a estos procedimientos.

## Cribado

Cuando no esté definida claramente la necesidad de informe sanitario en la propia legislación o en protocolos de actuación consensuados por las diferentes administraciones que intervienen en estos procedimientos, puede ser necesario realizar, por parte de la administración sanitaria, una valoración previa de los riesgos potenciales. Esta valoración previa deberá decidir si es necesario emitir un informe sanitario de evaluación de impactos en salud o no y, para ello, deberá responder a las siguientes cuestiones.

1. ¿Qué podría suceder, cómo y por qué?
2. ¿Cuáles son las posibles consecuencias para la salud?
3. ¿Cuál es la probabilidad de que ocurra?
4. ¿Existen factores que controlen o minimicen la probabilidad del riesgo y sus consecuencias?

## Identificación y valoración de impactos en salud

En el caso de que se prevean riegos para la salud, se deberá proceder a identificar y valorar los impactos en salud, analizando detenidamente el proyecto, plan o programa. Para realizar esta tarea, que ha de ser parsimoniosa y detallista para obtener frutos provechosos, se ofrece esta guía.

Se trata de comprobar, paso a paso, todos los puntos en los que un proyecto, plan, o programa puede comprometer la salud pública, analizando si se han considerado adecuadamente:

1. La situación de partida,
2. La emisión de contaminantes:
   a. Procesos de emisión previstos,
   b. Contaminantes generados,
3. La inmisión o niveles ambientales de esos contaminantes:
   a. Características del medio,
   b. Comportamiento de los contaminantes en el medio,
   c. Niveles de inmisión previstos,
4. La exposición humana a esos niveles ambientales:
   a. Mecanismos y rutas de exposición potencial,
   b. Vías de exposición posibles,
   c. Población potencialmente expuesta
   d. Grupos especialmente vulnerables,
5. Los efectos potenciales de esa exposición:
   a. Efectos esperables.

Los aspectos a considerar varían de un proyecto a otro según el uso y la complejidad técnica. A continuación se describen los criterios a valorar, comunes a

la mayoría de proyectos, actividades, planes o programas, que se dividen en tres grupos que vienen a concretar *grosso modo* los aspectos relativos a la emisión, la inmisión y la exposición:

A. Requisitos de información relativa a las instalaciones, industrias y otras actividades.
B. Requisitos de información relativa al medio.
C. Requisitos de información relativa a la población.

## A. Requisitos de información relativa a la actividad

En función de las características del proyecto o actividad, existirán distintos aspectos que deberán valorarse para evitar posibles efectos negativos para la salud.

### *Calidad del aire ambiental*

1. Principales fuentes de contaminación atmosférica: fijas, móviles, emisiones fugitivas.
2. Composición, tipo y volumen de las emisiones potenciales previstas tanto de los contaminantes criterio ($SO_2$, $NO_2$, PM10), como de las sustancias emitidas específicamente y de especial peligrosidad que pudieran afectar a la salud humana (metales pesados, sustancias ácidas, COV, etc.)
3. Descripción del modelo de dispersión de contaminantes empleado.
4. Existencia de otras fuentes de emisión a la atmósfera que puedan suponer un efecto aditivo.
5. Estimación de los niveles de inmisión futuros en función de la implantación y puesta en marcha de la actividad, plan o programa y comparación con los niveles de inmisión actuales.
6. Especificación de la inclusión de otras fuentes de emisión en dichas estimaciones.
7. Comparación de las estimaciones con la normativa de calidad del aire ambiente, teniendo en cuenta que son los valores aportados SÓLO por la actividad, plan o programa proyectado.
8. Caracterización o cálculo del riesgo esperado.
9. Medidas correctoras y de minimización de las emisiones previstas teniendo en cuenta las mejores técnicas disponibles: utilización de filtros, altura de chimeneas, utilización de combustible de bajo contenido en azufre, etc.
10. Programa de vigilancia ambiental respecto a este tipo de emisiones.

### *Ruido y vibraciones*

1. Estudio de las principales fuentes de ruido y vibraciones previsibles tras la implantación y puesta en marcha de la actividad, plan o programa.

2. Existencia de otras fuentes de emisión a la atmósfera que puedan suponer un efecto acumulativo.
3. Descripción de la metodología y supuestos del modelo empleado para predecir los niveles de inmisión futuros de ruido y vibraciones.
4. Estimación de los niveles de inmisión futuros en función de la implantación y puesta en marcha de la actividad, plan o programa y comparación con los niveles de inmisión actuales.
5. Especificación de la inclusión de otras fuentes en dichas estimaciones.
6. Comparación con los estándares establecidos en la normativa.
7. Definición de lugares de medida de la inmisión.
8. Exposición de la población al ruido y a las vibraciones previstas.
9. Identificación del impacto por ruido y vibraciones debido a operaciones anormales.
10. Medidas correctoras previstas teniendo en cuenta las mejores técnicas disponibles para proteger la salud de las personas.

### *Agua*

#### Agua de consumo humano

1. Demanda de agua de las infraestructuras o instalaciones proyectadas.
2. Sistemas de abastecimientos públicos o privados existentes en la zona utilizados o que puedan verse afectados.
3. Sistema de abastecimiento.
   a. Captaciones propias.
   b. Depósitos de agua potable.
   c. Estaciones de tratamiento de agua potable.
   d. Red de Abastecimiento.
4. Usos del agua: consumo de boca (incluyendo fuentes de bebida), servicios, fuentes decorativas, usos recreativos, riego, elaboración de alimentos, etc.
5. Vías de exposición: ingestión de agua de consumo, ingestión en aguas recreativas, absorción dérmica al nadar o lavar, inhalación de aerosoles (duchas, sistemas de refrigeración, etc.), ingestión por contaminación de cultivos o de alimentos durante su proceso de producción.
6. Sistemas de vigilancia necesarios, en su caso, para asegurar el mantenimiento de la calidad del agua.
7. Alternativas para subsanar las necesidades hídricas eventuales que puedan presentarse afectando a la salud de la población.

#### Aguas residuales

1. Sistemas de saneamiento, público, o privados, existentes en la zona utilizados o que puedan verse afectados.

2. Puntos de vertido.
3. Red de Saneamiento.
4. Vertidos al Sistema Integral de Saneamiento (SIS): autorización del gestor del sistema
5. Estaciones Depuradoras de Aguas Residuales .
6. Modelo de dispersión para estimar la concentración de contaminantes en cauces y SIS. Procesos de transformación de los contaminantes en el medio por factores físicos, químicos o biológicos.
7. Diseño de una red de vigilancia de la inmisión.
8. Red de drenaje para la recogida de lixiviados, así como una planta de tratamiento para reducir su capacidad contaminadora.
9. Red de recogida de aguas pluviales.
10. Uso de agua reciclada o regenerada.

### *Seguridad química*

#### Producción y uso de sustancias y mezclas

1. Los titulares de instalaciones existentes deberán notificar a las autoridades competentes los riesgos potenciales de las sustancias que se utilicen o produzcan en la instalación, con especial atención a las sustancias y mezclas altamente preocupantes para la salud:
   a. Mutágenas.
   b. Carcinógenas.
   c. Tóxicas para la reproducción.
   d. Persistentes, bioacumulables y tóxicos; muy persistentes, muy bioacumulables y muy tóxicos.
2. Clasificación, etiquetado y envasado.
3. Procesos en los que intervienen sustancias peligrosas y las medidas específicas de control.
4. Plano del almacenamiento previsto.
5. Sustancias de especial peligrosidad que puedan afectar a la salud humana: información relacionada con el contenido en Dioxinas, furanos, PCT y PCB que puedan surgir en el proceso de producción del producto.
6. Información sobre métodos de muestreo y criterios de realización de los métodos de análisis.
7. Contenidos máximos de las sustancias sometidas a restricciones y sobre todo de las clasificadas como altamente preocupantes para la salud.
8. Fichas de datos de seguridad.
9. En el caso concreto de los Biocidas/Plaguicidas.
   a. Requisitos establecidos en la normativa vigente para la fabricación, comercialización y utilización de plaguicidas.
   b. Acreditación de la empresa responsable de los tratamientos de D.D.D. que cumplirá con lo establecido en la normativa vigente.

c. Resolución de inscripción de los Biocidas empleados en el Ministerio de Sanidad, Política Social e Igualdad.

**Limpieza y desinfección**

1. Descripción de los procedimientos de limpieza y desinfección de las instalaciones, materiales y equipos.
2. Productos utilizados.
3. Periodicidad.
4. Almacenamiento y manipulación de productos.
5. Acreditación de la empresa responsable de los tratamientos, que deberá estar autorizada en el Registro Oficial de Establecimientos y Servicios Plaguicidas de la Comunidad Autónoma.

### *Riesgo biológico*

**Plagas y vectores (principalmente artrópodos y roedores)**

1. Implantación de un Sistema de Vigilancia de Plagas.
2. Acreditación de la empresa responsable de estos tratamientos, y su inscripción en el Registro Oficial de la Comunidad Autónoma.
3. Descripción de los procedimientos de control de plagas.

**Polen**

- Se recomendará, al objeto de minimizar el impacto del polen sobre la salud de la población (asma, alergias), que en el caso de que se lleve a cabo la plantación de especies arbóreas en las zonas verdes, áreas medianeras y otros entornos próximos a las redes viarias, parques, jardines, etc., se prioricen especies arbóreas y herbáceas que no produzcan los pólenes más alergénicos en la Comunidad Autónoma.

**Riesgo microbiológico**

- Se comprobará si la actividad comprende alguna instalación de las comprendidas en la normativa que regula los criterios higiénico-sanitarios para la prevención y control de la Legionelosis, con probabilidad de proliferación y dispersión de la *Legionella*.
- Descripción del Sistema de Gestión del Estiércol.
- Acreditación de las empresas encargadas de la gestión y destino final de los residuos biosanitarios y cadáveres animales. (categorías: 1, 2 y 3).
- Gestión y riesgos para la salud de la población derivados de animales enfermos, muertos y residuos biosanitarios.

- Requisitos documentales relacionados con los Programas Sanitarios sobre Prevención y Control de Enfermedades Zoonóticas con incidencia epidemiológica en la región, principalmente: Brucelosis, Tuberculosis, Salmonelosis, Hidatidosis, Leishmaniosis, Triquinelosis, etc.
- Descripción y adecuación a las Buenas Prácticas Higiénicas y Medidas de Control de Bioseguridad, con objeto de evitar la contaminación de origen endógeno y/o exógeno, de piensos, agua y productos. Este punto será de especial interés en explotaciones en régimen ecológico y/o otras alternativas similares.
- En Establecimientos Alimentarios el promotor deberá aportar informe emitido por la autoridad competente, relacionado con la supervisión de la implantación de los prerrequisitos o requisitos del Sistema de Análisis de Peligros y Puntos Críticos llevada a cabo en el establecimiento.

### *Campos electromagnéticos*

1. Estudio de las principales fuentes de campos electromagnéticas tras la implantación y puesta en marcha de la actividad, plan o programa.
2. Existencia de otras fuentes de emisión que puedan suponer un efecto acumulativo.
3. Estimación de los niveles de inmisión futuros en función de la implantación y puesta en marcha de la actividad, plan o programa y comparación con los niveles de inmisión actuales.
4. Comparación con los estándares establecidos en la normativa.
5. Definición de lugares de medida de la inmisión.
6. Exposición de la población a los campos electromagnéticos previstos: colegios, etc.
7. Medidas correctoras previstas.

### *Residuos y suelos*

#### Suelo

1. Identificación de contaminantes que pueden ser vertidos al suelo.
2. Posibles riesgos de esos contaminantes para la salud de la población.
3. Análisis de actividades pasadas que puedan haber producido contaminación en el suelo.
4. Rutas de dispersión de los contaminantes por el suelo que puedan alcanzar las vías de exposición de la población.

#### Residuos

1. Residuos peligrosos.
2. Residuos de Construcción y Demolición.

***Impacto sobre el bienestar de la población***

**Olores**

**Impacto paisajístico**

**Impacto global**

## B. Requisitos de información relativa al medio

La descripción de los factores del medio capaces de promover la dispersión de contaminantes, es necesaria en primer lugar para juzgar la viabilidad de una posible exposición de los residentes próximos a la instalación.

De este modo, será necesario comprobar factores topográficos (que permitan una mayor o menor difusión de los contaminantes), geológicos (vulnerabilidad de acuíferos, etc.) y meteorológicos (pluviosidad, dirección y velocidad del viento, etc.).

Además, se describirán otras instalaciones actuales y futuras en el área de estudio, así como usos del suelo, que puedan incrementar o reducir los efectos en salud.

- Otras Industrias.
- Actividades agrícolas (ganadería, cultivos).
- Infraestructuras afectadas: abastecimiento de agua, saneamiento, residuos, comunicaciones.
- Usos sensibles (captaciones de agua superficial o subterránea, zonas de baño).
- Actividades sensibles (pesca, caza, jardinería).
- Consumo y uso de alimentos producidos localmente y potencialmente afectados por la instalación.

## C. Requisitos de información relativa a la población

A la hora de detectar un posible impacto sobre la salud pública, se debe conocer qué características tiene la población que va a recibirlo, ya que esto influirá en el grado de afección de cada factor de riesgo.

Necesitan ser determinados por los redactores de los Estudios de Impacto Ambiental o de los Informes de Sostenibilidad Ambiental, en la fase de proyecto o planeamiento, tanto el tamaño como las características de la población potencialmente afectada en sus niveles de salud.

Un minucioso análisis identificará las poblaciones y la magnitud y modalidad de la exposición al riesgo en las zonas habitadas actuales y en las previstas en la planificación urbanística.

Para definir y caracterizar con precisión los grupos de población potencialmente afectados por un proyecto, una actividad, un plan o un programa, se deben diferenciar distintos niveles de riesgo:

1. Riesgo por proximidad en población general en distintas áreas de influencia pero, al menos, en radios de 500 y 1.000 metros documentadas cartográficamente.
   a. Población residente próxima. Los residentes constituyen la población más probable de estar afectada.
   b. Población ocasional y transeúnte: se evaluará, si no hay otras fuentes, a partir de lo especificado en el punto 3.
   c. Población laboral de las proximidades. Identificar actividades de mayor riesgo. Incluir los trabajadores de la instalación sometida a EIA en todas las fases: construcción, funcionamiento, parada y desmantelamiento.
2. Riesgo por proximidad en población con un riesgo intrínseco en distintas áreas de influencia pero, al menos, en radios de 500 y 1.000 metros documentadas cartográficamente.
   a. Población potencialmente en alto riesgo por sus características demográficas (edad/sexo): niños, adolescentes, ancianos, mujeres en edad fértil.
   b. Población potencialmente en alto riego por sus condiciones de salud: embarazadas, enfermos crónicos, discapacitados, personas con enfermedades respiratorias, circulatorias, cáncer.
   c. Poblaciones especialmente vulnerables por prácticas profesionales o de otro tipo.
3. Riesgo por proximidad en población usuaria o residente en establecimientos más vulnerables en distintas áreas de influencia pero, al menos, en radios de 500 y 1.000 metros documentadas cartográficamente.
   a. Centros escolares, centros asistenciales sanitarios y de servicios sociales como centros de día, residencias de personas mayores, centros de atención a discapacitados.
   b. Establecimientos de ocio: Parques urbanos o naturales, instalaciones deportivas, playas y orillas de lagos, zonas comerciales, hoteles, atracciones turísticas, espectáculos.

En definitiva se trata de estimar la población potencial expuesta a un riesgo ambiental calculando tanto la intensidad de la exposición (en función de la distancia), su frecuencia/duración (en función del ritmo diario de actividad) y la susceptibilidad de la población (en función de pertenencia a colectivo sociodemográfico concreto).

También es necesario para valorar la exposición identificar patrones de uso del territorio que se extraen del estudio del medio físico señalado en el apartado anterior.

# Estudio y modelización del vertido térmico de Hidro-Nitro Española sobre el río Cinca en Monzón (Huesca, España)

## *Study and Modelling of the Thermal Water Spillage of Hidro-Nitro Española on the River Cinca in Monzón (Huesca, Spain)*

**J. GRANERO CASTRO, M. FERRANDO SÁNCHEZ, M. SÁNCHEZ ARANGO**
Área de Medio Ambiente y Sostenibilidad TAXUS Medio Ambiente,

**F. DOZ CIRIA**
Hidro Nitro Española, SA

**B. VALERO CASAJUS**
Novotec

**P. TORP LARSEN**
DHI

## Introducción

Con motivo de la solicitud de modificación de la Autorización Ambiental Integrada de la factoría que Hidro Nitro Española S.A. tiene en Monzón, Huesca, la Confederación Hidrográfica del Ebro solicitó cierta documentación adicional que incluía lo siguiente:

> "*Estudio completo sobre la afección térmica del vertido sobre el medio receptor, que deberá incluir una modelización de la pluma térmica en el medio receptor, cálculo del límite de la zona de mezcla, análisis que se estimen convenientes, estudio en situaciones de estiaje real, etc*."

## Objetivos

El presente proyecto tiene por objetivo cumplir con dicho requerimiento, mediante la toma de muestra de temperaturas en el río Cinca y su posterior modelización hidrodinámica tridimensional para comprobar el efecto térmico que el vertido provoca sobre el río.

## Material y métodos

### Obtención de la batimetría

Para la realización del presente estudio se llevó a cabo una campaña de muestreo el día 24 de Junio de 2008 donde se obtuvieron los datos correspondientes a batimetría.

Una vez localizado el punto de vertido en el río Cinca, se procedió a analizar la zona para delimitar el tramo idóneo para su estudio. El río Cinca en este tramo presenta ciertas complicaciones para este tipo de estudios derivadas de la presencia de tres grandes brazos a la altura del vertido de Hidro-Nitro Española.

Debido a esto, se decidió prestar especial atención al canal izquierdo del río (en sentido aguas abajo) por ser sobre el que se produce el vertido de la compañía.

Para la obtención de los datos batimétricos se utilizó un profundímetro HONDEX PS-7 en varios puntos de interés del río así como cinta métrica y fotografía aérea para determinar las anchuras y segmentos adecuados en los que dividir el río. Se seleccionaron un total de 11 puntos en los que se obtuvieron las secciones transversales para posteriormente obtener un modelo digital del terreno mediante interpolaciones.

De las 11 secciones obtenidas, un total de 9 (nº2-9) se sitúan en el canal izquierdo del río sobre el que se produce el vertido térmico, ya que a priori parece lo suficientemente extenso como para que se pueda disipar el calor en él. No obstante, se obtuvo otra sección aguas abajo (nº10) una vez que los brazos izquierdo y central se mezclan para verificar este hecho.

La sección nº 1 se sitúa aguas arriba de la división que se produce en el río y sirve de referencia para obtener datos de temperatura y de caudal.

La sección nº 2 se obtuvo en el lugar concreto en que se forma el brazo izquierdo proporcionando datos sobre el caudal real que se deriva hacia ese brazo.

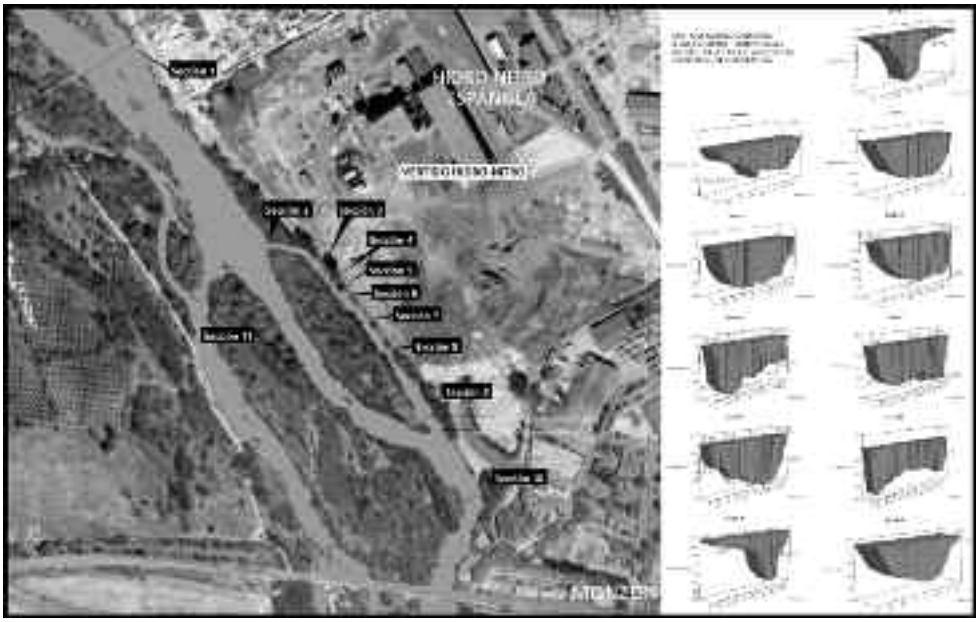


*Gráfico 1. Localización de la zona de estudio, el vertido y las secciones seleccionadas*

Para la obtención de los datos de caudales, se utilizó un correntímetro Flowatch 1 en las medidas de velocidad de la corriente.

En referencia al brazo derecho del río, no se obtuvieron secciones ya que a parte de no resultar de interés para el estudio, la navegación por este tramo resultó imposible debido a la elevada velocidad de la corriente.

### *Cálculo del caudal*

El caudal es el resultado del producto entre la sección del río ($m^2$) y la velocidad media del agua (m/s).

*Figura 1. Esquema para el cálculo de la sección del río*

• *Cálculo de la sección*

Inicialmente se colocó una cinta métrica tensada ocupando toda la anchura del cauce. A continuación, se tomaron las medidas de profundidad ($B_i$) mediante un profundímetro y un metro graduado a intervalos regulares ($A_i$), la longitud de los cuales fue proporcional a la anchura del tramo. Finalmente se obtuvo la sección del río sumando las subáreas.

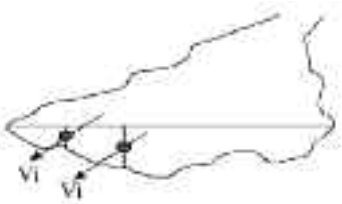



*Figura 2. Esquema para el cálculo de la velocidad de la corriente*

• *Cálculo de la velocidad de la corriente*

Con el correntímetro se procedió a medir la velocidad en cada uno de los puntos donde se tomaron datos de profundidad ($V_i$), intentando realizar, como mínimo, una medida.

• *Cálculo del caudal del río*

El caudal aproximado se obtuvo multiplicando la sección por la velocidad y por un factor de 0,8, este último para corregir la diferencia de velocidad debida al rozamiento en fondo.

### Obtención de datos de temperatura

En los puntos seleccionados para la obtención de las secciones transversales se procedió a tomar medias de temperatura en superficie y a diferentes profundidades en función de las características concretas de la sección.

Para la obtención de datos de temperatura se utilizó un termómetro de precisión PCE DT-610 (Pt 100 = ± 0,1ºC de –100ºC ..+ 200ºC; 0,1 % del valor para el resto) con una sonda tipo K (Termo elementos K, 30 cm de longitud; ± 0,3ºC de 0ºC ... + 200ºC).

Debido a la fuerza de la corriente, la toma de muestra de temperatura a diferentes profundidades de realizó mediante extracciones de agua a la profundidad requerida con una botella hidrográfica (niskins) de 5 litros de capacidad e

isoterma, que incorporaba un peso de 10 kilos en su extremo inferior para mantener la estabilidad.

Una vez sumergida la botella niskins a la profundidad adecuada ésta fue cerrada mediante un testigo lanzado desde la superficie. Una vez en superficie, se abría por uno de sus extremos y se procedía a introducir la sonda tipo K para hacer la lectura de la temperatura.

*Foto 1 y 2. Izq. Inmersión de la botella hidrográfica a la profundidad requerida. Dcha. Medida de la temperatura con la sonda tipo K en el interior de la botella*

**Modelización hidrodinámica**

Tras la obtención de datos batimétricos y de temperatura, se procedió a su procesado para la elaboración de un modelo hidrodinámico en dos fases.

- Establecimiento del modelo matemático del cauce afectado por el vertido.
- Explotación del modelo para realizar las modelizaciones de la dispersión térmica.

Para ello se utilizó el software MIKE 3 Flow Model FM. Un sistema de modelización basado en el método de volúmenes finitos (Malla Flexible).

El modelo calcula la solución numérica de las ecuaciones de Navier-Stockes en 3D para flujos no compresibles, asumiendo condiciones de Boussinesq y presión hidrostática, a través de las ecuaciones de continuidad, momento, temperatura, salinidad y densidad dentro de un esquema de flujo turbulento.

La discretización espacial de las ecuaciones se lleva a cabo mediante un método en volúmenes finitos centrado en la celda de cálculo. El plano horizontal se discretiza utilizando celdas no estructuradas, mientras que en la vertical se aplica la aproximación sigma-layer. Los elementos son prismas cuyas caras horizontales son triangulares o cuadrangulares. Los flujos convectivos se tienen en cuenta haciendo uso de la solución aproximada de Riemann, que hace posible el manejo de soluciones discontinuas.

La integración en el tiempo se realiza mediante una aproximación semi-implicita donde los términos horizontales se tratan explícitamente, mientras que los verticales se hacen implícitamente. El modelo permite el uso de sistemas de coordenadas cartesianas y esféricas.

Para que la modelización matemática fuese lo más precisa posible, se utilizaron los datos obtenidos en la fase de obtención de la batimetría y medición de la temperatura del área de estudio para validar el modelo.

Es necesario señalar en este punto, que debido a las variaciones en las condiciones de temperatura ambiental a lo largo de dicha jornada, se produjo un incremento de la temperatura del agua de 2,7 ºC desde las 9:00h en las que se iniciaron los muestreos hasta las 16:21h en que se tomó la última medida de la temperatura.

Por ello, se procedió a la corrección de las medidas efectuadas en función de la temperatura del aire según los siguientes factores de corrección, comprobados mediante la repetición de mediciones a lo largo de la jornada en los puntos iniciales:

*Tabla 1. Factores de corrección de temperaturas*

| Sección | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| **Hora** | 9:00h | – | 10:30h | 11:40h | 12:00h | 12:10h | 12:20h | 12:35h | 13:05h | 16:21h | 13:43h |
| **Tº ambiental** | 20,5ºC | – | 23ºC | 25,2ºC | 26,6ºC | 28,5ºC | 28,5ºC | 29,2ºC | 30,2ºC | 33,4ºC | 30,3ºC |
| **Factor** | 0 | – | –0.3ºC | –0.5ºC | –0.5ºC | –0.6ºC | –0.7ºC | –0.9ºC | –1.1ºC | –2.1ºC | –1.4ºC |

La medida de la temperatura en el propio vertido de Hidro-Nitro Española realizada a las 11:40h, indica que éste se produce a 20,5ºC.

***- Características del vertido térmico***

El vertido térmico de Hidro-Nitro Española está perfectamente monitorizado, por lo que resultó muy apropiado para realizar la modelización. Se poseen datos relativos a caudales diarios de vertido y temperatura del mismo en series temporales desde el año 2005.

Además, para poder realizar una correcta modelización, se han tenido en cuenta los datos meteorológicos obtenidos en la Agencia Estatal de Meteorología AEMET: temperatura del aire, presión atmosférica, precipitación y humedad.

*Datos introducidos en el modelo*

Se han considerado 4 escenarios diferentes.

- Escenario 1. Reproduce las condiciones del día en que se realizaron las mediciones de temperatura para poder validar el modelo con los datos reales.

- Escenario 2. Simula una hipotética situación en unas condiciones de caudal iguales al escenario 1, pero en este caso suponiendo un vertido térmico por parte de Hidro-Nitro Española de unos 8.000.000 $m^3$/anuales.
- Escenario 3. Representa el vertido actual de Hidro-Nitro Española bajo las condiciones más desfavorables de estiaje que se producen históricamente durante los meses de agosto.
- Escenario 4. Simula un escenario similar al nº3, pero suponiendo nuevamente un vertido térmico por parte de Hidro-Nitro Española de unos 8.000.000 $m^3$/anuales.

*Tabla 2. Datos utilizados en las simulaciones de los 4 escenarios.*
**Dato histórico medido el día 23/06/2008; **Dato histórico del día 07/08/2007*

| Escenarios | Parámetros del Cinca a su paso por la Sección 1 | | Parámetros del Cinca a su paso por la Sección 2 (entrada al brazo izq.) | | El vertido | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | Q ($m^3$/s) | T (ºC) | Q ($m^3$/s) | T (ºC) | Q | T (ºC) |
| 1 | 141 | 14.1 | 3 | 14.1 | 11.062 ($m^3$/día)* | 20.5 |
| 2 | 141 | 14.1 | 3 | 14.1 | 8.000.000 ($m^3$/año) | 20.5 |
| 3 | 30 | 20 | 0.65 | 20 | 13.925 ($m^3$/día)** | 27 |
| 4 | 30 | 20 | 0.65 | 20 | 8.000.000 ($m^3$/año) | 27 |

## Resultados y discusión

Los resultados obtenidos mediante las simulaciones permiten obtener información sobre la temperatura del río en cualquier punto y a cualquier profundidad. En este caso concreto se han propuesto tres capas diferentes por escenario, correspondientes a: superficie, medio y fondo según se muestra en el gráfico siguiente:

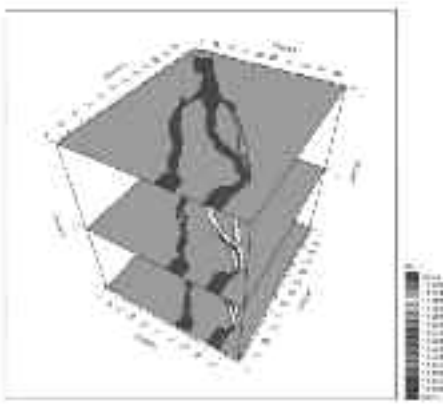


*Gráfico 2. Visualización en 3D de los resultados del modelo hidrodinámico. Se aprecian las capas superficial, central y profunda, todas ellas con información relativa a la temperatura*

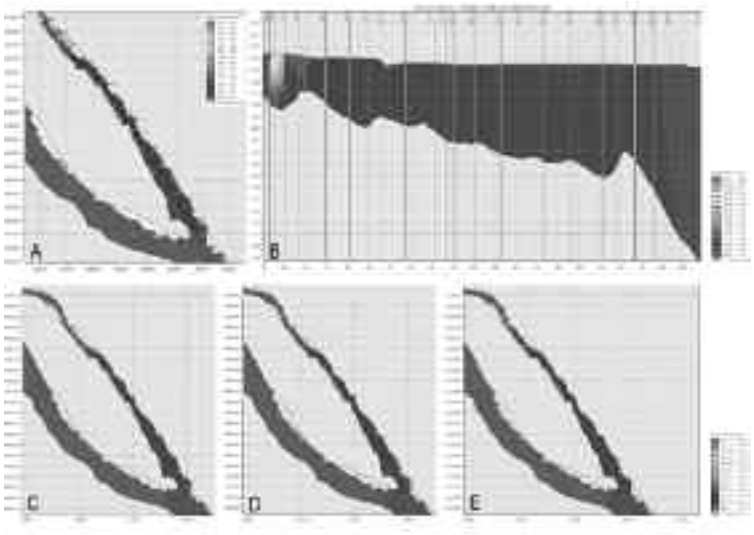
Analizando los resultados obtenidos en el presente Estudio y Modelización del Vertido Térmico de Hidro-Nitro Española sobre el Río Cinca en Monzón (Huesca) y teniendo en cuenta el Reglamento de la Administración Pública del Agua y de la Planificación Hidrológica, en desarrollo de los títulos II y III de la Ley de Aguas y la Orden Ministe-

rial 16/12/1988, que establecen que la temperatura media aguas abajo de un vertido térmico (en el límite de la zona de mezcla) no deberá superar la temperatura natural en más de 3ºC para aguas ciprinícolas, podemos asegurar que el vertido actual que Hidro-Nitro Española realiza sobre el río Cinca, está dentro de los parámetros establecidos por la legislación.

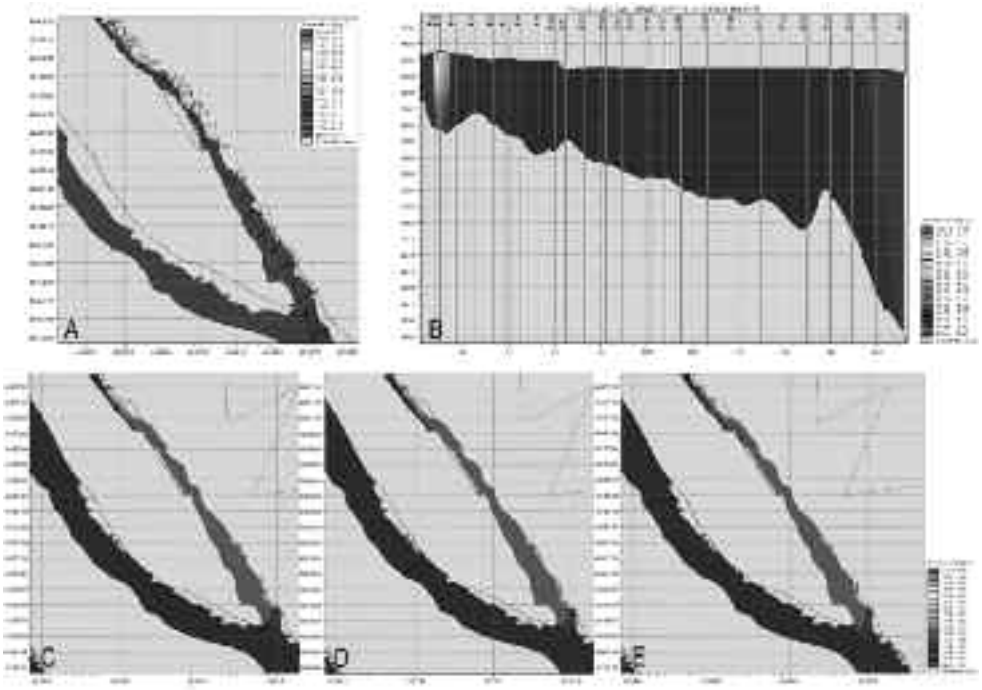
Con el vertido actual de 4.900.000 $m^3$/anuales, el peor escenario coincide con las condiciones de estiaje (durante el mes de agosto) y en dicho periodo, en menos de 7 metros el incremento de temperatura en el cauce es menor de tres grados.

Por otro lado, y puesto que Hidro-Nitro Española tiene intención de ampliar su concesión para verter 8.000.000 $m^3$/anuales, analizando el futuro escenario en condiciones de estiaje podemos comprobar como la capa de mezcla se amplía, pero a los 16 metros del vertido térmico, el incremento de temperatura en el cauce vuelve a ser menor de tres grados.

En cualquiera de los escenarios simulados, el efecto del vertido térmico se disipa totalmente una vez que el brazo izquierdo se une con el brazo central del Cinca (tras una pequeña zona de mezcla), desapareciendo por completo cualquier efecto térmico aguas abajo de la unión.




*Escenario 1: A, IP puntos de control para el perfil vertical. B, Perfil vertical. C, Resultado horizontal de la simulación de la capa superficial. D, Resultado capa intermedia. E, Resultado capa del fondo*




*Escenario 2: A, IP puntos de control para el perfil vertical. B, Perfil vertical. C, Resultado horizontal de la simulación de la capa superficial. D, Resultado capa intermedia. E, Resultado capa del fondo*

## Referencias bibliográficas

(1) Jawahar, P., Kamath, H. 2000. A high-resolution procedure for Euler and Navier-Strokes computations on unstructured grids. *Journal Comp. Physics,* 164: 165-203.

(2) Rodi, W. 1980. *Turbulence Models and Their Application in Hydraulics – A State of the Art Review*, Special IAHR Publication.

(3) Sleigh, P. A., Gaskell, P. H., Bersins, M., Wright, N. G. 1998. An unstructured finite-volume algorithm for predicting flow in rivers and estuaries. *Computers & Fluids*, Vol. 27 (4): 479-508.

(4) Soares Frazão, S., Zech, Y. 1999. *Dam-break flow through Sharp bends – Physical model and 2D Boltzmann model validation*, Proc., CADAM Meeting Wallingford, U.K., 2-3 March 1998, European Commission, Brussels, Belgium, 151-169.

(5) Zhao, D. H., Shen, H. W., Tabios, G. Q., Tan, W. Y., Lai, J. S. 1994. Finite-volume two-dimensional unsteady-flow model for river basins. *Journal of Hydraulic Engineering, ASCE,* 120 (7): 863-833.

# Bloque IX:

# Aspectos innovadores en EA

# Aplicación del método WU para el cálculo de la capacidad de infiltración en campos de golf

## *Application of WU's Method for the Calculation of the Capacity of Infiltration in Golf Courses*

**J. MARDOMINGO, S. GONZÁLEZ UBIERNA, B. CARRERO GONZÁLEZ, Mª T. DE LA CRUZ CARAVACA, M. A. CASERMEIRO MARTÍNEZ**
Departamento de Edafología. Facultad de Farmacia.
Universidad Complutense de Madrid, Madrid

**I. M. SOBRINI SAGASETA DE ILÚRDOZ**
ICMA, SL, Madrid

## Introducción

En los últimos años se ha producido un notable crecimiento en la creación de campos de golf, debido a una fuerte demanda de la sociedad del ocio, estimándose en más de 330.000 las licencias federativas (1). Por tanto, se están generando grandes extensiones dedicadas a esta actividad deportiva en lugares donde el uso del suelo principalmente era agrícola, forestal o ganadero. Este cambio de uso del suelo, puede producir transformaciones tanto en la estructura como en la función de los ecosistemas existentes. Uno de los problemas que conlleva la creación de campos de golf es la ingente cantidad de recursos que se emplean para las labores de mantenimiento, fundamentalmente agua y productos agroquímicos. Entre estos destaca el uso de fertilizantes nitrogenados que pueden producir un aumento de los contenidos de nitratos en las aguas subterráneas, generando así problemas de contaminación. Esto se debe fundamentalmente a las transformaciones biológicas que se producen en el interior del suelo, donde se transforman las fuentes nitrogenadas, normalmente amoniacales ($NH_4^+$), en nitratos ($NO_3^-$) que son muy solubles y pueden movilizarse a través del perfil del suelo llegando a capas más profundas.

La contaminación de las aguas subterráneas es uno de los principales retos de la protección ambiental, especialmente en el caso de climas mediterráneos donde disponer de fuentes de agua de calidad es esencial para el mantenimiento de los ecosistemas y de la actividad económica (2). Desde esta perspectiva, es importante asegurar que un cambio de uso de suelo no produzca una contaminación que suponga una pérdida de calidad de agua de manera irreversible. En este contexto, los Estudios de Impacto Ambiental, como herramienta de prevención, deben evaluar la conveniencia o no de realizar determinadas actividades en un medio.

El conocimiento de la permeabilidad del suelo es un elemento clave para la evaluación ambiental, ya que permitirá determinar la velocidad de tránsito de los

contaminantes desde el suelo hacia las aguas subterráneas y por tanto estimar el riesgo de contaminación hacia los acuíferos subyacentes. El principal objetivo de este estudio es caracterizar de manera cuantitativa los impactos sobre las aguas subterráneas derivados de la instalación de nuevos campos golf.

## Material y métodos

Nuestro objeto de estudio fueron dos proyectos de campos de golf en la Comunidad de Madrid (3CT y MGAF). En cada ámbito de estudio se realizaron ensayos de infiltración para conocer la transmisividad del suelo. En cada proyecto se eligieron de forma aleatoria dos puntos de medida de infiltración en zonas de terraza para eliminar el factor pendiente. Las medidas de infiltración se realizaron mediante un anillo simple a carga variable. Antes de iniciar los ensayos y debido al bajo contenido de humedad se regó con agua para alcanzar una cantidad de agua próxima a la capacidad de campo con objeto de favorecer la transmisividad de agua.

Una vez realizados los ensayos de infiltración, se realizan una serie de ajustes matemáticos para calcular la constante de conductividad hidráulica saturada Ks. En nuestro caso seguimos el método de ajuste de Wu (3), Wu & Pan (4), que se basa en la obtención de una ecuación generalizada de la infiltración, obtenida a partir de las medidas de las curvas de infiltración en campo. Para ello, se ha empleado una ecuación generalizada para ajustar los datos y obtener así los parámetros más relevantes que permitan estimar la conductividad hidráulica saturada “Ks”. Una vez obtenida la constante, se encuadran los resultados en los rangos utilizados en la clasificación de permeabilidades del “Soil Conservation Service”(5) de los EE.UU.

## Resultados

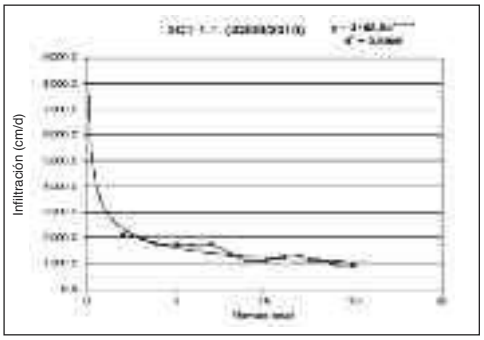
### Emplazamiento 1 (3CT)

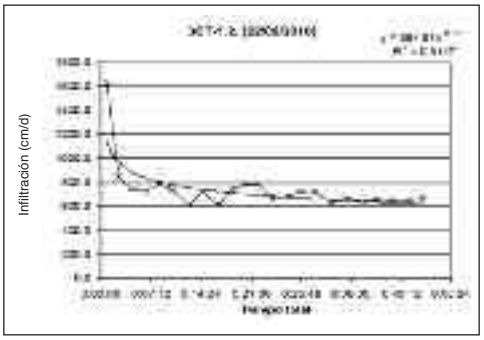
Tras las medidas de infiltración realizadas en campo mediante un anillo simple se obtuvieron dos curvas de infiltración (Figuras 1 y 2) correspondientes a cada uno de los puntos de muestreo.

A partir de las curvas de infiltración se han obtenido las curvas de regresión lineal (Figuras 3 y 4) y posteriormente la constante de conductividad hidráulica saturada aplicando el método de Wu & Pan (4). Los valores de Ks se encuentran en rangos de permeabilidad elevada y muy elevada (Tabla1).

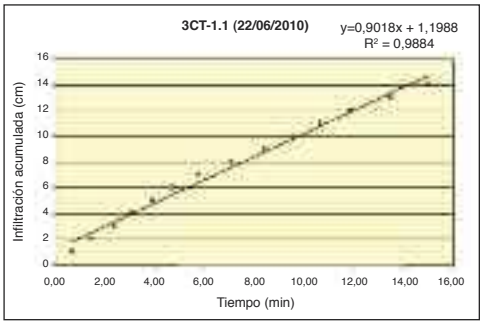
*Tabla 1. Valores de Ks y rangos de permeabilidad*

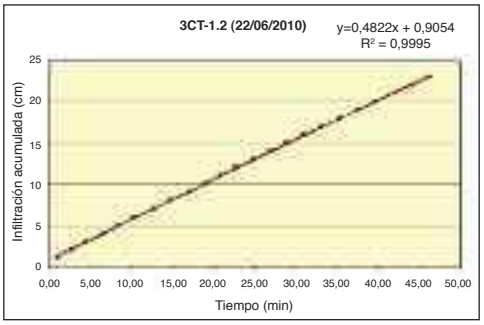
| Ensayo | Infiltración estimada (cm/día) | Ks (cm/min) | Ks (cm/hora) | Rango permeabilidad |
|---|---|---|---|---|
| 3CT-1.1 | 856,43 | 0,505 | 30 | Muy elevada |
| 3CT-1.2 | 223,40 | 0,270 | 16,2 | Elevada |




*Figuras 1 y 2. Curvas de infiltración de los dos puntos de muestreo*

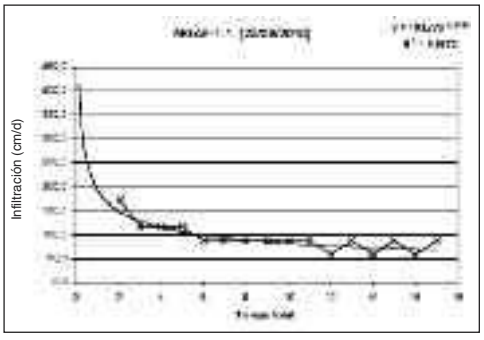


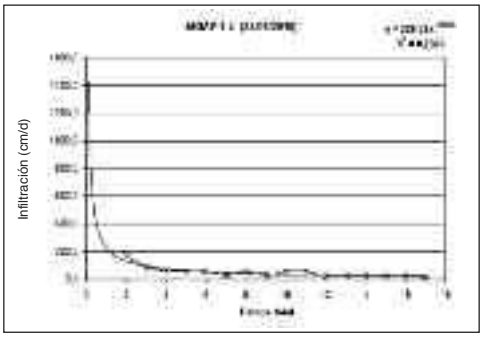




*Figuras 3 y 4. Regresiones lineales siguiendo el método de Wu & Pan*

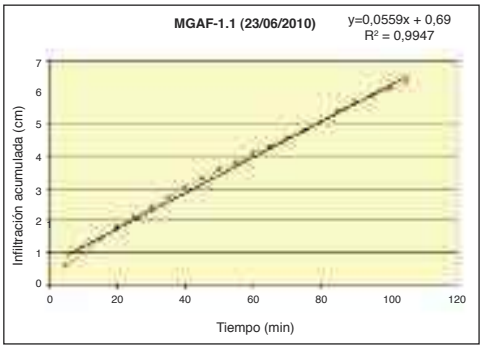
## Emplazamiento 2 (MGAF)

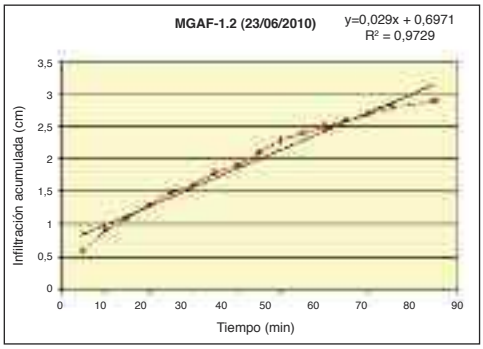
Tras las medidas de infiltración realizadas en campo mediante un anillo simple se obtuvieron dos curvas de infiltración (Figuras 5 y 6) correspondientes a cada uno de los puntos de muestreo.




*Figuras 5 y 6. Curvas de infiltración de los dos puntos de muestreo*




*Figuras 7 y 8. Regresiones lineales siguiendo el método de Wu & Pan*

*Tabla 2. Valores de Ks y rangos de permeabilidad*

| Ensayo | Infiltración estimada (cm/día) | Ks (cm/min) | Ks (cm/hora) | Rango permeabilidad |
|---|---|---|---|---|
| MGAF-1.1 | 58,73 | 0,031 | 1,86 | Moderadamente lenta |
| MGAF-1.2 | 142,26 | 0,095 | 5,7 | Moderada |

A partir de las curvas de infiltración se han obtenido las curvas de regresión lineal (Figuras 7 y 8) y posteriormente la constante de conductividad hidráulica saturada aplicando el método de Wu & Pan (4). Los valores de Ks se encuentran en rangos de permeabilidad moderadamente lenta y moderada (Tabla 2).

## Discusión y conclusiones

Los coeficientes de regresión no lineal obtenidos en los ensayos de infiltración son adecuados (con valores de $R^2$ entre 0,61 y 0,80), con tiempos de medida entre 18 y 55 minutos. Los tiempos necesarios para alcanzar el estado de equilibrio fueron bajos debidos a la alta permeabilidad del suelo.

En ambos casos la permeabilidad es variable y depende del punto de muestreo lo que muestra una elevada heterogeneidad en los suelos estudiados. En el primer emplazamiento, la permeabilidad es muy elevada lo que sugiere un alto riesgo de contaminación tras la aplicación de fertilizantes. Sin embargo en el segundo emplazamiento, el rango de permeabilidad varía entre moderadamente lenta y moderada por lo que el riesgo de contaminación es inferior. En esta segunda ubicación, el impacto sobre las aguas sería asumible siempre y cuando se diseñaran las oportunas medidas de control de la contaminación, como podría ser la adecuada gestión de los fertilizantes y el establecimiento de medidas específicas en el programa de vigilancia tal y como la instalación de lixímetros de

control que permitan cuantificar la generación de nitratos solubles hacia las aguas subterráneas.

Por tanto la aplicación del método de Wu es adecuada para el cálculo de la infiltración; por lo que se considera como una herramienta útil en la evaluación del impacto que pueda originar el cambio de uso propuesto. Se recomienda usar esta metodología de trabajo para evaluar actividades que supongan un cambio de uso del suelo y se prevea problemas de contaminación; además esta técnica presenta una adecuada relación coste beneficio.

## Referencias bibliográficas

(1) www.rfegolf.es/Noticias/NewsDetails.aspx?NewsId=2644
(2) Townsend, A. R., Howarth, R. W. 2010. El problema global del nitrógeno. *Investigación y Ciencia,* 403: 252-259.
(3) Wu, L., Pan, L., Mitchell, J., Sanden, B. 1999. Measuring Saturated Hydraulic Conductivity using a Generalized Solution for Single-Ring Infiltrometers. *Soil Sci Soc. Am. J.*, Vol. 63: 788-792.
(4) Wu, L., Pan, L. 1997. A Generalized Solution to Infiltration from Single-Ring Infiltrometers by Scaling. *Soil Sci. Soc. Am. J.,* Vol. 61: 1.318-1.322.
(5) www.soils.usda.gov/technical/technotes/note6.html

# Daños colaterales en la ejecución de obras de restauración, mejora o acondicionamientos

## *Collateral Damages in the Execution of Works of Restoration, Improvement or Equipment*

**J. RUEDA SEVILLA**
AGULIM. Universidad de Valencia, Valencia

**C. MOLINA URIBE**
EcoReport, Valencia

## Introducción

En sus *Observaciones sobre la Historia Natural, Geografía, Agricultura, Población y Frutos del Reyno de Valencia,* el botánico Cavanilles (1) describía los cultivos y los terrenos del Prat de Torreblanca en el siglo XVIII. A mediados del siglo XIX, el Prat se convierte paulatinamente en un arrozal. En los años 60 del siglo XX se abandona el cultivo de arroz. Una parte del Prat se dedica a la horticultura y frutales y el resto se abandona. Posteriormente el sistema se re-naturaliza. En los años 60, se inicia una explotación de turba. Esta es una visión retrospectiva de lo que ocurrió en el litoral valenciano hasta nuestros días. Existía un cordón litoral de humedales, más o menos continuo, desde Vinaroz hasta el sur de Alicante. La mayoría de ellos fueron transformados en arrozales en los siglos pasados. Más recientemente, fueron convertidos en cultivos después de aterrar parte de los humedales. En los años 80, se protegen algunos emblemáticos. El resto se abandona o se construye. La especulación del suelo en la Comunidad Valenciana ha permitido la urbanización turística hasta los límites de áreas protegidas y Parques Naturales. De forma paralela, en los últimos años, se han producido diferentes proyectos de restauración de humedales. Un intento muy acertado de recrear el aspecto primitivo de estos ambientes tan castigados.

La importancia de la conservación de las zonas húmedas radica en su función de amortiguación del agua de mar. Por otro lado, frenan la erosión, ayudan a retener y conservar el agua y permiten refrescar el ambiente gracias a la evapotranspiración. Más allá de los aspectos paisajísticos, también permiten una alta productividad asegurando el hábitat de muchas especies de plantas y animales (2). Además, mejoran la calidad del agua que circula por sus acuíferos.

Durante la urbanización y/o ejecución de obras de distinta índole (construcción de viales, cimientos para edificios, fuentes ornamentales en jardines, balsas, canalizaciones de aguas pluviales, etc.), nos encontramos con la aparición de numerosos focos de mosquitos hematófagos. Todos ellos, detectados en lugares próximos a humedales, provocaron sospechas equivocadas sobre la procedencia de los mosquitos (3).

En el presente trabajo, se pretende dar una visión de las actuaciones realizadas en dos áreas protegidas, el Marjal dels Moros (Sagunto, Valencia) y el Parque Natural de Prat de Cabanes-Torreblanca (Torreblanca, Castellón).

## Material y métodos

Entre los años 2004 y 2010, se realizaron diferentes proyectos de gestión de vigilancia de mosquitos en áreas protegidas y sus municipios colindantes. La razón de estos proyectos radica en la proliferación de organismos hematófagos de la familia Culicidae en ambientes naturales. Por un lado, los mosquitos picadores aprovechan ambientes temporales para reproducirse de forma masiva. Por otro, se están urbanizando zonas que no han tenido la suerte de estar incluidas en determinadas figuras de protección, sea Parque Natural o área protegida. De esta manera, se continua destruyendo un entorno húmedo desprotegido que, en la actualidad, se encuentra muy degradado y disperso. La permisividad de construir hasta los límites de estas áreas de protección, ha favorecido un aumento de población humana residente y turística. Esta población entra en conflicto con los ciclos vitales y la ecología de los mosquitos. Los humanos pasan a ser el sustento principal de las hembras hematófagas.

La vigilancia incluye un control biológico que consiste en pulverizar los lugares de cría de mosquitos. El producto utilizado es una bacteria que produce una toxina que será ingerida por las larvas de mosquitos. A las pocas horas morirán a causa de la rotura de su tubo digestivo. La diferencia con pulverizar a los mosquitos adultos radica en que no existe ningún producto tan selectivo como el *Bacillus thuringiensis* var. *israelensis* (Bti). A los adultos, se les mata con productos químicos más o menos degradables que afectan siempre a la fauna del lugar y a los humanos. En nuestras actuaciones, descartamos cualquier tratamiento adulticida en medio natural. Sólo se tratan focos explosivos, es decir, lugares secos que reciben agua de lluvia abundante en los que las hembras de mosquitos ya habían depositado sus huevos. También se tratan focos antrópicos en medio peri urbano en los que algunas especies de mosquitos acostumbran a poner huevos en el agua (balsas, piscinas, canales, etc.). La vigilancia se realiza cada semana desde los primeros días de abril hasta las lluvias de septiembre. Este período pretende conciliar el turismo de los meses de julio y agosto con los parajes protegidos. El control biológico también consiste en potenciar la presencia de depredadores naturales en el medio como son los peces autóctonos y los quirópteros.

La vigilancia semanal se vincula al ciclo vital de los mosquitos. En la Figura 1 observamos unos huevos en eclosión (1). Las larvas pasan por cuatro estadios de crecimiento que, después de su última fase (2), se convertirá en una pupa (3). Al cabo de 24 a 48 horas, de la pupa emerge un adulto volador (4). Solo las hembras pican y se nutren de sangre para asegurar su puesta. Producen entre 250 y 500 huevos por puesta. Los adultos pueden vivir hasta 60 días y el ciclo de

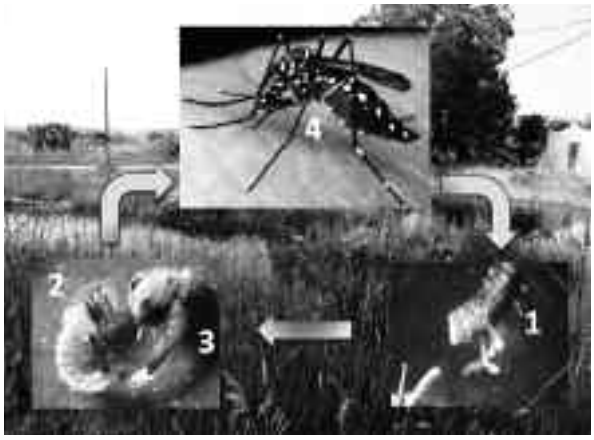



*Figura 1. Ciclo vital de los culícidos. 1: Larvas de primer estadio eclosionando de los huevos. 2: larva de cuarto estadio. 3: pupa. 4: Hembra adulta picando un humano*

cada individuo puede completarse entre cinco y siete días. Como anécdota se aporta que el primer autor del presente artículo ha sufrido hasta sesenta picaduras en tan solo 90 minutos. Ocurrió al empezar una campaña de forma tardía por cuestiones presupuestarias.

El Bti es ingerido por las larvas de primero a tercer estadio. El cuarto estadio tardío y las pupas no se alimentan por lo que el tratamiento no es efectivo. Cada ambiente funciona de una forma según la cantidad de lluvia y temperatura. La experiencia y conocimiento del lugar hace que se controle la situación de forma satisfactoria. La búsqueda de focos se practica en todo tipo de hábitat susceptible de albergar larvas (saladares, bordes de camino, balsas abandonadas y ornamentales, piscinas, etc.).

## Resultados

Uno de los municipios implicados abordaba la construcción de urbanizaciones más o menos complejas. Éstas se edificaban sobre un suelo que antiguamente pertenecía al cordón litoral de humedales. Se preparó el terreno con la ejecución de las futuras calles por debajo del nivel freático que, en aquel momento se encontraba a poco más de 40 cm. Consecuentemente, las calles recién excavadas se inundaron (Figura 2). Diez días después, se observaron larvas de mosquitos de primer estadio. Se actuó de inmediato y se controló la situación mediante tratamiento exclusivamente biológico. Simultáneamente la empresa constructora realizaba los cimientos de un complejo de viviendas. Nos encontramos con unas treinta perforaciones (Figura 3) que tardaron hasta tres semanas en ser rellenadas con el material correspondiente. En este período de

tiempo se practicaron tres jornadas de vigilancia en las que se trataron hasta el 80% de los agujeros cada seis días.

*Figuras 2 y 3. Trazado de una calle (izquierda) y cimientos para edificios (derecha) 1: vista general. 2: detalle*

A todo ello, se añadió un canal que servía de aliviadero de aguas pluviales que poseía una inclinación deficiente (Figura 4). El problema de los mosquitos se repitió semana tras semana hasta la eliminación de los focos. En un episodio aislado de sustitución de una cometida de agua potable, se practicó una zanja de 1 m por 1 m. Cuando se descubrió el foco se realizó una estima de población de 10.822 mosquitos (Figura 5).

Mientras ocurrían estos acontecimientos, se habló en repetidas ocasiones con los encargados de las obras para que redujeran su tiempo de ejecución explicando las razones. El municipio en cuestión posee una población de poco más de 5.000 habitantes censados. Durante la época estival supera las 15.000 personas. A lo largo de todo el proceso, la cantidad de mosquitos controlados alcanzó varios billones de ejemplares. Se estima que de no estar el equipo de vigilancia, los acontecimientos hubiesen salido en primera página de los diarios. Algunos focos no pudieron ser detectados por situarse las obras en propiedad privada y existir poca comunicación y desconocimiento de la problemática por parte de las constructoras. Cada año nos hemos visto con acontecimientos similares.

Las consecuencias de estas obras proporcionan un aumento considerable de focos no programados. Posibilitan un aumento de molestias, picaduras y alergias a niños, ancianos y trabajadores de las obras. Facilitan la colonización de especies exóticas como las que están en expansión por Europa y que se suman a las once especies autóctonas de la zona. Se conoce la presencia en las proximidades del mosquito tigre (*Aedes albopictus*). Ha colonizado la Comunidad Valenciana tras varios años expandiéndose por Cataluña. Hasta la fecha se conoce en Orihuela (4), Torrevieja (Alicante) (5 y 6) y en Benicassim (Castellón) (7). Se esperan otras tres especies de mosquitos tan problemáticas como ésta: *Aedes*

*Figuras 4 y 5. Aliviadero de aguas pluviales (izquierda) y perforación de una cometida (derecha)*

*aegypti*, *Ochlerotatus atropalpus* y *Ochlerotatus japonicus*. Junto al *A. albopictus,* son especies que poseen un fuerte carácter antrópico. Se desarrollan en estructuras artificiales construidas por el hombre (balsas, cubos, neumáticos, etc.). Estas cuatro especies, pueden transmitir enfermedades tropicales como el Virus del Nilo Occidental (WNV), el dengue y la fiebre amarilla (8). Al ser enfermedades tropicales, los portadores son los humanos (como viajeros en zonas endémicas) o las aves migratorias que circulan por los humedales costeros (9 y 10). Algunas enfermedades ya se han registrado en España de forma natural y autóctona como el WNV (11). En Francia ha sido el Dengue y en Holanda la fiebre amarilla. En todos los casos, los afectados no habían salido de su país de origen.

## Discusión y conclusiones

La problemática de los mosquitos es poco o nada conocida. Cuando existe una plaga, se achaca siempre al medio natural, nunca se piensa en las actuaciones humanas derivadas de la construcción. La sociedad en general desconoce que una parte del ciclo vital de los mosquitos se desarrolla en el agua. Las Evaluaciones de Impacto Ambiental (EIA) omiten normalmente los estudios sobre macroinvertebrados acuáticos (12), cuanto menos de los mosquitos culícidos que forman parte de éstos.

El control biológico con Bti no consiste en exterminar los mosquitos ya que, gran parte de ellos sirven de alimento para numerosos animales. Aves insectívoras y murciélagos son los más favorecidos por este aporte de alimento. Se deben controlar los focos explosivos de forma exhaustiva para que no se conviertan en un problema ecológico y social. Hay que pensar que los grandes afectados son las aves y los humanos pero, los demás organismos como el ganado o los animales domésticos no están exentos de la agresividad de los mosquitos. La falta de medidas preventivas junto con el cambio climático pueden producir consecuencias importantes para la salud. Entre otras, pueden facilitar el establecimiento de especies exóticas invasoras. Aumentan los gastos en salud y en

fumigaciones químicas, factores mucho más costosos que una buena vigilancia y control biológico sobre larvas. Todos los municipios costeros poseen un riesgo potencial, ya que, la mayoría de especies problemáticas poseen un importante carácter antrópico.

Estas situaciones podrían evitarse si se tuviesen en cuenta en las EIA con unos programas de vigilancia de mosquitos a pie de obra.

Actuaciones propuestas por nosotros y realizadas en proyectos de restauración, como construir un canal perimetral en la cota más baja, proporciona un refugio para peces autóctonos como el fartet (*Aphanius iberus*). Este pez es un excelente depredador de larvas de mosquitos hematófagos.

## Referencias bibliográficas


(1) Cavanilles, A. J. 1795. *Observaciones sobre la historia natural, geografía, agricultura, poblaciones y frutos del Reyno de Valencia*. Madrid. Imprenta Real. 237 pp.

(2) Miracle, M. R. 2001. Per què és tan important conservar i restaurar les zones humides? Braçal, revista del Centre d'Estudis. I Jornades mediambientals al Camp de Morvedre. 16-25.

(3) Rueda, J., Molina, C., Lacomba, I. 2009. Gestión de mosquitos (Diptera: Culicidae) en áreas protegidas de la Comunidad Valenciana. XXVI Jornadas de la Asociación española de Entomología "Biodiversidad y Conservación en Sierra Nevada". Granada, España. 81-82.

(4) Bueno, R., Chordá, F. A., Bernués, A., Jiménez, R. 2009. Detección de *Aedes albopictus* (Skuse, 1894) en Torrevieja (Alicante, España). *Boln. Asoc. esp. Ent*., 33 (3-4): 529-532.

(5) Delacour, S., Alarcón-Elbal, P., Bengoa, M., Melero-Alcibar, R., Pinal, R., Ruiz-Arrondo, I., Molina, R., Lucientes, J. 2009. *Aedes (Stegomyia) albopictus* (Skuse, 1894) primera cita en Torrevieja (Alicante). *Boletín Sociedad Entomológica Aragonesa*, 45: 518.

(6) Roiz, D., Eritja, R., Melero-Alcibar, R., Molina, R., Marqués, E., Ruiz, S., Escosa, R., Aranda, C., Lucientes, J. 2007. Distribución de *Aedes (Stegomyia) albopictus* (Skuse, 1894) (Diptera, Culicidae) en España. *Boletín Sociedad Entomológica Aragonesa,* 40: 523-526.

(7) Delacour, S., Bravo, D., Alarcón-Elbal, P. M., Bengoa, M., Casanova, A., Melero-Alcibar, R., Pinal, R., Ruiz-Arrondo, I., Molina, R., Lucientes, J. 2010. Detección de *Aedes (Stegomyia) albopictus* (Skuse, 1894)(Diptera: Culicidae) en Benicàssim. Primera cita para la provincia de Castellón (España). *Boletín Sociedad Entomológica Aragonesa*, 47: 440.

(8) Reiter, P. 2010. *Yellow fever and dengue: a treath to Europe?.* Euro Surveill. 15 (10): pli= Available online: http://www.eurosurveillance.org/ViewArticle.aspx?ArticleId=19509

(9) MARM. 2009. Plan de vigilancia de la encefalitis del Oeste del Nilo (West Nile) en España. Secretaría General de Medio Rural. Dirección General de Recursos Agrícolas y Ganaderos. Madrid. 26 pp.

(10) Valles, X., Sánchez, F. 2000. West Nile virus: el virus de la fiebre del Oeste del Nilo. *Enf Emerg*, 2 (4): 232-238.
(11) Estruch, L., Machado, D., Sánchez, N., Jorrín, W. 2010. Situación epidemiológica internacional. Vigilancia en salud. Unidad Nacional de Análisis y Tendencias en Salud del Ministerio de Salud Pública de Cuba. 16 pp.
(12) Rueda, J., Molina, C. 2011. Los macroinvertebrados acuáticos, excelentes indicadores biológicos en las EIA. Programa del VI Congreso Nacional de Evaluación de Impacto Ambiental. Albacete, España. 44.

# Importancia agroambiental de la población rural: la comarca del Campo de Gómara (Soria)

## *Agri-Environmental Importance of the Rural Population: The "Campo de Gómara" Region (Soria) in Spain*

**J. MARTÍNEZ SÁNCHEZ**
Centro Internacional de Estudios de Derecho Ambiental
(CIEDA-CIEMAT), Soria

**P. CIRIA CIRIA**
Centro de Desarrollo de Energías Renovables
(CEDER-CIEMAT), Lubia (Soria)

## 1. Introducción y objetivos

La gran importancia que posee la actividad agroforestal en las zonas rurales ha hecho que la dinámica histórica del sector haya estado en continua interrelación con la dinámica sociodemográfica de las zonas rurales. La interdependencia entre actividad agroforestal y población, propicia que las reformas que ha sufrido el sector agroforestal hayan afectado en la estructuración socioterritorial, al igual que ésta lo ha hecho en sentido contrario (1).

Dado que la actividad agroforestal depende en su gestión de la población rural, el continuo proceso de despoblación que incide desde hace años en algunas zonas rurales como la Comarca del Campo de Gómara (Soria), pone en riesgo el abandono de la actividad agraria. Al mismo tiempo, este proceso demográfico infringe graves efectos territoriales con gran incidencia en el medio ambiente y la actividad socioeconómica (2)(3)

El objetivo de este estudio es describir la relación entre la presencia de población en zonas rurales de esta comarca y las variables sociales, económicas y ambientales dependientes de la actividad agroforestal.

## 2. Metodología

El estudio se desarrolla siguiendo una metodología basada en el análisis estadístico de indicadores socioeconómicos y agroambientales, siguiendo su distribución territorial, utilizando datos bibliográficos, de observación directa y la interlocución con agentes sociales de la zona de estudio. Las principales variables estudiadas versan sobre población, sexo, edad, empleo, actividad económica, usos territoriales, ganadería, hábitats y especies. El origen de los datos primarios es el Instituto Nacional de Estadística (INE) (4), la Junta de Castilla y León (JCyL) (5) y el Ministerio de Medio Ambiente, Rural y Marino (MARM) (6), principalmente.

Se escogió como zona de estudio la "Comarca del Campo de Gómara", utilizando para ello la tipología de "comarca agraria" (7) y la unidad elemental de municipio. La localización de esta área es el Este de la provincia de Soria, en la parte más oriental de de Castilla y León. La comarca posee 240.404 hectáreas ocupadas por una amplia distribución de entidades poblacionales muy diseminadas de 58 municipios, que poseen a su vez otros 59 núcleos de población anejos, de población muy reducida (Figura 1).

El paisaje de la comarca destaca por la uniformidad de la superficie de cereal de invierno, mezclados con otras manchas forestales de menor tamaño, especialmente de encinares (*Quercus ilex L.*) y quejigares (*Q. faginea Lam.*). La presencia de eriales, pastizales y matorrales es mínima, y suele asociarse al aprovechamiento de ganado ovino, aunque el porcino intensivo posee también gran importancia ganadera.

## 3. Resultados y discusión

### 3.1. La despoblación en la Comarca del Campo de Gómara

El estudio de la comarca nos define un caso paradigmático de zonas rurales de amplia despoblación. La población total de la comarca se cifra en sólo 12.816 habitantes, implicando una densidad poblacional de 5,33 hab*km$^{-2}$, 17 veces menor que la media estatal.

Muy pocos de sus municipios (19%) superan los 200 habitantes, y sólo dos de ellos (Ólvega y Ágreda) superan los 500 habitantes alcanzando poco más de los 3.000. Ágreda y, mayormente Ólvega se identifican como los núcleos principales de servicios y empleo. Únicamente ambos municipios han aumentado su población desde 1842, con más relevancia en Ólvega (Figura 2).

La pérdida de población ha sido tal que en la actualidad sólo permanece el 41% del máximo histórico poblacional de la comarca, habiendo existido mayor despoblación que a nivel provincial, regional o estatal (Figura 3).

El estrangulamiento de la pirámide de edades, el envejecimiento de la población, la masculinización, la descompensación del crecimiento vegetativo con tasas de mortalidad muy superiores a las de natalidad, la reducción progresiva de actividad y de servicios asociados, etc. son fenómenos sociales que han acompañado de forma intrínseca a esta grave situación de despoblación (8) (Figura 4).

La caída de población más intensa se inició entre 1940-1950 debido a la mecanización agraria y la polarización industrial española, que produjo la emigración hacia las ciudades más cercanas como Zaragoza o Madrid. La continuación hasta la actualidad de la pérdida de población, se relaciona más con la emigración selectiva de jóvenes y mujeres, incidiendo en el envejecimiento y masculinización poblacional. Este proceso se relaciona presentemente al déficit de servicios, al desacoplamiento entre la oferta de empleo y el alto nivel formativo

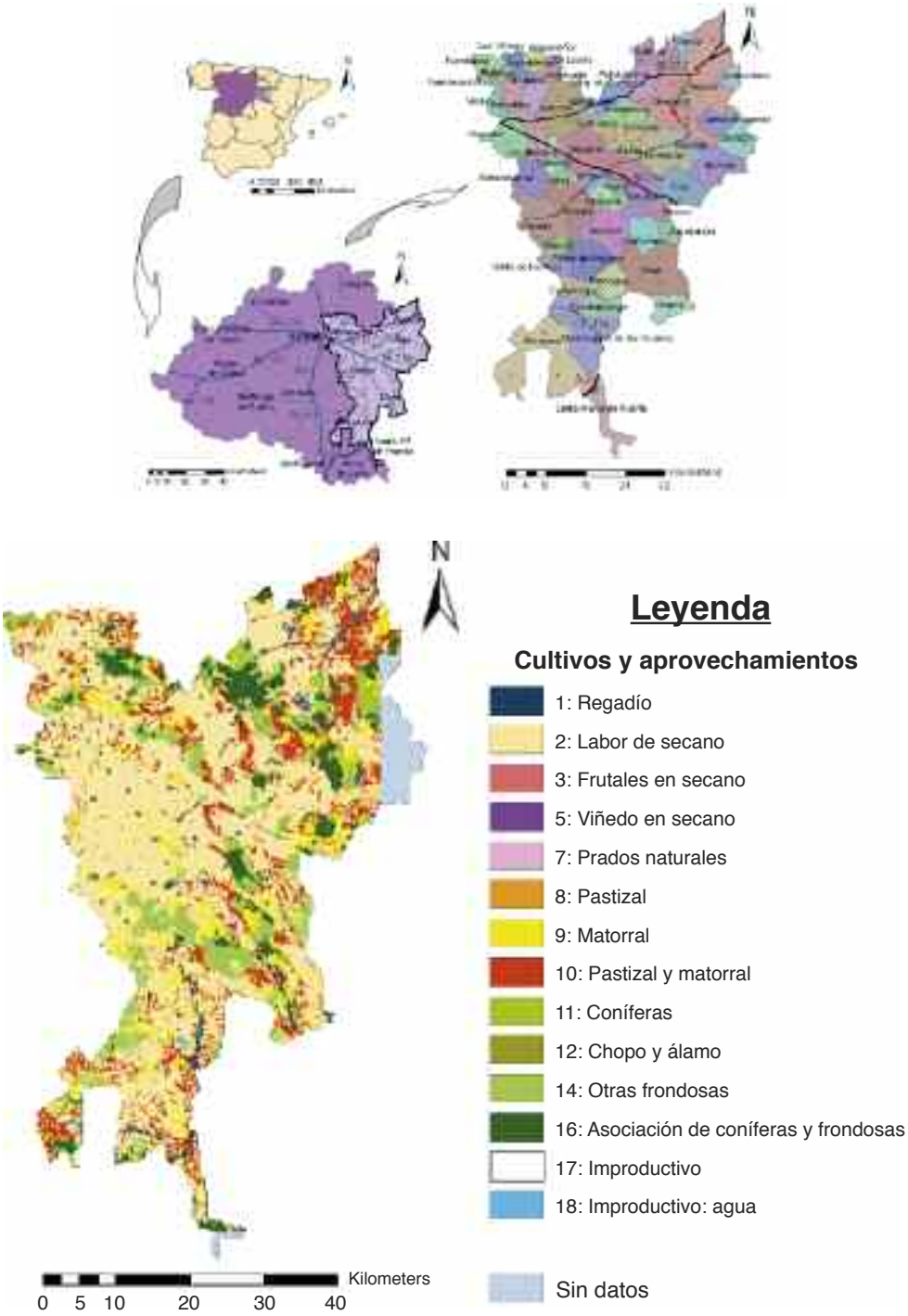



*Figura 1. Municipios de la Comarca del Campo de Gómara y distribución territorial de cultivos y aprovechamientos (5)*

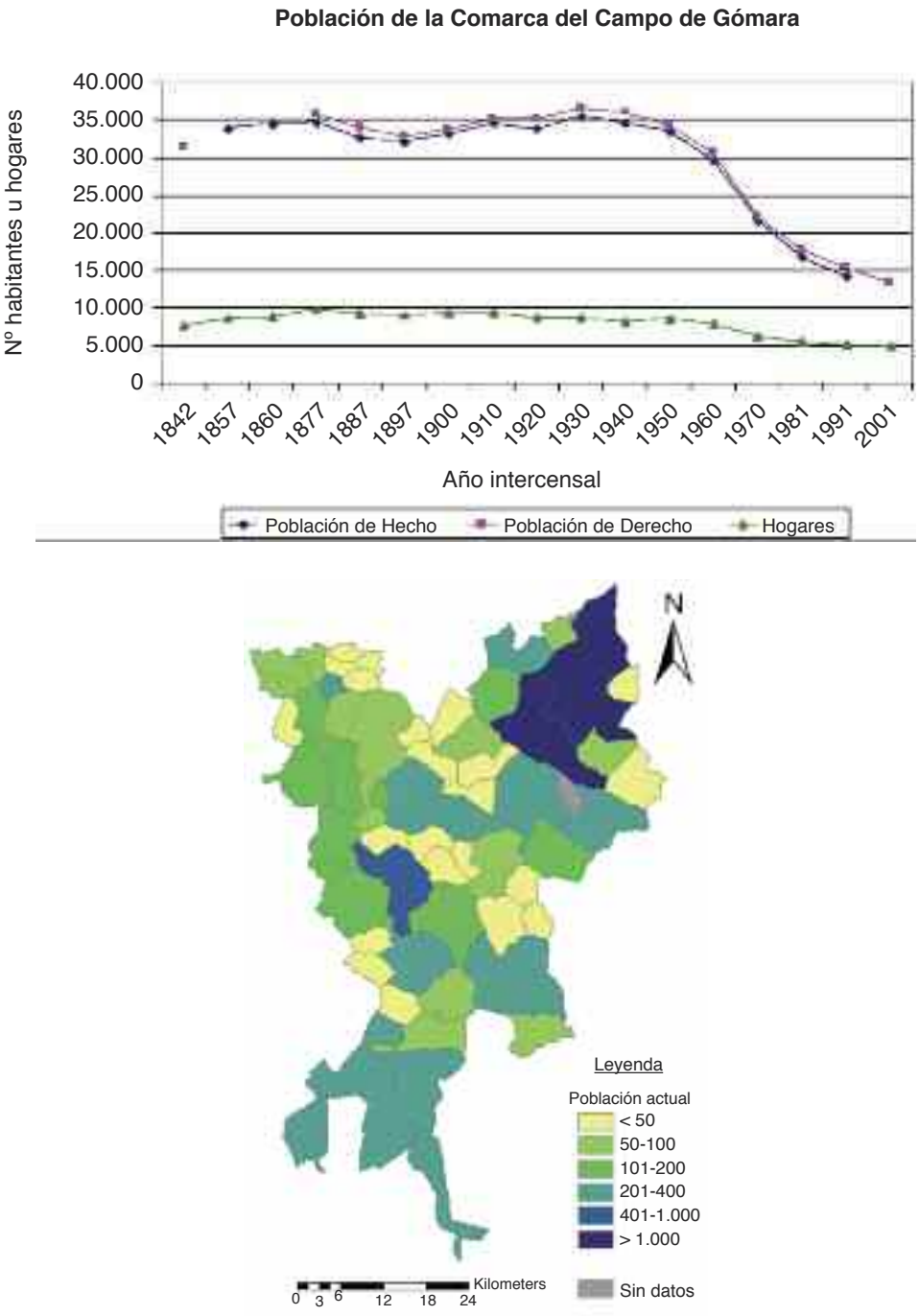
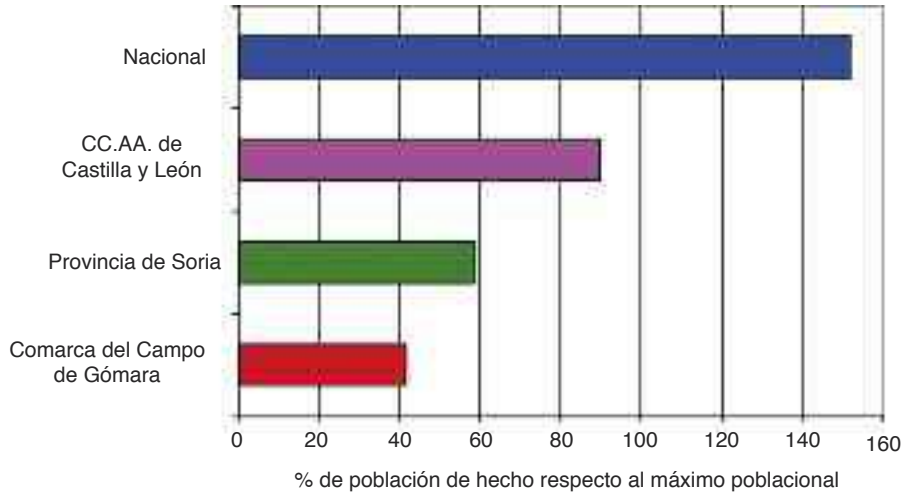



*Figura 2. Evolución del número de habitantes de hecho y de derecho, y del número de hogares de la Comarca del Campo de Gómara desde 1842 y población actual de los municipios de la comarca (4)*



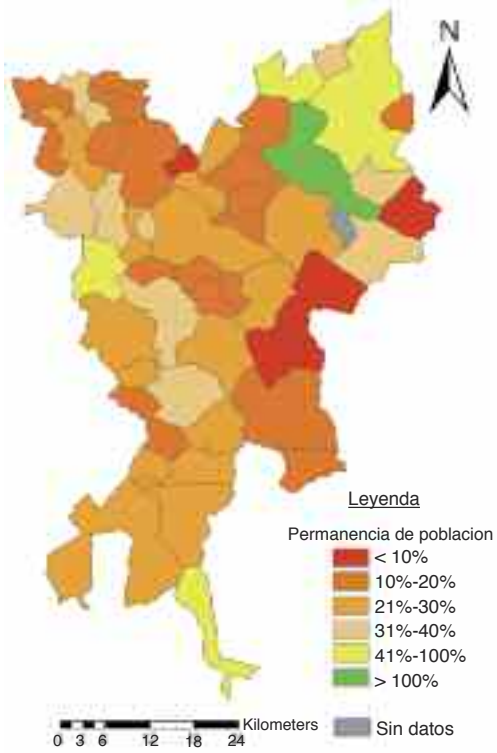




*Figura 3. Permanencia de población actual de hecho en comparación con el pico de población (máximo o mínimo) para la Comarca del Campo de Gómara (Soria) y el resto de escalas supracomarcales desde 1857 (4)*

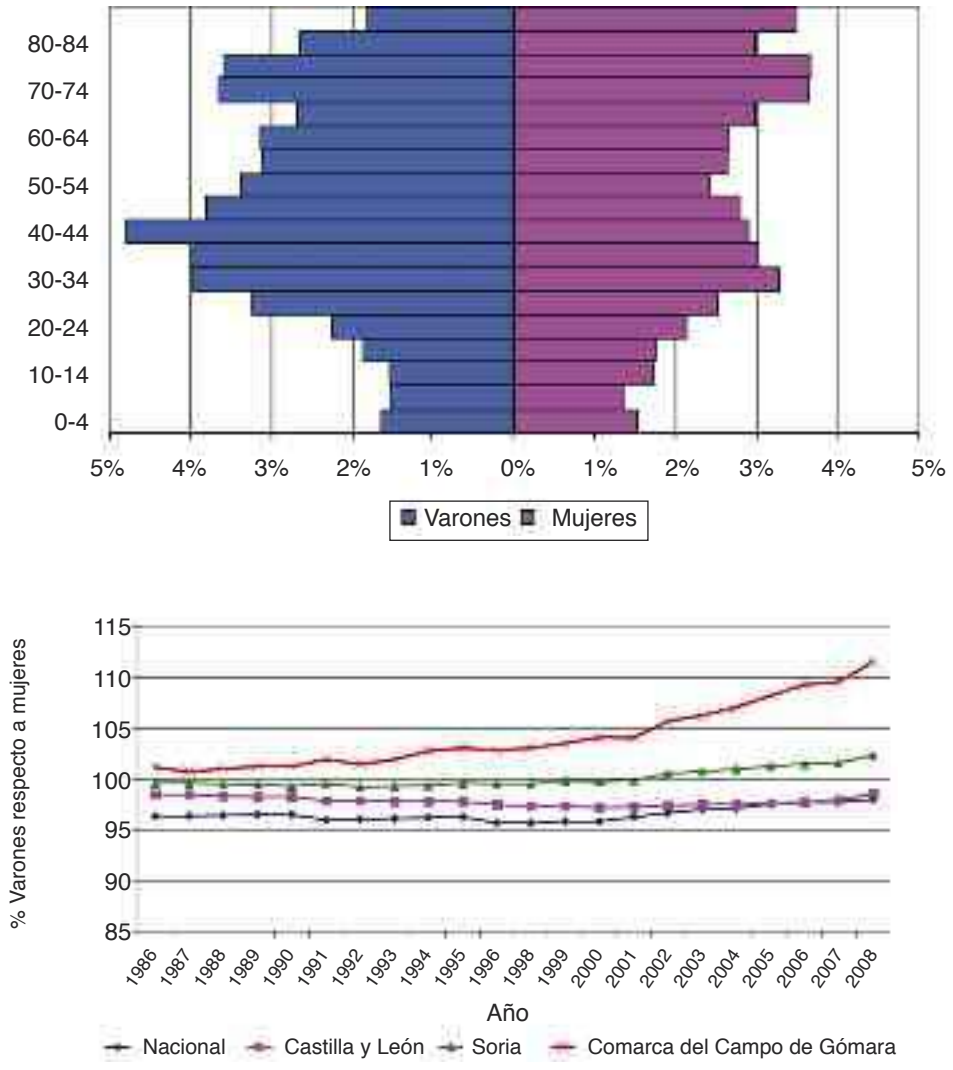



*Figura 4. Pirámide de edades de la Comarca del Campo de Gómara y evolución entre 1986 y 2008 del índice de masculinidad (4)*

(mayormente de la mujer) y a la falta de resignación de la mujer frente a su invisibilidad en el medio rural (9).

La emigración se sigue produciendo hacia las grandes ciudades industriales nacionales, aunque actualmente también se produce hacia Soria capital o municipios próximos más grandes como Ágreda u Ólvega. Paralelamente, algunos pequeños municipios del noroeste comarcal cercanos a Soria capital, reciben nuevos pobladores más jóvenes en búsqueda de suelo más barato (10).

### 3.2. Función socioeconómica territorial de la actividad rural

La actividad agroforestal permite aportar al ámbito local una importante generación de rentas y empleo, lo que contribuye a la vertebración del territorio, equilibrando las desigualdades territoriales y mejorando la calidad de vida de la población.

La obtención de alimentos y materiales aparece como la función primaria de la actividad agraria, diferenciándose como una actividad básica en la economía rural, a pesar de la pérdida de peso a nivel nacional. La generación de rentas agrarias supone un flujo monetario desde el medio urbano (principal consumidor) hasta el medio rural, además del abastecimiento de la población del entorno.

En la comarca estudiada, la importancia de la agricultura y máxime la producción de cereal (trigo blando y cebada principalmente) se expresa en la gran producción económica que genera (Figura 5).

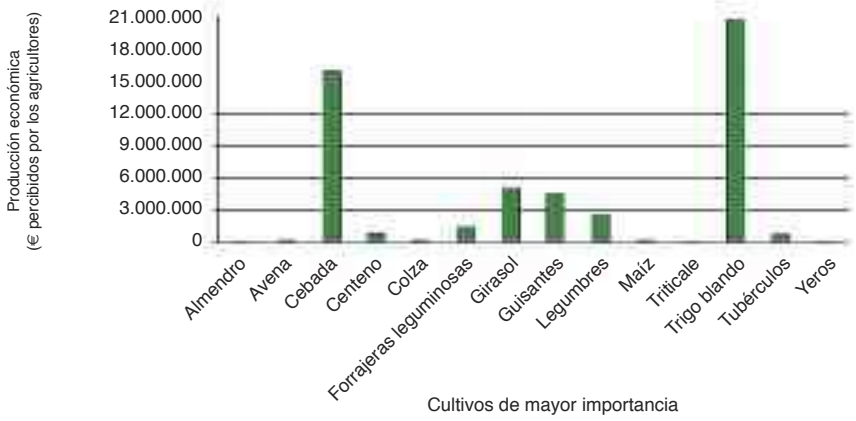



*Figura 5. Producción económica del sector agrario (4) (5) y sectores laborales de la Comarca del Campo de Gómara según Censo de población y viviendas 2001 (4)*

Asimismo, la actividad supone la ocupación laboral de la mayor parte de población de la comarca (23,31% para el sector primario). Las sinergias territoriales generadas por la actividad agraria propician en la comarca un desarrollo multisectorial asociado a la misma, principalmente en la manufactura agroalimentaria, donde se generan el 15% del empleo comarcal (Figura 6).

Sin embargo, el proceso de despoblación y envejecimiento incidente define un problema estructural del mercado laboral de la comarca; envejecido, masculinizado y deficitario de población activa, siendo esto causa de la continuidad de la emigración selectiva juvenil y femenina (Figura 7).

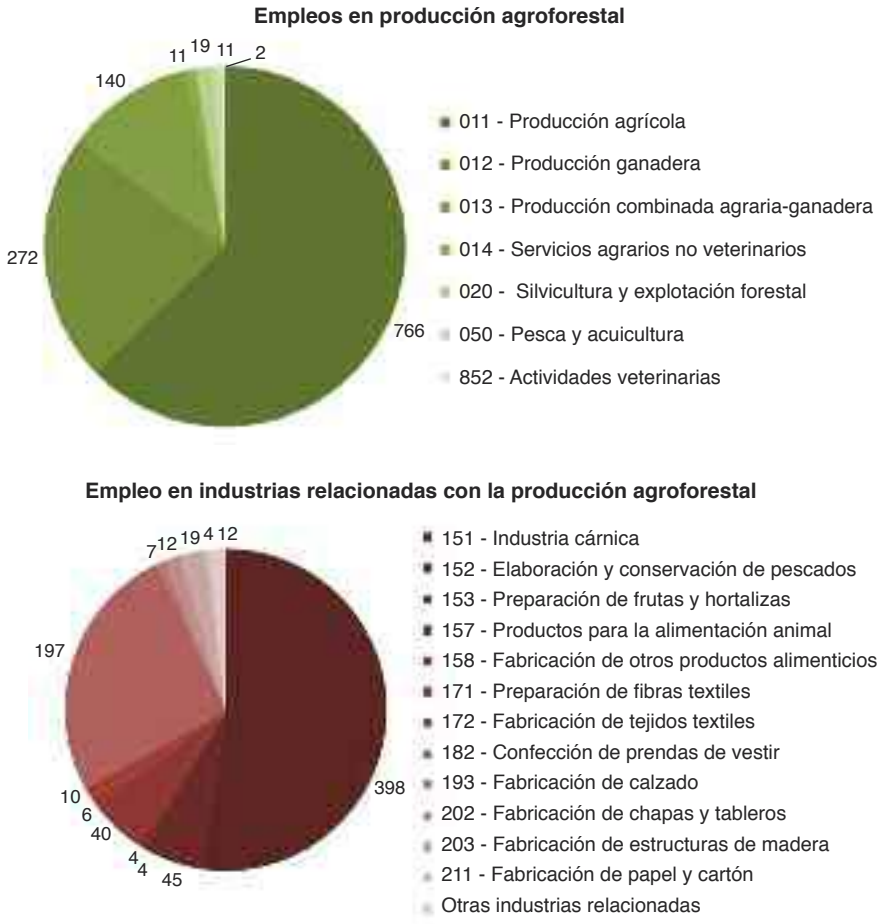
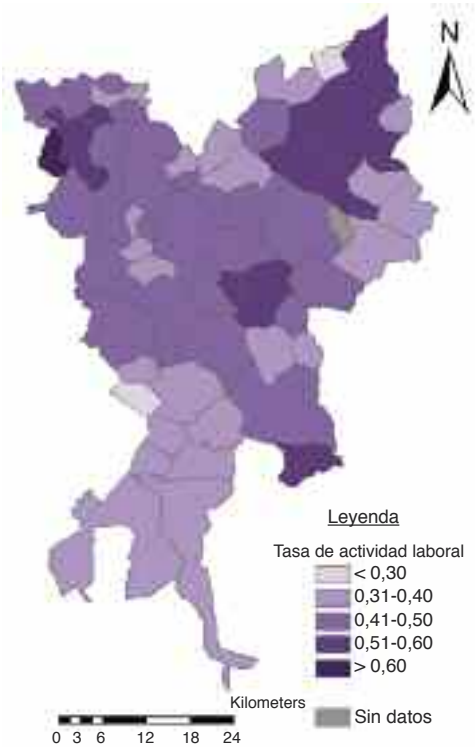



*Figura 6. Porcentaje de población empleada en producción agroforestal e industria relacionada en la Comarca del Campo de Gómara según Censo de población y viviendas 2001 (4)*

El mantenimiento de la población agraria ejerce en la comarca influencia directa e indirecta sobre la generación de servicios conexos y los empleos relacionados, debido la mayor rentabilidad de su explotación. Además, se observa ya la entrada de nuevos sectores como el turismo rural que contribuyen de forma sostenible al mantenimiento de la población.

La actividad económica agroforestal puede tener efectos en el desarrollo de nuevos servicios en el medio rural y el mantenimiento de los ya existentes. Estos servicios pueden ayudar en la recuperación de población rural, dado el "efecto multiplicador" de generación de empleos y reducción de la diferencia territorial en la oferta de servicios. Igualmente, el no abandono de sus viviendas por la población, mejora la conservación del patrimonio cultural y arquitectónico de la comarca.



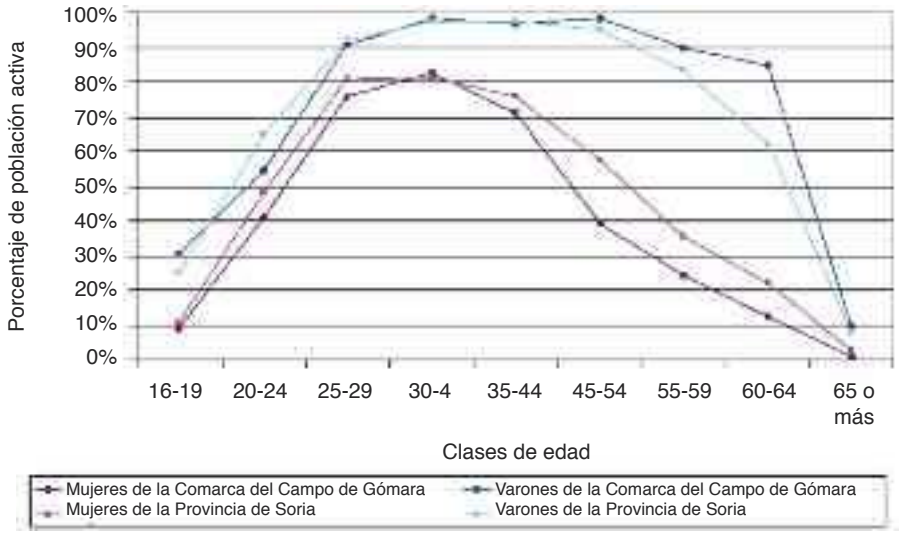




*Figura 7. Porcentaje de población empleada según clases de edad y sexo para la Comarca del Campo de Gómara y la Provincia de Soria según Censo de población y viviendas 2001 (4)*

Por otro lado, la actividad agraria y el paisaje agrario en el que se representa como interacción única y particular, fomenta el desarrollo de una identidad territorial que favorece la identificación de la población con su territorio (11).

### 3.3. Función ambiental del paisaje agrario

La interdependencia entre agricultura y medio ambiente en zonas históricamente intervenidas por el hombre como la Comarca del Campo de Gómara, hacen de la presencia de la población un necesario soporte para el mantenimiento de los hábitats y la biodiversidad ligada a éstos (12).

La función principal de las sociedades agrarias es la de gestión y aprovechamiento de las superficies agroforestales comarcales. Sin embargo, la población rural supone además la presencia activa de un elemento territorial conocedor del entorno y, en general, capaz de defender su medio ambiente local ante posibles agresiones dada la identificación sociocultural que le une a la comarca.

La actividad agroforestal y, en general, la presencia de población en las zonas rurales, aporta dos funciones principales en la gestión del medio ambiente. Por un lado, favorece la conservación de la biodiversidad y, por otro lado, contribuye en la mitigación de problemas ambientales.

La conservación de los paisajes agroforestales de la comarca contribuye en la conservación de la biodiversidad en todas las escalas de estudio, incluida la propia diversidad paisajística en ella intrínseca. A este respecto, cabe señalar la presencia de áreas incluidas dentro de la Red Natura (4 ZEPAs y 8 LICs), que incluyen las zonas esteparias cerealistas comarcales además de las superficies forestales (Figura 8).

La conservación de la biodiversidad aparece representada en la diversidad específica y ecosistémica con alguna figura legal de protección, ocupando en muchos casos nichos pertenecientes a zonas cerealistas. Referente a esto, se pueden encontrar en la comarca un total de 49 especies de aves, 39 de las cuales son consideradas de interés en la Directiva 79/409/CEE (Anexo I). Además, la Directiva 92/43/CEE (Anexo II) incluye otras especies de interés presentes en la comarca (8 mamíferos, 3 anfibios, 5 peces y 5 invertebrados). Asimismo, se localizan 33 hábitats de interés, incluidos en la Directiva 32/43/CE (Anexo I), 7 de los cuales son prioritarios.

La gestión agroforestal interfiere también en el mantenimiento de la diversidad genética a través del mantenimiento de cultivos de diferentes variedades y especies (principalmente si son variedades locales), y la subsistencia de manchas forestales intercaladas.

La actividad agraria contribuye asimismo en la mitigación de distintos problemas ambientales, a través del mantenimiento de superficies vegetales que evitan la erosión y capturan $CO_2$. Por un lado, con la captura de $CO_2$ se contribuye en la minimización del cambio climático y los posibles efectos de este problema en la salud y la biodiversidad. Por otro lado, la existencia de capas vegetales que fortalecen el suelo y evitan su erosión, disminuyen la incidencia del proceso de desertización que incidiría en la aridez y la sequía de muchas zonas de la comarca (13).

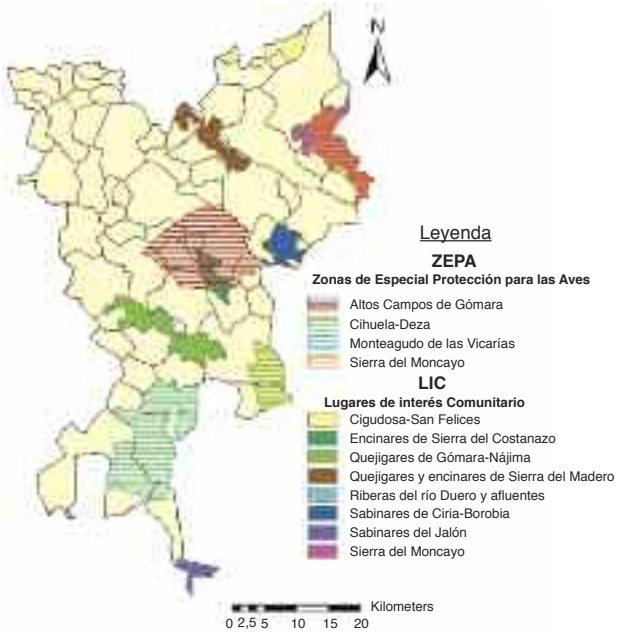



*Figura 8. Espacios Red Natura 2000, incluyendo ZEPAs y LICs, de la Comarca del Campo de Gómara (5)*

Estas funciones ambientales agrarias derivan en una serie de funciones sociales, relacionadas con los efectos que podrían tener para la sociedad los impactos causados por estos problemas ambientales. Algunos de estos efectos podrían ser los costes de adaptación o remediación ambiental o médica; o la pérdida de biodiversidad potencialmente aprovechable como producción agraria, industrial, turística, investigadora o educativa.

## 4. Conclusiones

El medio rural de la Comarca del Campo de Gómara aporta, a través de la actividad agroforestal, distintas funciones socioeconómicas y ambientales en las cuales es necesaria la actividad de la población local.

La generación de rentas y empleos de la actividad agroforestal en la comarca permite la existencia de servicios asociados y actividad sociocultural, a la vez que refuerza una identidad territorial que contribuye en la vertebración del territorio a través del mantenimiento de la población.

La gestión del paisaje agrario desarrollada por la población rural de la comarca posee importantes funciones ambientales relacionadas con la conservación de la biodiversidad ecosistémica, específica y genética; así como con la mitigación de problemas ambientales como el cambio climático, la erosión o la desertización.

Algunas de estas funciones ejercidas por la actividad agroforestal, principalmente las productivas, son remuneradas dentro de las estructuras de mercado. Sin embargo, la mayor parte de ellas no son compensadas dada su falta de reconocimiento y valorización.

La continuación del fenómeno de despoblación que incide en la comarca, ligado a la masculinización y envejecimiento poblacional que conlleva, pone en riesgo la persistencia del aprovechamiento agroforestal y de la gestión de la biodiversidad a él ligada.

Es por ello necesaria la implantación de una planificación territorial en sus tres dimensiones (económica, ambiental y social), que permita el equilibrado desarrollo de las zonas rurales a través del reconocimiento de las funciones que aporta.

## 5. Referencias bibliográficas


(1) Gómez Orea, D. 2001. Agricultura y Medio Ambiente. En: *El sector agrario y agroalimentario de Almería ante el siglo XXI,* coord. Salinas Andújar, JA. Instituto de Estudios Almerienses, Almería.

(2) Villar, L., Recoder, P. M. 1999. Consecuencias ecológicas del abandono de tierras y de la despoblación rural. *Investigación agraria. Sistemas y recursos forestales*, 8: 135-142.

(3) Moltó Mantero, E., Hernández Hernández, M. 2004, La funcionalidad de los medios rurales en las sociedades urbanas. *Investigaciones geográficas*, 34: 63-76.

(4) www.ine.es

(5) www.jcyl.es

(6) www.marm.es

(7) MAPA. 1978. Comarcalización agraria de España. MAPA, Madrid.

(8) Martín Jiménez, M. I. 2008. Pueblos vacíos, atonía y envejecimiento en la comarca soriana de Tierras Altas y Valle del Tera. *Ería*, 75: 113-128.

(9) Rico González, M. 2003. La mujer dentro del proceso migratorio y de envejecimiento en el medio rural de Castilla y León. Ayuntamiento de Valladolid, Valladolid.

(10) Martínez Sánchez, J., Ciria Ciria, P. 2010, El declive demográfico continuado de las zonas rurales y su carácter histórico. Análisis de la comarca del Campo de Gómara (Soria). X Congreso Español de Sociología, Pamplona.

(11) Antrop, M. 2005. Why landscapes of the past are important for the future?. *Landscape and Urban Planning*, 70: 21-34.

(12) Lovell, S. T., DeSantis, S., Nathan, C. A., Olson, M. B., Méndez, V. E., Kominami, H. C., Erickson, D.L ., Morris, K. S., Morris, W. B. 2010. Integrating agroecology and landscape multifunctionality in Vermont: An evolving framework to evaluate the design of agroecosystems. *Agricultural Systems,* 103: 327-341.

(13) De Ribera Ibarra, M. A. 2006. Análisis teórico. Consecuencias ambientales de la despoblación rural II. Ponencia CONAMA, Madrid.

# Sobre la formación de alumnos universitarios en evaluación del paisaje e impacto paisajístico: problemática y perspectivas

## *Training of University Students on Landscape Assessment and Visual Impact Assessment: Problems and Perspectives*

**C. MARTÍN CANTARINO**
**J. MARTÍN MARTÍN**
Instituto Multidisciplinar para el Estudio del Medio "Ramón Margalef",
Universidad de Alicante, Alicante

## Introducción

El Convenio Europeo de Paisaje de Florencia de 2000, base de las actuales normativas de paisaje, reclamaba expresamente a los estados firmantes ***"la formación de especialistas en la valoración de los paisajes e intervención en los mismos"***, así como la elaboración de "programas multidisciplinarios" para incorporar esta materia a las disciplinas existentes.

Con la puesta en marcha de varias normativas específicas de paisaje, como la Ley valenciana 4/2004 **de Ordenación del Territorio y Protección del Paisaje** y su correspondiente **Reglamento de Paisaje** de 2006, la necesidad de profesionales en este campo novedoso, para el cual no existen suficientes programas formativos a nivel universitario, se hace especialmente acuciante.

El Área de Ecología de la Universidad de Alicante ha venido impartiendo, desde 1992, es decir, bastante antes de la aparición de normativas específicas de paisaje, contenidos relativos a la valoración del paisaje o del impacto paisajístico (VPIP), bien en combinación con la EIA o bien como asignatura independiente, en las Licenciaturas de Biología, Ciencias del Mar y la Ingeniería de Caminos, Canales y Puertos.

Basándonos en esta experiencia, exponemos esquemáticamente algunas reflexiones sobre la problemática de formación en VPIP en las mencionadas carreras científico-técnicas, con vistas, además, al nuevo escenario abierto por el Espacio Europeo de Educación Superior. Dada la intrínseca transdisciplinariedad de la VPIP y su carácter de instrumento técnico pero obligado a una participación pública efectiva, se discuten las posibilidades realistas de conseguir una formación en las competencias básicas requeridas (1,2), sin olvidar que, por sus mismas características, esta formación no puede concebirse como una mera adquisición de habilidades o competencias profesionales (véase 3). Entendemos que estas reflexiones pueden ser también relevantes para la formación en EIA en su conjunto.

## Material y métodos

Los resultados sobre las percepciones de los alumnos de VPIP provienen del análisis de las discusiones de grupo, observaciones y materiales de reflexión organizados con los alumnos con cierta periodicidad en las asignaturas mencionadas a lo largo de los cinco últimos cursos.

Por otro lado, entendemos que estos resultados adquieren su verdadero sentido si se confrontan con la situación real de los instrumentos de paisaje, lo que quiere decir con las demandas de una mejor formación de los técnicos que deben participar en la elaboración de tales instrumentos. De esta forma, se analizan críticamente los resultados obtenidos en el seguimiento que se viene haciendo de la práctica real de los instrumentos de VPIP dentro del Observatorio de Impacto Ambiental y Territorio de la Universidad de Alicante.

## Resultados

### 1) Poniéndose en la piel de los alumnos (¿futuros profesionales en Paisaje o EIA?)

Algunas características del alumnado universitario que creemos de especial relevancia para la formación en VPIP:

- La mayoría de alumnos, incluso los que están en su quinto año de carrera, no sabe al empezar las clases que exista una normativa de VPIP que exige profesionales capacitados y que, por ello, les puede ofrecer una salida profesional. En cierta forma, ésta era también la situación con respecto al EIA en los primeros años de vigencia de las normativas de EIA (4), situación que parece haber mejorado en los últimos años conforme la EIA pasaba a ser parte normal de la actividad económica. Por supuesto, implica también que muchos alumnos escogen asignaturas optativas sin tener muy claro de qué tratan y qué interés pueden tener para su futuro profesional, lo que no deja de ser un motivo de reflexión, sobre todo por las expectativas de formación con que abordan la asignatura.
- Es general la impresión de que la VPIP parece algo “muy subjetivo”, lo que quiere decir “poco serio” o “poco científico”. Evidentemente, este concepto simplista de la subjetividad es producto de toda una formación cientificista, que no se plantea hacer ver la radical diferencia entre “subjetivo” y “arbitrario”. Queremos insistir en la importancia de este prejuicio, tan extendido por otro lado, ya que, como veremos, es una de las dificultades para abordar seriamente la VPIP y, en general, la EIA.
- Según una tendencia ya constatada en los inicios de la EIA (4), y que parece ir en aumento, es escaso el conocimiento por parte de los alumnos del

socio-ambiente local y de sus problemáticas ambientales y paisajísticas. Esto, combinado con lo constatado en el punto anterior, se convierte en una mezcla que podemos considerar "explosiva", un auténtica rémora a la hora de promover habilidades para las necesarias aproximaciones participativas de la VPIP.

- Es importante destacar que los alumnos de Biología o de Ciencias del Mar y, desde luego, los de Ingeniería afirman no conocer la ecología del paisaje (EP) más allá, en todo caso, de algunas vagas nociones. Para el Área universitaria de Ecología el hecho debería ser motivo de reflexión, por cuanto la EP, rama de la ciencia ecológica que estudia las relaciones de los procesos ecológicos con el patrón espacial observable, es herramienta diríamos indispensable para la consideración científica de los procesos que mantienen el patrón paisajístico. Por otro lado, hay que recordar que la EP ha sido una de las bases de la ciencia ecológica en nuestro país, gracias a la obra magistral de González Bernáldez, quien no sólo introdujo en España el análisis científico del paisaje espacial, sino que la ligó fructíferamente a los aspectos psicológicos y "subjetivos" precisos para abordar valoraciones escénicas (5,6).

## 2) La realidad a la que los dirigimos: ¿En qué aspectos está funcionando mal ahora mismo la VPIP?

Entendemos que el análisis crítico de la realidad actual de la VPIP resulta necesario para identificar las deficiencias de formación profesional que se deberá intentar corregir en estos primeros años. Podemos destacar:

- Deficiencias técnicas, quizás aún más llamativas que las observables en EIA durante sus primeros años. Aunque existen cada vez más másteres o cursos especializados en VPIP, ninguna de las disciplinas tradicionales parece proporcionar por sí sola la capacidad técnica de abordar el paisaje en su complejidad, como lo demuestra las carencias perceptibles en los instrumentos de VPIP que se están presentando, y que en buena parte son atribuibles a falta de interdisciplinariedad. Ésta sigue siendo, pues, una asignatura pendiente (ver 4).
- Inadecuado planteamiento de la Participación Pública (PP). Los planes de PP, incluso cuando se plantean con cierto rigor, siguen siendo ineficaces, lo que prueba que no basta con una mera formación en competencias técnicas para garantizar este pilar básico de la VPIP y la EIA (7).
- Consideración meramente estática del paisaje, contra lo propugnado por el Convenio de Florencia y la normativa valenciana. En los estudios de paisaje no se suelen identificar los procesos claves socio-ecológicos que dan lugar al patrón paisajístico.

## 3) Dificultades docentes

La comparación de los dos apartados anteriores permite identificar una serie de dificultades para la adecuada formación en VPIP:

- Escasez de textos docentes y, en general, de materiales docentes integrados de referencia. Aunque sin duda existen, y cada vez más, muchos trabajos útiles, se encuentran dispersos y en general muy marcados por el carácter disciplinario. Entendemos que en buena parte esto se debe a la disciplinariedad aún dominante en el mundo académico y al carácter aún novedoso de los estudios paisajísticos integrados.
- Tener que luchar contra los prejuicios sobre la "subjetividad", resultado obviamente de toda una larga formación supuestamente "objetivista". Sin embargo, saber manejar la subjetividad, sin confundirla con arbitrariedad, es una de las habilidades necesarias en VPIP. Este tema es especialmente relevante porque el afán abusivo de "objetividad" puede ser muy negativo en VPIP (también en EIA y gestión ambiental: 8,9,10).
- Necesidad de desarrollar las habilidades sociales necesarias para promover la PP en alumnos a los que no se les ha dado apenas oportunidades para contactar con la realidad social.
- Tener que inducir el paso desde una visión conceptual, estática muy arraigada, a la visión relacional y dinámica exigida por la materia paisajística. Incluso a los alumnos con formación ecológica les cuesta pensar en términos de procesos.

## 4) Cuatro puntos clave para la formación universitaria en competencias de VPIP

Aun a riesgo de caer en una esquematización excesiva, enunciamos cuatro aspectos que estimamos claves para abordar las complejidades de la formación en VPIP:

### *Uso de nuevas tecnologías*

En los últimos años se está dedicando una enorme atención a las posibilidades docentes de las tecnologías de la información y comunicación (TIC) (ver p.ej. 11,12). Independientemente de lo justificado de algunas visiones críticas sobre esta "obsesión" por las TIC (12), creemos que para el caso concreto de la formación en VPIP la generalización del uso de las TIC está siendo especialmente fructífera. El Campus Virtual es una poderosa herramienta, tanto más cuanto, como se ha dicho, faltan materiales educativos integrados. A este respecto, los materiales interactivos (por ejemplo: efectos cromáticos, simulación

de formas, interacción imagen-sonido) resultan muy eficaces en análisis escénico. En general el uso crítico de la web permite abordar en cierta forma el problema de la disciplinariedad e incluso de la PP. En cualquier caso, debe proporcionarse al alumno una serie bien meditada de enlaces de internet y un marco general para encuadrar los materiales. Entre los más utilizados, aparte de la página de la DG de Paisaje de la GV (en http://www.cma.gva.es/), figura la del Observatori de Paisatge de Catalunya (http://www.catpaisatge.net/) o la del VRM del US Bureau of Land Management (http://www.blm.gov/nstc/VRM/). Por otro lado, la web permite desarrollar actividades críticas sobre el uso de imágenes paisajísticas en diferentes ámbitos, y así profundizar en la relevancia social del paisaje.

En las clases prácticas, se inicia al alumno en el uso de los GIS y programas de procesamiento de fotogramas e imágenes, como el Idrisi.

### *Utilidad del método de proyectos*

Como en el caso de la EIA (4) el método de proyectos (13), sin ahorrar la necesidad de analizar *in situ* el paisaje y dialogar con sus agentes y público afectado, es insustituible en VPIP. Éste es el ejercicio central en las clases prácticas. Bien conducido, y garantizando un trabajo autorregulado por el alumno, el tema de la "subjetividad", así como el desarrollo de empatía hacia los diferentes intereses y percepciones sociales empieza a plantearse de otra forma.

A este respecto, las prácticas externas (p.ej., prácticas en empresas, promovidas activamente por la UA) representan un auxiliar formativo muy eficaz, siempre que la labor de tutoría se ejerza con dedicación.

### *Utilización de casos reales*

Los casos reales aparecidos en los medios, o expuestos a los alumnos por los técnicos encargados o los afectados, especialmente los de mayor implicación social, poseen una gran capacidad de motivación y autorreflexión. En nuestra experiencia, es útil ligar siempre los temas tratados en clase a casos reales y, si es posible, de actualidad. Las TIC, por otro lado, permiten con frecuencia el acceso a la información relacionada con los casos seleccionados.

### *Utilización de la ecología de paisaje (EP)*

La EP proporciona una base conceptual para abordar la otra cara del análisis paisajístico: la que debe considerar qué procesos dinámicos [criptosistema, o parte no perceptible del sistema (5)] generan el patrón espacial percibido en la escena. Sin este "puente conceptual", se pierde la potencialidad que tienen los

alumnos procedentes de biología y similares para el tratamiento de los procesos socio-ecológicos. En nuestra experiencia, la introducción a la EP abre perspectivas muy satisfactorias, al menos para este perfil de alumnos.

La formación en EP, como se ha mencionado, debe incluir el análisis de patrones espaciales mediante el uso de SIG y otras herramientas informáticas.

## Discusión y conclusiones

Encontramos un claro paralelismo entre las deficiencias de partida de los alumnos y la problemática real de la VPIP, al menos tal como se viene desarrollando en la Comunidad Valenciana. Quiere esto decir que los retos docentes son también retos sociales y que parte de las dificultades provienen de un modelo de formación universitaria que, en teoría al menos, debería replantearse en el EEES. Al menos, las herramientas docentes que, en nuestra experiencia parecen más fructíferas para abordar la complejidad de la VPIP van, como se ha visto, en la línea de lo preconizado para el EEES. Sin duda, el rodaje de estos primeros años de formación universitaria en VPIP será decisivo para garantizar la eficacia de los instrumentos de paisaje.

## Referencias bibliográficas

(1) Colás Bravo, P. 2005. La formación europea en base a competencias. En: Colás Bravo, P.; de Pablos, J. (coords.): La Universidad en la Unión Europea. Pp.: 57-75. Ediciones Aljibe, Málaga.
(2) Schön, D. A. La formación de profesionales reflexivos. Hacia un nuevo diseño de la enseñanza y el aprendizaje en las profesiones. Ediciones Paidós – Ministerio de Educación y Ciencia, Madrid. 1992.
(3) De la Herrán, A., Álvarez, N. 2010. Para qué enseñar: significado y sentido de la formación universitaria. En: Paredes, J.; De la Herrán, A. (coords.): Cómo enseñar en el aula universitaria. Pp.: 59-74. Ediciones Pirámide. Madrid.
(4) Martín Cantarino, C., Seva Román, E. 1997. Problemática de la formación de profesionales en el campo de la Evaluación de Impacto Ambiental. En: Peinado, M.; Sobrini, I.M. (Eds.): Avances en Evaluación de Impacto Ambiental y Ecoauditoría. Pp.: 45-57. Ed. Trotta, Madrid.
(5) González Bernáldez, F. 1981. Ecología y paisaje. Editorial Blume, Madrid.
(6) González Bernáldez, F. 1985. Invitación a la ecología humana. La adaptación afectiva al entorno. Editorial Tecnos, Madrid.
(7) Martín Cantarino, C., Huete Nieves, R. La evaluación de los impactos paisajísticos y los nuevos instrumentos de paisaje en la Comunidad Valenciana: a vueltas con el tema de la participación pública. Comunicación presentada en este Congreso.
(8) Sarewitz, D. 2000. Science and environmental policy: an excess of objectivity. En: Froedeman, R. (Ed.): *Earth matters: the Earth sciences, philosophy, and the claims of community.* Prentice Hall, Nueva York.

(9) Wilkins, H. 2003. The need for subjectivity in EIA: discourse as a tool for sustainable development. *Environmental Impact Assessment Review,* 23: 401-414.
(10) Martín Cantarino, C. 2008. Are we training at the University the environmental managers and researchers our wetlands need?: on public participation and integrated research at higher education. *WADI Project Working Paper, 37.* Universidad de Alicante.
(11) De Pablos, J. 2005. El Espacio Europeo de Educación Superior y las tecnologías de la información y la comunicación. En: Colás Bravo, P.; de Pablos, J. (coords.): La Universidad en la Unión Europea. Pp.: 57-75. Ediciones Aljibe, Málaga.
(12) Sancho, J. M. 2010. Innovación, cambio y mejora en la enseñanza universitaria: lo que añaden y lo que ocultan las TIC. En: Paredes, J.; De la Herrán, A. (coords.): Cómo enseñar en el aula universitaria. Pp.: 161-170. Ediciones Pirámide. Madrid.
(13) ITESM. 1999. El método de proyectos como técnica didáctica (descargado de: http:// www.itesm.mx/va/dide/documentos/inf-doc/proyectos.PDF

# El aprendizaje de la evaluación de impacto ambiental mediante la resolución de problemas

## *Learn Environmental Impact Assessment through Problem Solving Methodology*

**A. SASTRE MERLÍN**
**S. MARTÍNEZ PÉREZ**
**C. CARRERA OLIVARES**
Dpto. Geología. Universidad de Alcalá de Henares, Madrid

## Introducción

La instauración de la titulación en Ciencias Ambientales, primero como Licenciatura y mas recientemente como Grado, ha llevado consigo la aplicación de metodologías de enseñanza-aprendizaje que, hasta la aparición de estos nuevos estudios, se ejercitaban dentro de las enseñanzas de las diversas disciplinas sectoriales que ahora se han incorporado a los planes de enseñanza de estos nuevos estudios. Se han incorporado a ellos, igualmente, disciplinas que hasta ahora se impartían casi exclusivamente en los Masters. Ambas circunstancias sugieren la conveniencia de reajustar el procedimiento didáctico a poner en práctica en determinadas materias, como consecuencia del diferente nivel de preocupación pre-profesional –y aún de madurez personal– con la que éstos afrontan la comprensión de la casuística ambiental.

En la asignatura "Evaluación del Impacto Ambiental" concurren una buena parte de estas singularidades. Partiendo de la consideración de que la enseñanza de esta materia presenta una cierta singularidad derivada de la propia naturaleza del procedimiento de evaluación de impacto ambiental –singularizado en el caso que nos ocupa en la de proyectos–, el aprendizaje de esta disciplina se viene planteando por los autores desde hace ya varios años bajo la perspectiva de la enseñanza mediante la resolución de problemas (1).

Es objetivo de este trabajo presentar el procedimiento de enseñanza-aprendizaje que los autores vienen aplicando al desarrollo de la asignatura aludida, así como reflexionar sobre el mismo, habida cuenta de los resultados satisfactorios que se vienen obteniendo a juicio de los autores y con el refrendo igualmente positivo de la opinión de los afectados, puesta de manifiesto en las encuestas de valoración de la actividad docente que sistemáticamente realiza la instancia universitaria competente.

## Material y métodos

Todas las Universidades que ofrecen los estudios de Licenciatura o Grado en Ciencias Ambientales incorporan al menos una asignatura específica orientada al aprendizaje de la temática de la evaluación del impacto ambiental, de carácter troncal u

obligatorio, reconociendo con ello la importancia de adquirir las competencias genéricas y específicas en esta materia para los futuros graduados. En la Tabla 1 se indica la presencia de las asignaturas "Evaluación del Impacto Ambiental I: Medio Natural", "Evaluación del Impacto Ambiental II: Ámbito socioeconómico" y "Evaluación del Impacto Ambiental" en el quinto curso de la Licenciatura en Ciencias Ambientales –ésta en proceso de extinción– y en el tercer curso del Grado en Ciencias Ambientales, respectivamente, correspondientes a los Planes de Estudio vigentes en la Universidad de Alcalá. Se enfatiza en la circunstancia de que ambas asignaturas están situadas desde la perspectiva docente en el último tramo de los estudios como no podría ser de otra manera bajo la pauta de que los alumnos hayan cursado con anterioridad buena parte de las materias sectoriales y adquiridas, por tanto, las competencias necesarias para poder ponerlas en juego en el desarrollo de la/s asignatura/s que nos ocupa/n, caracterizadas por un claro afán aglutinador de las mismas.

*Tabla 1. Ubicación y características de las asignaturas de Evaluación de Impacto Ambiental en el Plan de Estudios de la Licenciatura y del Grado en Ciencias Ambientales por la Universidad de Alcalá*

LICENCIATURA

| Cuarto Curso | Créditos | Carácter |
|---|---|---|
| **PRIMER CUATRIMESTRE** | | |
| Economía aplicada | 6 | Troncal |
| Estadística | 6 | Troncal |
| Meteorología y climatología | 6 | Troncal |
| Principios básicos de ordenación del territorio | 6 | Troncal |
| **SEGUNDO CUATRIMESTRE** | | |
| Contaminación atmosférica | 6 | Troncal |
| Gestión y conservación de recursos naturales | 6 | Troncal |
| Gestión y conservación del agua y del suelo | 6 | Troncal |
| Recursos naturales y ordenación del territorio | 4,5 | Troncal |

| Quinto Curso | Créditos | Carácter |
|---|---|---|
| **PRIMER CUATRIMESTRE** | | |
| **Evaluac. del impacto ambiental I: medio natural** | **6** | **Troncal** |
| Toxicología ambiental y salud pública | 6 | Troncal |
| Derecho urbanístico | 4,5 | Obligatoria |
| Principios básicos de ordenación del territorio | 6 | Troncal |
| **SEGUNDO CUATRIMESTRE** | | |
| **Evaluac. del impacto ambiental II: ámbito socioeconómico** | **4,5** | **Troncal** |
| Org. y gestión de proyectos | 9 | Troncal |
| Auditoría ambiental | 6 | Obligatoria |

GRADO

| Tercer Curso | Créditos | Carácter |
|---|---|---|
| **PRIMER CUATRIMESTRE** | | |
| Hidrología e Hidrogeología | 10 | Obligatoria |
| Meteorología, climatología y contaminación atmosférica | 10 | Obligatoria |
| Ordenación del territorio: medio físico y humano | 10 | Obligatoria |
| **SEGUNDO CUATRIMESTRE** | | |
| Auditoría ambiental | 6 | Obligatoria |
| **Evaluac. del impacto ambiental** | **8** | **Obligatoria** |
| Gestión y conservación de recursos naturales | 10 | Obligatoria |
| Organiz. y gestión de proyectos | 6 | Obligatoria |

| Cuarto Curso | Créditos | Carácter |
|---|---|---|
| **PRIMER CUATRIMESTRE** | | |
| Materias transversales y optativas /prácticas externas | 30 | Optativa |
| **SEGUNDO CUATRIMESTRE** | | |
| Materias transversales y optativas /prácticas externas | 18 | Optativa |

El aprendizaje de la materia se viene planteando a los interesados mediante un remedo de participación directa en un procedimiento de evaluación de impacto ambiental de proyecto en curso o de reciente resolución, convenientemente seleccionado en virtud de su naturaleza y dimensión adecuada a la formación adquirida hasta ese momento por el alumnado interesado y teniendo en cuenta el contenido lectivo en términos de tiempo de docencia disponible –en la doble vertiente de enseñanza presencial y trabajo personal–. Tal participación se efectúa en alguna de las fases del mismo (consultas previas o información pública) en calidad de hipotéticos profesionales ya adscritos a un gabinete técnico independiente, ya encuadrado en alguna administración pública afectada por el proyecto, ya a una organización ambientalista.

En el caso de procedimientos ya finalizados, se elige preferentemente alguno con DIA negativa y se solicita a los interesados que formulen un dictamen (uno por grupo) acerca de la procedencia o no de tal DIA negativa, el cual deberá pronunciarse razonadamente sobre la posibilidad de aconsejar al Órgano Sustantivo que eleve la cuestión al Órgano de Gobierno superior de la instancia administrativa correspondiente, a efecto de que se debata en el seno de aquél la oportunidad de autorizar el proyecto a pesar de la DIA negativa recibida por el mismo.

Respecto a la temática, se procura elegir un procedimiento de evaluación de impacto ambiental de un proyecto que incorpore una cuestión estimulante, suplementaria a la actuación objeto de evaluación ambiental propiamente dicha, tal y como la conservación de un habitat relevante o la recuperación de un trazado ferroviario abandonado como vía verde –por citar dos ejemplos usuales– aún cuando tal cuestión no sea el centro de gravedad de la evaluación de impacto ambiental pretendida. Así, en los últimos años se viene trabajando con el proyecto “Estudio de Regulación del Rio Eresma (Segovia)” (2) y el documento comprensivo del proyecto “Estudio de Soluciones a la Regulación del Río Eresma” (3).

Los grupos de trabajo se articulan con no mas de tres personas (“Técnicos Ambientales” de grado superior), correspondiendo al profesor el rol de “Jefe de Equipo”. Las tradicionales “Prácticas de Gabinete” –cinco sesiones en el curso– se adecuan a sesiones de trabajo de cada grupo individualizadamente (debate, constatación de avances y despacho de consultas con el “Jefe de Equipo”, en sesiones de tiempo limitado (normalmente treinta minutos), con horario prefijado.

La programación de la actividad docente desarrollada se procura adecuar en la medida de lo posible a lo que sería la programación de un trabajo real, asignando las sesiones de gabinete y/o campo a las actividades siguientes:

- Sesión de Gabinete 1: Presentación del “encargo asignado” al equipo de trabajo por parte del “Jefe de Equipo”, en su doble o triple vertiente de elaborar un dictamen de consultas previas a un determinado documento inicial de un proyecto, formulación de una alegación correspondiente a una información pública de un proyecto o realización de un dictamen sobre un determinado procedimiento de evaluación de impacto ambiental.

- Sesión de Reconocimiento de Campo: a realizar por cada grupo de trabajo en compañía del "Jefe de Equipo. Como es inevitable que esta sesión de reconocimiento de campo se desarrolle con el conjunto del alumnado de la asignatura, cada grupo recibe el encargo de que el itinerario de reconocimiento sea programado con anterioridad a la salida de reconocimiento, debiendo presentar cada uno su propuesta de itinerario en una copia en papel del mapa topográfico, que será discutida con el "Jefe de Equipo" "in situ" antes de iniciar el reconocimiento propiamente dicho y contrastada con el recorrido finalmente realizado. Por otro lado, en esta sesión de promueve el contacto directo de los "técnicos en formación" con la ciudadanía del área de trabajo, al efecto de pulsar la opinión que la actividad en fase de evaluación sugiere a los habitantes del territorio afectado por aquélla.
- Sesión de Gabinete 2: Consiste fundamentalmente en un debate post-reconocimiento de campo, en la que se afrontan reflexiones sobre el alcance del proyecto cuya materialización se pretende, se evalúa la documentación relevante a solicitar y se pide a cada grupo que formule una petición formal y completa de la misma, a elevar a los servicios administrativos de la empresa o entidad en la que hipotéticamente esté encuadrado el grupo.
- Sesión de Gabinete 3: En ella el grupo de técnicos deben presentar al "Jefe de Equipo" una primera aproximación al dictamen objeto de encargo.
- Sesión de Gabinete 4: En ésta se perfila de forma definitiva el dictamen objeto de encargo.
- Sesión de Gabinete 5: Presentación del dictamen final por cada uno de los grupos de trabajo, remedando, en su caso, el trámite de "audiencia a interesados" previsto en la normativa vigente.

## Resultados

Como en cualquier actividad docente, el procedimiento de evaluación y calificación resulta relevante. La valoración del dictamen que los interesados vienen presentando otorga al mismo una ponderación de un 30-40% de la calificación final del curso (es decir, entre 3,3 y 4 puntos sobre el tradicional máximo de 10 puntos), repartido a su vez como sigue:

- A la presentación del dictamen (es decir, el remedo de la *"consulta interesados"*) se le atribuye 1/3 de la puntuación a recibir (es decir, entre 1 y 1,3 puntos), que a su vez se reparten asignando el 50% a la presentación propiamente dicha y el 50% restante al debate post-presentación que el profesor de la asignatura –ahora transformado en representante del Órgano Sustantivo o del Órgano Ambiental– mantiene con cada uno de los grupos de trabajo.
- Al documento elaborado (*"Dictamen"*) se le atribuyen 2/3 de la calificación de la faceta práctica de la asignatura, es decir entre 2 y 2,7 puntos, otor-

gando el 25% a los aspectos formales del mismo y el 75% al contenido del dictamen propiamente dicho.

Una cuestión que no resulta baladí es la relacionada con la seguridad de que cada "técnico" haya tenido una contribución adecuada –es decir, básicamente equitativa- al producto final. El procedimiento que se viene aplicando es incluir en el tradicional examen final de la asignatura una cuestión relevante relativa al dictamen elaborado, sin otra finalidad y valoración que "ponderar" la participación del interesado en el referido dictamen.

## Discusión y conclusiones

Con esta metodología docente se pretende, en definitiva, facilitar que los interesados pasen de un papel de meros receptores de información –que por su especificidad no es fácilmente asimilable por quienes se enfrentan por vez primera a la evaluación de impacto ambiental de proyectos– a una actitud protagonista, adquiriendo además formación en cuestiones como actitud y posicionamiento profesional, capacidad de comunicación y de trabajo en equipo, que no está recogida en los programas docentes de ninguna asignatura en concreto, pero que se estiman determinantes para el buen quehacer profesional de los futuros graduados.

Además del fomento del espíritu de grupo y de la innovación e iniciativa profesional, también se propugna el aprendizaje de la compatibilidad entre confidencialidad, compañerismo y amistad, que tan difícil resulta de asumir en los niveles de pregrado de la enseñanza universitaria.

## Referencias bibliográficas

(1) Manzanares, A., Del Valle, A. (editores) 2008. "El aprendizaje basado en la solución de problemas (ABP): una propuesta metodológica en educación superior" Editorial Nancea, Madrid.
(2) EUROESTUDIOS, S.A.-IBERHIDRA S.L. 2002. "Estudio de Regulación del Río Eresma". Sociedad Estatal de Aguas del Duero. Valladolid.
(3) IDOM. 2007."Estudio de Soluciones a la Regulación del Río Eresma. Documento Comprensivo del Proyecto". Sociedad Estatal de Aguas del Duero. Valladolid.