

VII CONGRESO NACIONAL DE EVALUACIÓN DE IMPACTO AMBIENTAL 2013



CONEIA 7.0

7

VII CONGRESO NACIONAL de
**EVALUACIÓN de
IMPACTO AMBIENTAL**
Gestión, Seguimiento, Innovación

2013

13 14 15 MARZO

www.coneia2013.com

OVIEDO



GOBIERNO DE ESPAÑA

MINISTERIO DE AGRICULTURA, ALIMENTACIÓN Y MEDIO AMBIENTE



GOBIERNO DE ESPAÑA

MINISTERIO DE AGRICULTURA, ALIMENTACIÓN Y MEDIO AMBIENTE

IAIA
International Association
for Impact Assessment

eia
Asociación Española de
Evaluación de Impacto Ambiental

CENTRO DE PUBLICACIONES
Paseo de la Infanta Isabel, 1 - 28014 Madrid

www.eia.es

www.rheas.org

Organizador: _____



Con la colaboración de: _____



Patrocinadores especiales: _____



Patrocinadores: _____



Colaboradores: _____



Con la cooperación de: _____

- ACASTUR, Asociación de Ciencias Ambientales de Asturias
- Ciencias Ambientales.com
- Colegio de Ingenieros Agrónomos
- Colegios de Ingenieros Técnicos Forestales
- Colegio de Ingenieros de Montes
- Confederación Española de Organizaciones Empresariales
- Club Asturiano de la Calidad
- Club Asturiano de la Innovación
- Facultad de Biología. Universidad de Oviedo

VII Congreso Nacional de Evaluación de Impacto Ambiental: Gestión, Seguimiento, Innovación

**Libro de Actas
(VII CONEIA)**

Oviedo, marzo 2013



Madrid, 2013



MINISTERIO DE AGRICULTURA, ALIMENTACION Y MEDIO AMBIENTE

Edita:

© Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente
Secretaría General Técnica
Centro de Publicaciones

Distribución y venta:

Paseo de la Infanta Isabel, 1
28014 Madrid
Teléfono: 91 347 55 41
Fax: 91 347 57 22

Maquetación, impresión y encuadernación:

Taller del Centro de Publicaciones del MAGRAMA

NIPO: 280-13-228-8 (en papel)

NIPO: 280-13-229-3 (en línea)

ISBN: 978-84-491-1136-9

Depósito Legal: M-32052-2013

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

Catálogo de Publicaciones de la Administración General del Estado:

<http://publicacionesoficiales.boe.es/>

Datos técnicos: Formato: 17x24 cm. Caja de texto: 13x19,7 cm. Composición: Una columna. Tipografía: Helvetica a cuerpo 10,5 al 12,6. Encuadernación: Fresado. Papel: Igloo de 90 gramos. Cubierta en estucado semimate de 250 gramos. Tintas: 4.

En esta publicación se ha utilizado papel libre de cloro de acuerdo con los criterios medioambientales de la contratación pública.

Evaluación de Impacto Ambiental: “Gestión. Seguimiento. Innovación”

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

Oviedo, marzo 2013

Coordinadores

D. Miguel Ángel Casermeiro Martínez

Universidad Complutense de Madrid. Asociación Española de Evaluación de Impacto Ambiental

D.ª Ana Pilar Espluga González de la Peña

Asociación Española de Evaluación de Impacto Ambiental

Comité Científico

D. Jorge Abad García

Ecología y Ordenación del Territorio. Asociación Española de Evaluación de Impacto Ambiental

D.ª Manuela Andrés Abellán

Universidad de Castilla La Mancha. Asociación Española de Evaluación de Impacto Ambiental

D.ª Rosa Arce Ruiz

Universidad Politécnica de Madrid

D.ª María Teresa de la Cruz Caravaca

Universidad Complutense de Madrid

D. Luis A. Desdentado Gómez

Asociación Española de Evaluación de Impacto Ambiental

D. Manuel Díaz Martín

Asociación Española de Evaluación de Impacto Ambiental

D.ª Alejandra Ezquerro Canalejo

Universidad Politécnica de Madrid

D. Óscar García Zamora

IDEMA, Ideas Medioambientales S.L. Asociación Española de Evaluación de Impacto Ambiental

D.^a Ainhoa González del Campo

Asociación Española de Evaluación de Impacto Ambiental

D. Javier Granero Castro

TAXUS S.A. Asociación Española de Evaluación de Impacto Ambiental

D. Juan Miguel Martínez Orozco

Universidad Europea de Madrid. Asociación Española de Evaluación de Impacto Ambiental

D. José Antonio Molina Abril

Universidad Complutense de Madrid

D. Luis Moreno Merino

Instituto Geológico y Minero de España

D. Francisco Muñoz García

Dirección General de Calidad y Evaluación Ambiental y Medio Natural. MAGRAMA

D. Federico Navarro García

Universidad Complutense de Madrid

D.^a Isabel Otero Pastor

Universidad Politécnica de Madrid

D. Íñigo Sobrini Sagaseta de Ilúrdoz

ICMA-Ingenieros Consultores Medio Ambiente SL. Asociación Española de Evaluación de Impacto Ambiental

*En memoria del Dr. Lynton K. Caldwell,
artífice de los principios que sustentan
la Evaluación Ambiental, en el centenario
de su nacimiento (1913-2006)*

Acto de Apertura

Intervención de Federico Ramos	19
Intervención de IÑIGO SOBRINI	23
Comité de Honor	27
Conclusiones del VII CONEIA	29

BLOQUE I: Aspectos innovadores

Análisis morfométrico y batimétrico de precisión del “Lago del Valle” <i>Rodríguez García, J.; Granero Castro, J.; Cordón Ezquerro, J.; Fernández González, E.A.</i>	33
Aplicación de lodos de depuradura a suelos agrícolas y su implicación en el ciclo de carbono. Recomendaciones para el Marco Normativo . <i>Sergio González Ubierna, Ignacio Jorge Mardomingo, Beatriz Carrero González, María Teresa de la Cruz Caravaca y Miguel Ángel Casermeiro Martínez.</i>	39
Herramientas innovadoras para el análisis de impactos: Biodata <i>Santos Holgueras, R; Oyanguren Ureta, I; Bellido Díez, J; Barroso Arroyo, JC; Tazo Herrán, I.</i>	47
Factores determinantes en la calidad de la evaluación del impacto acústico en vías de comunicación: conclusiones de la aplicación del modelo francés en carreteras españolas <i>Castellote Varona, C.; Barba, A.; Martínez-Orozco J.M.</i>	53
Instalación de vallas de interceptación como medida para evitar atropellos de anfibios: el caso de la pista de acceso al parque eólico “El Segredal” (Asturias) <i>Alexis Puente Montiel; Javier Cordón Ezquerro; Alea Pulgar Noriega; Javier Granero Castro</i>	63
Medición de propiedades biológicas del suelo como indicador de impacto ambiental en el uso de enmiendas agrícolas <i>Jorge Mardomingo, I., González Ubierna, S., Carrero González, B., de la Cruz Caravaca, M^a.T., Casermeiro Martínez, M.A.</i>	69

Persistencia de patógenos en un suelo agrícola tras su fertilización con residuos urbanos: necesidad de la evaluación del proceso	75
<i>Nadal Rocamora, I; Platero Alonso, L; Gondim-Porto, C; Navarro-García, F</i>	
Plataforma de difusión y demostración de la observación terrestre para aplicaciones medioambientales	83
<i>Arboleya Arboleya, Ana; Álvarez Muñiz, Jana; Las-Heras Andrés, Fernando;</i>	

**BLOQUE II:
Estudios de casos**

Caracterización ecológica de las Riberas del monumento natural Laguna del Arquillo como base para su recuperación y restauración	95
<i>Hernández Murat, R; Domínguez del Valle, J; Monteagudo Martínez, L.A.</i>	
Caracterización de los impactos que genera la industria de áridos en Canarias	105
<i>De Torres Domínguez, Damián y Gutiérrez Llarena, Francisco</i>	
Determinación del grado de colmatación del embalse de Valle I mediante estudios batimétricos y herramientas SIG	113
<i>Granero Castro, J.; Cordón Ezquerro, J.; Rodríguez García, J.; Montes Cabrero, E.</i>	
Estudio de la calidad del agua de dos ríos del occidente de México y su contribución al impacto de la explotación hidroeléctrica	121
<i>García Velasco, J; Contreras Rodríguez S; Orozco Medina M; Rodríguez Pérez B; Barajas García C; Hernández Pérez G; Parada Guajardo N.</i>	
Resumen de cuatro estudios de fauna realizados para el proyecto constructivo de la línea de alta velocidad Madrid-Extremadura / frontera portuguesa (Tramo Madrid-Oropesa)	127
<i>Gutiérrez Contreras, M; García de la Morena, E; García González, FJ</i>	

**BLOQUE III:
Evaluación ambiental de planes y programas**

El nuevo Decreto por el que se regula la Evaluación Ambiental Estratégica en la CAPV. Un esfuerzo por incorporar la componente ambiental desde las etapas iniciales del Planeamiento	143
<i>Oyanguren Ureta, I; Santos Holgueras, R;</i>	

El “Screening” y su aplicación a la evaluación ambiental estratégica de planes urbanísticos en la Comunidad Autónoma de Aragón	149
<i>Abad García, J.</i>	

BLOQUE IV: Evaluación ambiental estratégica y cambio climático

Aspectos prácticos del cálculo de la huella de carbono (Aplicación al reciclado de vehículos)	159
<i>Mas Alique, P; Muñoz Jiménez, D</i>	
La consideración del cambio climático en la evaluación ambiental de infraestructuras de transporte	165
<i>García Sánchez-Colomer, MR; Ruiz Arriaga, S.</i>	

BLOQUE V: Evaluación, vigilancia y control proyectos

Análisis sobre la recuperación del lobo ibérico en la Comunidad de Madrid	175
<i>Fernández Domínguez, E; Mateo Sánchez, MC; Iglesias Merchán, C</i>	
Conclusiones del plan de vigilancia ambiental desarrollado entre 2004 y 2012 en el parque eólico Penouta (Boal, Asturias)	181
<i>Sánchez Arango, M.; Granero Castro, J.; Ferrando Sánchez M.; Montes Cabrero, E.; Rodríguez García, J.; Viñuela Álvarez, A.</i>	
¿Conocemos los costes de la evaluación de impacto ambiental?: un análisis de la naturaleza y alcance económico de la integración ambiental en proyectos de obra pública	193
<i>Casado Morillo, R.; Fernández Sánchez, G.; Martínez Orozco, J.M.</i>	
Directrices para el Diseño de Programas de Vigilancia Ambiental de Instalaciones <i>Offshore</i>	203
<i>Sánchez Arango, M.; Granero Castro, J.; Rodríguez García, J.; Puente Montiel, A.</i>	
Evolución de las medidas compensatorias en los procedimientos de evaluación de impacto ambiental	211
<i>Álvaro Enríquez de Salamanca Sánchez-Cámara y María José Carrasco García</i>	

Los programas de vigilancia ambiental en la ejecución de proyectos de desalación	225
<i>Delgado Acosta, P., González Sánchez, E.</i>	
Metodología de valoración cualitativa de impactos ambientales basada en técnicas de decisión multicriterio	235
<i>Fuentes Bargues, JL</i>	
Repercusiones ambientales y técnicas de la aparición de impactos no detectados en el proceso de evaluación	247
<i>Parra Prado, J., González Sánchez, E.</i>	
Revisión crítica de los protocolos de seguimiento de fauna en parques eólicos: situación actual y propuestas de mejora	257
<i>Alexis Puente Montiel; Eloy Montes Cabrero; Javier Cordón Ezquerro; Javier Granero Castro; María Sánchez Arango</i>	

**BLOQUE VI:
Gestión ambiental en la industria**

Huella de carbono como indicador en la evaluación ambiental	267
<i>Jiménez Rayado, A.; Sobrini Sagaseta de Ilurdoz, I. M.</i>	
Importancia de los planes de vigilancia ambiental durante la fase de construcción en parques eólicos	275
<i>Pulgar Noriega, A.; Ferrando Sánchez, M.; Granero Castro, J.</i>	
La evaluación de impacto ambiental como criterio de adjudicación de obras	285
<i>Fuentes Bargues, JL</i>	

**BLOQUE VII:
La evaluación ambiental en el sector energético**

Análisis de los riesgos asociados a la instalación de líneas eléctricas aéreas, mediante herramientas SIG	297
<i>Montes Cabrero, E.; Rodríguez García, J.; Granero Castro, J.; Sánchez Arango, M.; Puente Montiel, A.</i>	

Análisis socioambiental para la identificación de sitios para parques eólicos en la región del Istmo de Tehuantepec, Oaxaca, México	305
<i>Contreras Rodríguez, SH.</i>	
Alumbrado exterior y el medio ambiente	315
<i>Gutiérrez Escolar, A; Castillo Martínez, A;</i>	
<i>Gómez Pulido, JM; Gutierrez-Martinez, JM</i>	
Los hábitats de interés comunitario: reflexiones sobre su consideración en la evaluación de impacto ambiental	325
<i>De la Nuez, A; Oñorbe, M;</i>	
<i>Abascal, M; San Millán, R; Salinas, A</i>	
Nuevas metodologías para el análisis del impacto paisajístico en estudios de impacto ambiental. Análisis de alternativas, del impacto visual y de efectos sinérgicos	333
<i>Escrivà Camarena, C.; Murillo Morón, F. J.; Arcocha Azcue, C.;</i>	
<i>Urquijo Pagazaurtundua, J.; Sanchez-Marmol Gil, L.</i>	
Revisión de las causas y consecuencias de la contaminación lumínica .	341
<i>Castillo Martínez, A; Gutiérrez Escolar, A; Gutierrez-Martinez, JM;</i>	
<i>Gómez Pulido, JM</i>	

BLOQUE VIII: **La evaluación de impactos** **en la Cornisa Cantábrica**

Consideraciones sobre el empleo del indicador biológico “macroinvertebrados bentónicos” y la métrica m-ambi en el plan de vigilancia ambiental del puerto de El Musel (Asturias)	351
<i>Gómez de la Torre V.; Granero Castro J.;</i>	
<i>González Arenales M.</i>	
Estacionalidad del “Estado básico” del río Nalón, aguas abajo de la Central Térmica de Soto de Ribera (Asturias)	359
<i>Sánchez Arango, M.; Granero Castro, J.;</i>	
<i>Rodríguez García, J.; Puente Montiel, A.;</i>	
Evaluación ambiental de un plan de explotaciones mineras de carbón en el Marco de la Red Natura 2000. Caso práctico de aplicación metodológica	369
<i>González Martín, J.M.</i>	

Impacto ambiental relacionado con la construcción de los Túneles de Pajares en el norte de León	395
<i>Valenzuela, P; Domínguez-Cuesta, MJ; Jiménez-Sánchez, M; Meléndez-Asensio, M y Sáenz de Santa María, JA.</i>	

Seguimiento de especies protegidas en el entorno de las obras de la planta de regasificación de gas natural licuado de El Musel (puerto de Gijón, Asturias)	403
<i>Alexis Puente Montiel; Alea Pulgar Noriega; Jessica Rodríguez García; Miguel Ferrando Sánchez; Javier Granero Castro</i>	

**BLOQUE IX:
Seguimiento de factores ambientales**

Consecuencias de la no aplicación del procedimiento de evaluación de impacto ambiental a proyectos de limnoembalses ("Diques de cola"): el caso del Limnoembalse de Pareja (embalse de Entrepreñas; provincia de Guadalajara, España)	413
<i>Sastre Merlín, A; Díaz-Carrión I; Martínez Pérez S; Molina Navarro E</i>	

Efectos de la severidad del fuego en la calidad del suelo del monte U.P. nº 133 "Ensanche de las Majadas" (Cuenca)	421
<i>Martínez-García, E.; Andrés-Abellán, M.; Wic-Baena, C.; Lucas-Borja, M.E.; López-Serrano, F.R.; García-Morote, F.A.; Rubio, E.</i>	

Estudio del riesgo de naturalización de Cactáceas en la zona Centro Peninsular	431
<i>Eduardo Sobrino Vesperinas, Damián de Torres Domínguez, Alberto González Moreno, David Mingot Martín, Enrique García Gómez</i>	

Evaluación temporal del impacto del fuego en la actividad microbiológica del suelo en un bosque mediterráneo	437
<i>Wic Baena, C.; Andrés Abellán, M; Lucas Borja, M. E.; López Serrano, F. R; García Morote, F.A.; Martínez García, E.; Picazo Córdoba, M.I</i>	

Indicadores microbiológicos y bioquímicos del impacto ambiental causado por los tratamientos forestales en la Serranía de Cuenca	447
<i>Andrés Abellán, M; Wic Baena, C; Martínez García, E; Lucas Borja, ME; López Serrano, FR; García Morote, FA; Rubio, E; Picazo, MI</i>	

La biodiversidad local como indicador en cambios ambientales inducidos por una central fotovoltaica	461
<i>Domínguez del Valle, J.; Cervantes Peralta, F; Roldán Arroyo, J.M.</i>	

Análisis de los resultados obtenidos tras la instalación de sustratos artificiales para el muestreo de macroinvertebrados bentónicos, mediante el protocolo IBMWP, en ríos no vadeables	475
<i>Cordón Ezquerro, J.; Montes Cabrero, E.; Granero Castro, J.; Sánchez Arango, M.</i>	
Índice de Autores	483

Acto de Apertura



Intervención de Federico Ramos

Secretario de Estado de Medio Ambiente

Me resulta muy grato inaugurar el VII Congreso Nacional de Evaluación de Impacto Ambiental, y hacerlo en esta ciudad de Oviedo.

El Principado de Asturias, esta pequeña y apartada región del norte de España, como se refería a ella con cariño Jovellanos, ha conseguido que una de sus señas de identidad sea la protección del medio ambiente.

Este paraíso natural –tal y como reza vuestro conocido lema– comparte con Cantabria y Castilla y León, el Parque Nacional de Picos de Europa. Y, además de otras figuras de protección, tiene declarados cinco parques naturales: (i) Las Ubiñas-La Mesa, (ii) Ponga, (iii) Redes, (iv) Fuentes del Narcea, Degaña e Ibias y (v) Somiedo.

Por lo tanto, la organización del Congreso no ha podido elegir mejor lugar para discutir sobre cuestiones medioambientales.

El reto medioambiental de este tiempo es transformar nuestro modelo económico y social para hacerlo sostenible.

Nada de lo que hagamos en este terreno puede ser ajeno a este objetivo.

Esta preocupación se pulsa en todas las reuniones internacionales. Las conclusiones de la cumbre Río+20 son un buen ejemplo de ello.

Son muchas las reformas que hay que acometer, y el tiempo hace mucho que ha dejado de estar de nuestra parte. Tenemos que actuar.

Debemos propiciar cambios estructurales y tecnológicos que nos permitan reducir las emisiones de gases de efecto invernadero.

Tenemos que incrementar el uso de las energías renovables y mejorar nuestra eficiencia energética.

En definitiva, nuestras sociedades deben utilizar con eficacia los recursos.

Sabemos que si la Unión Europea logra disminuir su dependencia de los combustibles fósiles, en 2020 habremos ahorrado 60.000 millones de euros, en esta clase de importaciones.

Para lograr estos objetivos, la evaluación ambiental jugará un papel decisivo.

La evaluación ambiental estratégica de planes y programas permite integrar las consideraciones ambientales a largo plazo en los instrumentos de planificación.

Cuanto más precisa sea la evaluación estratégica y cuanto mejor tengamos definidos los aspectos ambientales en los planes y programas, los poderes públicos y los agentes económicos podrán adoptar sus decisiones con más rapidez y garantía.

La evaluación ambiental de proyectos permite considerar anticipadamente los efectos que sobre el medio ambiente pueda tener una determinada actuación.

Este instrumento ha conseguido que la decisión sectorial tenga en cuenta las implicaciones ambientales.

Hoy en día nadie cuestiona que cualquier proyecto que afecte significativamente al medio ha de supeditarse a su integridad y protección.

Vista en perspectiva, la evaluación ambiental de proyectos ha supuesto la consagración del valor transversal del medio ambiente.

Nuestra aspiración debe dirigirse a perfeccionar el procedimiento de evaluación para que sea eficaz, ágil y rápido. Y se ciña únicamente a aquellos proyectos que verdaderamente puedan tener repercusiones ambientales.

La evaluación ambiental debe orientar el desarrollo y la actividad económica. En ningún caso convertirse en un obstáculo o una traba burocrática en la que mueran los proyectos.

Con la finalidad de mejorar el procedimiento de evaluación ambiental, nuestro Ministerio está trabajando en un nuevo texto legal.

El principal objetivo es potenciar y mejorar la prevención ambiental, como mejor modo de proteger y evitar la degradación de nuestros recursos.

Se regulará en una única ley, la evaluación ambiental estratégica y la de proyectos. Ambos procedimientos se simplifican y tendrán un esquema similar.

Como novedad, el anteproyecto integra en la evaluación ambiental, los efectos del cambio climático.

Un elemento central de esta reforma es conseguir un alto nivel de integración entre la ley estatal y las autonómicas.

Tenemos que superar el fraccionamiento normativo en esta materia. Las Comunidades Autónomas, en el ejercicio de sus competencias, pueden establecer mecanismos adicionales de protección que atiendan a sus singularidades.

Pero no es bueno para el sistema que proliferen diferentes procedimientos de evaluación, sin una clara justificación ambiental.

Nuestra propuesta legislativa refortalece el papel de la Comisión Sectorial de Medio Ambiente. Consideramos que es el foro adecuado para diseñar un marco normativo sobre evaluación ambiental, que sea concertado.

En ese esfuerzo, el borrador de anteproyecto ha establecido una regulación exhaustiva. Con el propósito de facilitar que las Comunidades Autónomas

puedan remitirse a la norma estatal, cuando así lo consideren oportuno, y a salvo de sus peculiaridades organizativas.

Permítanme que cite una de las propuestas que ha formulado el Consejo Económico Social en su informe de 2012 sobre medio ambiente en el que subraya la necesidad de aumentar «la eficiencia y la eficacia de la intervención pública en materia medioambiental a través de la fijación de objetivos comunes, de la vertebración de las políticas desplegadas por las distintas Administraciones y la armonización de los instrumentos de gestión ambiental».

Si los desafíos medioambientales trascienden los límites administrativos, los poderes públicos debemos esforzarnos en concertar nuestras políticas, superando las diferencias competenciales.

El anteproyecto normativo regula, por primera vez en nuestro país, los llamados bancos de conservación de la naturaleza.

Un instrumento dirigido a fomentar la conservación, otorgando un valor de cambio a quienes voluntariamente creen o mejoren activos naturales que ulteriormente serán titulizados.

Y esos títulos podrán constituir medidas compensatorias o complementarias, de las previstas en la legislación de evaluación ambiental.

De este modo, los promotores que deban implantar una medida compensatoria, podrán acudir a un banco de conservación y adquirir los títulos ambientales que se correspondan con aquella medida.

Este mecanismo facilitará el seguimiento de la declaración de impacto ambiental, con la ventaja de que, en ese momento, la medida compensatoria ya estará ejecutada.

Desde la Secretaría de Estado de Medio Ambiente estaremos muy atentos, a los debates y a las conclusiones de este Congreso. Estamos seguros de que algunas de sus conclusiones podrán incorporarse a la propuesta de ley de evaluación ambiental.

Espero que el debate sea fecundo y que contribuya a mejorar este potente instrumento que es la evaluación ambiental. Sin olvidar que el verdadero fin que a todos nos convoca es conseguir un desarrollo sostenible, inteligente e integrador.

Muchas gracias.

Intervención de ÍÑIGO SOBRINI

Presidente de la Asociación Española de Evaluación
de Impacto Ambiental

Estamos aquí reunidos para dar el pistoletazo de salida a la séptima edición del CONEIA - Congreso Nacional de Evaluación de Impacto Ambiental. Es una ocasión muy señalada para nuestra Asociación, pues este es el año en que celebramos su veinte aniversario. Fue en 1992 cuando se firmó el acta de constitución y se aprobaron aquellos primeros estatutos, y en febrero de 1993 cuando fue efectiva su inscripción en el Registro de Asociaciones del Ministerio del Interior. Desde entonces, la principal actividad de la Asociación ha sido la organización de estos congresos, que se iniciaron en 1995 con la “Primera Semana de Evaluación de Impacto Ambiental”, modalidad que se mantuvo también en la segunda edición.

A partir de 2005 adoptamos el formato de congreso de tres días, con carácter bienal, y que con la denominación de CONEIA se ha repetido ininterrumpidamente cada dos años hasta el día de hoy. El esfuerzo que supone para una Asociación como la nuestra, tan específica y monotemática, dedicada únicamente a la evaluación ambiental, la organización de un congreso como el que hoy iniciamos, es inmenso. Por eso, mis primeras palabras tienen necesariamente que ser de agradecimiento a los miembros de los Comités Organizador y Científico, que son los que hacen posible el CONEIA. En esta edición, mi reconocimiento especial se dirige a Javier Granero, delegado territorial de la Asociación en Asturias, quien hace dos años asumió la responsabilidad de traer a su tierra el CONEIA, y ahora recoge el fruto de su trabajo, y a Miguel Angel Casermeiro, presidente del Comité Científico y que hoy no puede acompañarnos por una lamentable desgracia familiar.

Aquí hemos encontrado el total apoyo de la ciudad de Oviedo, que desde su Ayuntamiento colabora en la financiación del Congreso y ha puesto a nuestra disposición este fabuloso Palacio de Congresos. Esta tarde disfrutaremos de una visita guiada al centro histórico de la ciudad, antesala de lo que recomendamos a todos los asistentes, que es prolongar su estancia en Oviedo más allá del CONEIA y recrearse en sus maravillas y con sus gentes. Por ello, Alcalde, muchas gracias.

Estamos en una región de comarcas mineras. En las minas antaño era frecuente bajar a los pozos acompañados de un pajarillo enjaulado, generalmente un canario, que servía de indicador para los mineros. Si el canario moría, era síntoma de que algo iba mal y había que abandonar de inmediato la actividad.

Pues bien, cada día desaparecen en el mundo entre 150 y 200 especies, especies que al igual que el canario muerto para el minero, nos están indicando que algo no va bien y que debemos cambiar el rumbo de nuestra actividad. La evaluación de impacto ambiental no puede por sí sola cambiar el rumbo de esta deriva, pero nos permite, nos debería permitir, anticiparnos y adoptar las decisiones más sensatas.

En el Principado, este cometido lo desarrolla la Consejería de Fomento, Ordenación del Territorio y Medio Ambiente, cuya colaboración en la organización de este Congreso agradecemos sinceramente, pues somos conscientes de las limitaciones que las actuales circunstancias imponen. Por eso, Consejera, muchas gracias.

Todos los que aquí nos reunimos trabajamos en nuestro día a día en temas relacionados con la evaluación ambiental. Somos testigos de primera mano y a la vez protagonistas de los avatares por los que transcurre, y por eso vivimos estos días de incertidumbre con especial preocupación.

Evidentemente me estoy refiriendo a la crisis económica y social que nos azota, y que en su devenir puede llevarse por delante lo que con tanto esfuerzo se ha conseguido en estos cuarenta años de vida de la evaluación ambiental en el mundo, casi treinta años en España. O no, quizá tengamos la oportunidad de repensar todo lo acometido hasta la fecha y racionalizar nuestros planteamientos, los procedimientos, las metodologías, de manera que nos libremos de aquello que, mirando retrospectivamente hacia atrás, vemos que ha lastrado durante este tiempo esta herramienta de protección ambiental, de cuya necesidad ya nadie duda, aunque si de su eficacia.

En la actualidad está en proceso la modificación de la Directiva Europea sobre evaluación de impactos de proyectos. En España está en proceso igualmente la modificación de nuestra Ley de Evaluación de Impacto Ambiental. Es evidente la necesidad de su reforma, pero es evidente también la necesidad de que esta reforma sea acertada. No es sostenible un sistema de protección ambiental en el cual su marco básico de funcionamiento, es decir, la ley que lo regula, se modifica cada pocos años. Recordemos que las múltiples modificaciones que había sufrido la inicial Ley de 1986 provocaron que en 2008 se aprobara un texto refundido de la misma. Tan sólo dos años después, en 2010, se aprobó una modificación de dicho texto legal, y ahora se promueve de nuevo su reforma.

Es imperioso que la nueva Ley, en caso de que finalmente se proponga su modificación y se apruebe, recoja todas las consideraciones técnicas sobre la materia. No me refiero solamente a las técnico-jurídicas, que también, sino a las que permitan alcanzar su objetivo primero, y diría que único, que son las de la propia evaluación ambiental: aquellas que permitan identificar las consecuencias futuras de una acción propuesta y tras valorarlas proponer, y llegado el caso imponer, las adecuadas medidas protectoras, correctoras, compensatorias y de control, que hagan ambientalmente viable dicha acción. El principio fundamental

que debe emparar toda ley de evaluación ambiental es el de la prevención, y en esto no se puede ser condescendiente. Debemos, y utilizo intencionadamente la primera persona del plural pues es responsabilidad de todos, no solo de los legisladores, repito debemos evitar que cualquier modificación normativa promueva o tan solo permita una relajación de los estándares de protección ambiental de los que ahora gozamos. Digo gozamos porque en este sentido somos unos verdaderos afortunados, en contraposición con otras sociedades que en muchas partes del mundo sufren niveles insoportables de degradación ambiental, debido a que carecen de esta herramienta de prevención ambiental que es la evaluación de impacto.

En España, la iniciativa de modificar la Ley estatal la abanderó el Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente. El MAGRAMA cuenta para ello con toda nuestra colaboración, leal y sincera. Como contamos nosotros con el MAGRAMA para organizar el CONEIA. Siempre nos ha ofrecido toda su ayuda, institucional, financiera y de contenidos. La mejor prueba es la presencia del Secretario de Estado de Medio Ambiente en este acto, a quien doy especialmente las gracias por acompañarnos y por su contribución.

Cuando hablamos de Evaluación de Impacto, hablamos de participación pública. Sin embargo, la participación pública no debe entenderse sólo como la presentación de alegaciones en los procedimientos reglados de evaluación de impacto ambiental de proyectos, o estratégica de planes y programas. Los ciudadanos pueden también aprovechar otros instrumentos que nos permite nuestro Estado de Derecho para participar de la Cosa Pública. Así se entienden las quejas y propuestas que cada año se presentan al Defensor del Pueblo. Esta institución, muchas veces desconocida para la inmensa mayoría de los ciudadanos, además de recibir las quejas de los ciudadanos, realiza también investigaciones de oficio. Todo ello se recoge en sus Memorias Anuales o informes temáticos como el publicado en 2010 sobre Agua y Ordenación del Territorio.

De todo ello nos va a hablar Doña Soledad Becerril, Defensora del Pueblo, quien precisamente en el día de ayer presentó en el Congreso de los Diputados, el Informe Anual de la Institución correspondiente a 2012.

Para terminar, sólo me queda dar las gracias a nuestros patrocinadores, que con su apoyo económico posibilitan el CONEIA, de manera especial a Red Eléctrica de España, Gas Natural Fenosa, Tragsa, Taxus Medioambiente, Asturgold, AEPA, EDP, Generalitat de Cataluña, Eon, EOI, además de los ya citados MAGRAMA, Consejería de Medio Ambiente del Principado y Ayuntamiento de Oviedo.

Y por supuesto, a todos ustedes, que con su asistencia y participación dan vida al CONEIA. Les animo a participar activamente en todas las sesiones, lo que posibilitará que esta edición resulte muy fructífera para todos.

MUCHAS GRACIAS

Presidente

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

Miembros

Sr. D. Javier Fernández Fernández

Presidente del Principado de Asturias

Sr. D. Miguel Arias Cañete

Ministro de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente

Sra. Da. Ana Pastor Julián

Ministra de Fomento

Sr. D. Agustín Iglesias Caunedo

Alcalde de Oviedo

Sra. Da. Soledad Becerril

Defensora del Pueblo

Sr. D. Luis Planas Puchades

Consejero de Agricultura, Pesca y Medio Ambiente de la Junta de Andalucía

Sra. Da. Belén Fernández González

Consejera de Fomento, Ordenación del Territorio y Medio Ambiente del Principado de Asturias

Sr. D. José Miguel Pérez García

Vicepresidente y Consejero de Educación, Universidades y Sostenibilidad del Gobierno de Canarias

Sra. Da. María Luisa Soriano Martín

Consejera de Agricultura de la Junta de Comunidades de Castilla La Mancha

Sr. D. Antonio Silván Rodríguez

Consejero de Fomento y Medio Ambiente de la Junta de Castilla y León

Sr. D. Lluís Recorder i Miralles

Conseller del Departament de Territori i Sostenibilitat de la Generalitat de Catalunya

Sr. D. Agustín Hernández Fernández de Rojas

Conselleiro de Medio Ambiente, Territorio e Infraestructuras de la Xunta de Galicia

Sr. D. Borja Sarasola Jaudenes

Consejero de Medio Ambiente y Ordenación del Territorio de la Comunidad de Madrid

Sr. D. Manuel Campos Sánchez

Consejero de Presidencia de la Comunidad Autónoma de la Región de Murcia

Sra. Da. Pilar Unzalu Pérez de Eulate

Consejera del Departamento de Medio Ambiente, Planificación Territorial, Agricultura y Pesca del País Vasco

Sra. Da. Isabel Bonig Trigueros

Consellera de Infraestructures, Territori i Medi Ambient de la Generalitat Valenciana

Sr. D. Luis Sánchez

Presidente de la Internacional Association for Impact Assessment (IAIA)

Conclusiones del VII CONEIA

Como conclusión general, se reivindicó el papel enriquecedor de la Evaluación Ambiental (EA) para mejorar los Planes, Programas y Proyectos.

“Si bien no siempre se está sacando de esta herramienta el provecho que se podría, la EA es una herramienta eficaz para optimizar las actuaciones humanas previstas en sus vertientes ambiental y social, y a partir de éstas incluso económica, también para aquellas con impacto global positivo”.

A continuación se enumeraron las deficiencias generales de la Evaluación de Impacto Ambiental (EIA) puestas de manifiesto durante el CONEIA, las reflexiones recogidas para trasladar a la Administración y las conclusiones respecto al Procedimiento, a la Calidad de los trabajos y a la Vigilancia ambiental.

Deficiencias generales puestas de manifiesto en la EIA

- Resultados impredecibles.
- Complejidad de procedimientos.
- Retraso de las tramitaciones.
- Duplicidades de competencias entre Administraciones.

Administración

- La Administración debe fomentar la aplicación efectiva y decidida de nuevas tecnologías y medios telemáticos, fundamentales para mejorar la información pública.
- Deberían hacerse accesibles los datos del seguimiento de actuaciones anteriores sometidas a evaluación.
- Se debe dotar al Órgano Ambiental de suficientes medios humanos y materiales para llevar a cabo adecuadamente las funciones de la Administración, tanto en tramitación (retrasos, falta de acceso a la información, escasa disponibilidad de datos, participación pública..) como en vigilancia (inacción ante denuncias, falta de inspección, falta de medios para vigilancia).
- Proponemos la creación de una ventanilla única para procedimientos ambientales: integrar en la EA todas las autorizaciones ambientales preceptivas (impacto ambiental, vertidos, emisiones, afecciones a Red Natura, patrimonio natural y cultural, sobre la salud, ...).

- Si se aplican tasas para la tramitación de la EA, éstas deben ser justas, proporcionadas a la actuación y no confiscatorias.

Procedimiento

- El "scoping" es una herramienta imprescindible para definir el Documento de Referencia (DR), que es básico para el buen desarrollo de todo el procedimiento de EA.
- El DR no puede ser algo estandarizado, debe incorporar la información obtenida en las consultas previas realizadas. Todos los órganos de la Administración deben aplicarse en emitir estos informes de sugerencias previas con celeridad y calidad.
- El Órgano Ambiental debe seleccionar adecuadamente aquellos órganos a los que solicita informe previo.
- Establecimiento de uno o varios procedimientos (según niveles) únicos a nivel nacional, de aplicación obligada tanto para la Administración General del Estado como para todas las Comunidades Autónomas.
- Se deben diferenciar los procedimientos, metodologías y tiempos de la EA de Planes y Programas y la EIA de Proyectos fomentando la evaluación en cascada.
- Debe fomentarse la comunicación entre los agentes implicados en todo el proceso de EA. Las DIAs, antes de ser firmes, deberían introducir una fase de alegaciones previa puesta de manifiesto de su propuesta al promotor.
- Caducidad de la DIA: menor periodo de vigencia (recomendable 2 años) y mayor rigor en la concesión de prórrogas.

Calidad de los trabajos

- Se debe fomentar la excelencia de los documentos ambientales, para lo cual se requiere que se doten de presupuestos suficientes.
- Los criterios ambientales deben formar parte de los parámetros utilizados para la adjudicación de contratos públicos.

Vigilancia ambiental

- Necesidad de retroalimentación de la vigilancia, de personas y de datos.
- Los documentos de seguimiento ambiental siguen siendo una asignatura pendiente. Harían falta informes estandarizados, normalizados, Guías metodológicas dinámicas, adaptables a cada tipología concreta, y actualizables.
- El Director Ambiental de Obra debería tener capacidad real de decisión.

Las conclusiones del VII CONEIA, se leyeron durante el Acto de Clausura del mismo.

BLOQUE I:
Aspectos innovadores



ANÁLISIS MORFOMÉTRICO Y BATIMÉTRICO DE PRECISIÓN DEL LAGO DEL VALLE

MORPHOMETRIC AND BATHYMETRIC PRECISION ANALYSIS OF “LAGO DEL VALLE”

RODRÍGUEZ GARCÍA, J.¹; GRANERO CASTRO, J.¹;
CORDÓN EZQUERRO, J.¹; FERNÁNDEZ GONZÁLEZ, E.A.²

¹ Área de Medio Ambiente y Sostenibilidad TAXUS MEDIO AMBIENTE,
Oviedo-Asturias jrodriguez@taxusmedioambiente

² EDP Centrales Hidráulicas y Gestión de Energía, Oviedo-Asturias
emifer@edpenergia.es

Palabras clave: Batimetría, morfometría, Lago del Valle, SIG, sonda monohaz

Resumen:

Como parte integrante del Seguimiento Ambiental del Potencial Ecológico y Estado Trófico de varios embalses de HC Energía, se ha realizado el análisis morfométrico y batimétrico de precisión del Lago del Valle (embalse de Valle II).

Mediante perfiles transversales y longitudinales al lago, y con la ayuda de una ecosonda batimétrica monohaz, se ha realizado el modelo digital de profundidades del Lago del Valle.

Tras el tratamiento y corrección de los datos, se ha calculado el modelo batimétrico actual a través de herramientas SIG.

La presente comunicación pretende aportar los datos morfométricos y batimétricos actuales del Lago del Valle, así como el desarrollo metodológico de los estudios realizados.

Introducción

A petición de la empresa EDP, titular del aprovechamiento hidroeléctrico de distintos embalses, y con la autorización del Gobierno del Principado de Asturias; se ha realizado el presente Estudio Batimétrico, como parte integrante del Seguimiento Ambiental del Potencial Ecológico y Estado Trófico de varios embalses.

El Lago del Valle está situado en la zona suroccidental de Asturias, en el concejo de Somiedo a 1.545,5 m. Se encuentra incluido dentro de varias figuras de

protección: Parque Natural de Somiedo, Reserva de la Biosfera de Somiedo, Monumento Natural del Conjunto Lacustre de Somiedo, entre otras.

El lago actual, es el resultado de numerosas modificaciones de una laguna primitiva de origen glaciar, de unos 15 m de profundidad teóricamente y forma arriñonada.

El estudio batimétrico que se presenta, tiene como objetivo servir de base para posteriores estudios del lago, ya que nunca se había realizado con tanta precisión.

Material y Métodos

Con la ayuda de una embarcación neumática y a través de una ecosonda batimétrica monohaz modelo *Midas Surveyor* de alta frecuencia, acompañada de un transductor de 210 kHz y un GPS *Ashtech A12*, se obtuvieron datos x, y, z de toda la superficie del lago, realizando transectos transversales y longitudinales a la superficie del mismo.



Figura 1. Ecosonda MIDAS SURVEYOR y GPS asociado (imagen izquierda). Transductor sumergido (imagen derecha).

Tabla 1. Características técnicas de la ecosonda y GPS.

ECOSONDA MIDAS SURVEYOR - TRANSDUCTOR	
Frecuencia	210 kHz
Precisión	± 0,01 m
Resolución	0,01 m
Rango toma de datos	0,3-100 m
GPS Ashtech A12	
Precisión	± 2 m

La información es almacenada en el cuerpo de la sonda, a través del cual y mediante el software anexo a la misma, *SurveyLog de Valeport Limited*, esa información es tratada.

Dicho software permite la transformación de los datos brutos, obteniendo finalmente archivos donde se recogen los datos x, y, z de cada punto del lago navegado, obteniendo una nube tridimensional de puntos de la superficie del lago. En este momento, es cuando se procede a la revisión y eliminación de datos erróneos.

Esta información es integrada con las cotas por hora del embalse del día de muestreo y, la cota máxima de explotación del embalse (1.545,5 m para el lago del Valle). En el caso objeto de estudio, al carecer de tales cotas, se estimó que el nivel de agua embalsada el día de muestreo se encontraba a unos 3 m por debajo de su máximo, dato usado para el ajuste de las profundidades.

Posteriormente, se procede a la interpolación de estos datos mediante una herramienta SIG, TIN (*Triangulated Irregular Network*), herramienta que permite la interpolación de datos distribuidos espacialmente, obteniendo así un modelo digital de profundidad del embalse.

Tras obtener el modelo digital de profundidades del embalse, se calcula el volumen contenido entre un plano de referencia a una cota dada, y el TIN o modelo digital del terreno. Ello permite obtener el volumen de agua actual del embalse a cada metro de profundidad, obteniendo la curva cota-volumen del mismo.

Para el cálculo del volumen del embalse y el cálculo de algunos de los parámetros morfométricos se utilizaron herramientas SIG.

En el conjunto de imágenes adjuntas se muestra el proceso de tratamiento de los datos hasta obtener el modelado del embalse.

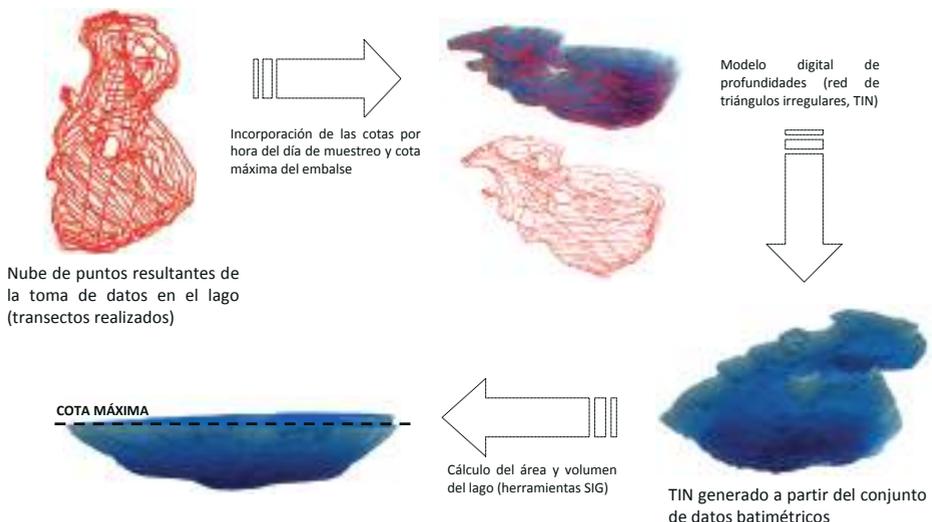


Figura 2. Capturas del proceso de tratamiento de datos.

Resultados

La batimetría fue realizada el 2 de agosto de 2012. Se registraron un total de 99.638 datos, de los cuales 939 fueron eliminados por su incongruencia con el resto.

Del estudio realizado se obtuvo que el lecho lagunar del lago se encuentra a una cota de 1.516,31 m.s.n.m., siendo la cota máxima del mismo de 1.545,5 m.s.n.m., lo que implica que la profundidad máxima del lago sea de 29,19 m.

En los gráficos adjuntos se representa la curva cota-volumen e hipsográfica del lago.

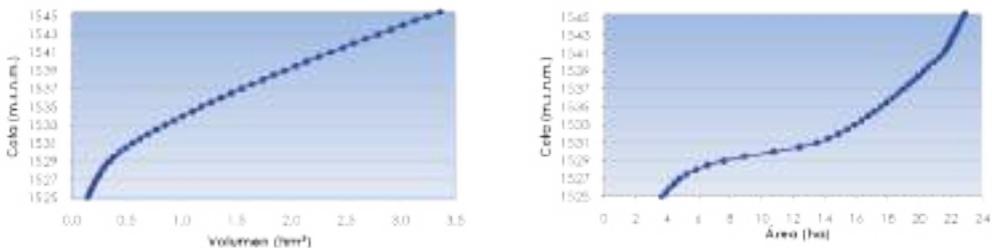


Figura 3. Curva Cota-Volumen (gráfico izquierda). Curva hipsográfica (gráfico derecha).

La curva cota-volumen representa la variación del volumen con respecto a la profundidad del lago; se observa como a medida que la profundidad es mayor el volumen disminuye.

La curva hipsográfica representa el área frente a la profundidad. En el gráfico se observa como a medida que aumenta la profundidad del lago el área se va reduciendo.

En la Tabla 2 se indican los valores de los parámetros morfométricos del lago de acuerdo a la batimetría realizada.

La relación entre las áreas de la cuenca de drenaje y el lago es muy pequeña, lo que teóricamente supone que el aporte de nutrientes a la cubeta es limitado. La relación de profundidad (cociente entre la profundidad media y la máxima), es un buen indicador de la forma de la cubeta de un lago, en este caso podría concluirse que la forma de la cubeta se aproxima a una forma parabólica ($\bar{Z}/Z = 0,5$) (1,2).

Tabla 2. Parámetros morfométricos del lago del Valle.

PARÁMETROS MORFOMÉTRICOS LAGO DEL VALLE		
A	Área del lago (ha)	22,9
P	Perímetro del lago (m)	2.361,52
Z	Profundidad máxima del lago (m)	29,19
\bar{Z}	Profundidad media del lago (m)	14,659
/Z	Cociente entre las profundidades media y máxima del lago	0,5
Zr	Índice de la profundidad relativa ($Zr = 50 Z \sqrt{\pi}/VA$)	5,41
V	Volumen del lago (hm^3)	3,36
L	Longitud máxima del lago (m)	709,77
W	Ancho medio del lago (m)	322,7
W_{máx}	Ancho máximo del lago (m)	455,58
L/W	Relación entre la longitud máxima y el ancho medio del lago	2,20
DI	Índice de desarrollo de costa ($DI = P/2\sqrt{\pi a}$)	1,39
Ad	Área de la cuenca de drenaje	33.959,70
A/Ad	Relación área de la cuenca de drenaje y área del lago	0,07
I_A	Área de las islas dentro de un lago (m^2)	2.148,58

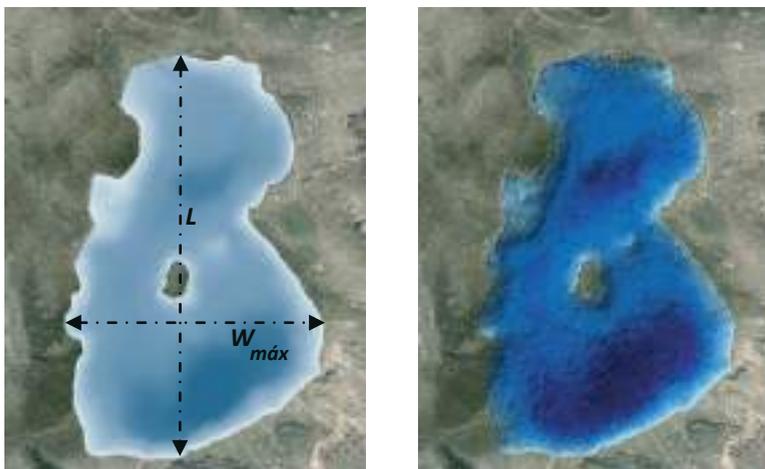


Figura 4. Modelo digital del lago del Valle. Longitud y ancho máximos (L , $W_{máx}$) (imagen izquierda). TIN del lago del Valle (imagen derecha).



Figura 5. Panorámica del lago del Valle realizada durante la realización de la batimetría (imagen superior). Técnicos realizando los transectos en el lago del Valle (imagen inferior izquierda). Vista de la presa norte, presa 1, del lago del Valle (imagen inferior derecha).

Referencias / Bibliografía

- (1) Borja E., Chicote A., González M.E., Montes C.; 1995. Batimetría y Análisis morfométrico del lago de Arreo (N. España). Departamento Interuniversitario de Ecología. Facultad de Ciencias. Universidad Autónoma de Madrid. *Limnética*, 11 (1):55-58. © Asociación Española de Limnología, Madrid.
- (2) Vega J.C., De Hoyos C., Aldasoro J.J., De Miguel J., Fraile H; 2005. Nuevos datos morfométricos para el Lago de Sanabria. *Limnética* 24 (1-2): 115-122. © Asociación Española de Limnología, Madrid. Spain. ISSN: 0213-8409.
- (3) Mosa, Sergio G., Núñez, Virgilio y Boso, Miguel A. Colmatación de los embalses de generación hidroeléctrica del noroeste argentino. Aplicación de nuevas metodologías batimétricas. *Aqua-LAC* - Vol. 1-Nº2 – Sep. 2009. pp 93-104.
- (4) Quiroz et al.; 2009. Los sistemas de información geográfica como herramienta en los estudios limnológicos. Caso de aplicación en un lago somero en ambiente de llanura, provincia de Buenos Aires, Argentina. *Revista Gestión y Ambiente*. Volumen 12 – No 2, Mayo a Agosto de 2009, Medellín. ISSN 0124.177X.

APLICACIÓN DE LODOS DE DEPURADORA A SUELOS AGRÍCOLAS Y SU IMPLICACIÓN EN EL CICLO DEL CARBONO. RECOMENDACIONES PARA EL MARCO NORMATIVO

SERGIO GONZÁLEZ UBIERNA, IGNACIO JORGE MARDOMINGO,
BEATRIZ CARRERO GONZÁLEZ,
MARÍA TERESA DE LA CRUZ CARAVACA
Y MIGUEL ÁNGEL CASERMEIRO MARTÍNEZ.

Departamento de Edafología, Facultad de Farmacia.
Universidad Complutense de Madrid. E-mail: sergonza@farm.ucm.es

Palabras clave: Lodos de depuradora, suelo agrícola, ciclo de carbono, respiración, legislación.

Resumen:

La aplicación de lodos de depuradora al suelo es la principal salida adoptada para este tipo de residuos. Sin embargo, la legislación europea y nacional no tiene en cuenta el impacto sobre los ciclos biogeoquímicos, cuya relevancia esta ahora siendo puesta de manifiesto en el contexto de cambio climático. Durante 4 años, hemos investigado el efecto de la dosis de aplicación y el tipo de lodo sobre el ciclo del carbono del suelo en un agro-ecosistema Mediterráneo semiárido. Investigamos la evolución de los diferentes grupos de carbono orgánico e inorgánico y la influencia sobre la respiración del suelo. Se aplicaron tres dosis (40, 80 y 160 Mg ha⁻¹) de dos tipos de lodos (lodos de depuradora digeridos aeróbica y anaeróbicamente), en un suelo calcáreo mediterráneo. El área de estudio se encuentra en el sureste de Madrid (España) y se caracteriza por un clima mediterráneo con un marcado contraste estacional y diario. Analizamos las formas orgánicas e inorgánicas de carbono del suelo y las emisiones de CO₂. Los resultados mostraron que el tipo de lodo y la dosis de aplicación influyen notablemente sobre el ciclo de carbono en el suelo. El lodo aerobio tiene un mayor efecto en el corto plazo, mientras que la enmienda con lodo anaerobio parece afectar menos al ciclo del carbono nada más producirse la enmienda, pero su efecto es más prolongado en el tiempo. La aplicación de enmiendas orgánicas en suelos calcáreos mediterráneos también modifica los reservorios de carbono inorgánico. Todos estos resultados se reflejan en las tasas de emisiones de CO₂ del suelo, con valores más altos en los suelos enmendados con lodos aeróbicos. De acuerdo con nuestros resultados, es necesaria una

revisión de las recomendaciones de la Unión Europea con respecto al uso de lodos de depuradora como enmienda agraria.

Introducción

La gestión de los residuos producidos en áreas urbanas es una prioridad en la política medio ambiental de la Unión Europea, tal y como refleja la Directiva 2008/98/EC. En la UE se producen aproximadamente 10 millones de toneladas de lodos de depuradora al año, lo cual exige el desarrollo y mejora de mecanismos medioambientales para su manejo. La Comisión Europea considera la aplicación de lodos de depuradora al suelo la solución más recomendable desde el punto de vista económico (1). En la legislación europea actual sobre lodos de depuradora, Directivas 86/278/EEC y 91/692/EEC, los criterios regulatorios establecen las dosis máximas de aplicación de lodos al suelo basándose exclusivamente en su contenido en metales pesados. Sin embargo, aún no se han desarrollado normativas que tengan en cuenta el impacto de este tipo de prácticas sobre los ciclos biogeoquímicos del suelo. El suelo es un actor fundamental en el ciclo global de carbono, a través de su ciclo biogeoquímico, y las emisiones de CO₂ del suelo son uno de los principales flujos de carbono en los ecosistemas terrestres. De hecho, el departamento de energía de los EEUU considera que las emisiones de CO₂ desde el suelo son cinco veces mayores que las producidas por la quema de combustibles fósiles (2). Por tanto, el manejo y el uso que se produzca sobre el suelo pueden influir de manera notable en uno de los mayores problemas ambientales del siglo XXI (3).

Material y Métodos

A lo largo de 4 años de trabajo hemos estudiado el efecto que tiene la aplicación de lodos de depuradora sobre el ciclo del carbono en un suelo agrícola. Se han estudiado los efectos de la dosis de aplicación (40, 80 y 160 tn/ha) y del tipo de lodo aplicado (digerido aeróbica y anaeróbicamente) sobre las formas de carbono del suelo (carbono orgánico total, carbono soluble, carbono lábil, carbono recalcitrante y carbono inorgánico) así como el impacto sobre las emisiones de CO₂ del suelo. Ambos proyectos se llevaron a cabo en las instalaciones experimentales de "La Isla", pertenecientes al Instituto Madrileño de Investigación y Desarrollo Rural, Agrario y Alimentario (IMIDRA).

Los lodos se aplicaron en parcelas independientes, siguiendo un diseño aleatorizado, formando tres bloques de parcelas, cada uno con una parcela de cada tratamiento y/o dosis, dejando una más sin enmendar como control. Tanto la aplicación de los lodos, como la toma de muestras y el análisis se hicieron siguiendo los protocolos ISRIC (4) y USDA (5). Las emisiones de CO₂ se midieron con un analizador de infrarrojos modelo Li-COR 8100 y las fracciones de carbono se midieron siguiendo la metodología propuesta por Rovira y Ramón-vallejo (6).

Las mediciones se realizaron trimestralmente durante dos años para cada uno de los proyectos, mientras que el CO₂ se midió quincenalmente.

Resultados y Discusión

La aplicación de lodos de depuradora al suelo aumentó el contenido en todas sus formas de carbono orgánico y, por tanto, el contenido en carbono orgánico total (7). Además, existe una relación directa entre la dosis de aplicación y el aumento del contenido en carbono orgánico (8), con una influencia determinante de los factores climáticos en la evolución de las formas de carbono. La evolución del contenido en carbono orgánico total varió en función del tipo de lodo aplicado, siendo una evolución mucho más rápida hacia los valores basales del suelo en los suelos tratados con lodos anaerobios, tal y como ya mostraron los resultados de Fernández et al. (9).

Las formas simples de carbono (lábil y solubles) aumentaron notablemente al inicio de la adición (10). Tanto en las formas solubles como en las lábil se ha documentado previamente un efecto de la dosis de aplicación (11), corroborado por nuestra experiencia. Sin embargo, la evolución de estas formas fue muy rápida, y estuvo fuertemente condicionada por factores climáticos. La proporción de formas lábil de carbono aumentó en otoño e invierno, cuando la actividad microbiana se ve reducida por las bajas temperaturas. Junto con las formas solubles, la rápida reducción de los valores de carbono lábil se explica por el consumo y posterior mineralización por parte de la microbiota del suelo (12). Esta rápida mineralización dio lugar a un proceso de activación de la respiración del suelo o "priming effect" (13).

En general, la aplicación de lodos aerobios generó un aumento mayor de las formas simples de carbono y, por tanto, una mayor emisión de CO₂ en el corto plazo. La fracción recalcitrante sufrió una evolución más lenta, no estando tan condicionada por los factores climáticos. Esta fracción del carbono se ha postulado como reservorio de carbono en el suelo, en posibles estrategias contra el cambio climático (3). Sin embargo, nuestros resultados han mostrado que solo la enmienda con lodos muy compostados y complejos podría funcionar en este sentido. Tanto el aumento inicial como la evolución de las formas de carbono estuvieron determinados por el tipo de residuo aplicado y la dosis a la que se aplicaron. Los suelos tratados con lodo aerobio mostraron la evolución más rápida, debido a la menor complejidad de sus formas de carbono. Por su parte los suelos tratados con lodo anaerobio aportaron más o menos la misma cantidad de carbono orgánico al suelo que los procedentes de digestión aerobia, pero la mayor polimerización de sus formas de carbono hizo que su mineralización fuera mucho más lenta. Además se ha encontrado un claro efecto de la dosis en la evolución de las formas de carbono, ya que las formas lábil se consumen más rápidamente en aplicaciones a bajas dosis (14).

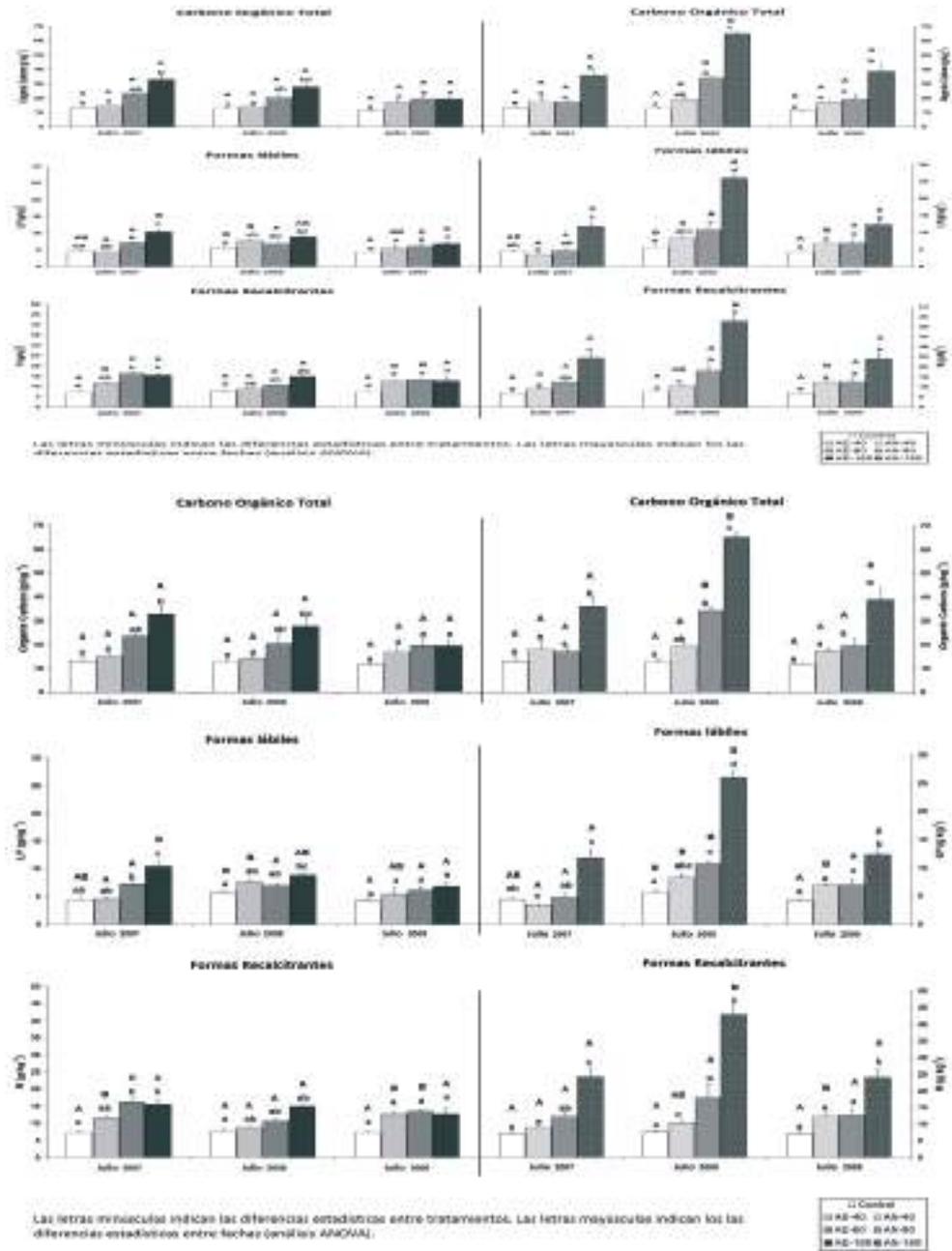


Figura 1. Contenido en carbono orgánico total y en sus fracciones en los suelos tratados con lodos de depuradora de tratamiento aerobio (AE) y anaerobio (AN).

Se observó un descenso del pH del suelo tras la aplicación de enmiendas debido a la generación de ácidos orgánicos durante el proceso de degradación

de la materia orgánica (15; 11). Esta disminución de pH condicionó el equilibrio entre las formas inorgánicas del carbono del suelo, produciendo un aumento del contenido en bicarbonatos, relacionado con el desplazamiento del equilibrio carbonato-bicarbonato hacia este último (16). Se ha documentado una reducción de bicarbonato en el suelo en condiciones de sequía estival con alta concentración de CO_2 (10), lo que produce un aumento de carbonato originado por un proceso de recarbonatación secundaria (17). Las formas inorgánicas de carbono pueden tener un sensible efecto sobre las emisiones de CO_2 del suelo, de hecho, Bertrand et al. (18) señala que, en suelos calcáreos, el 27% de la respiración del suelo se explica por la dilución de carbonatos debida a la disminución de los valores de pH.

En general, la aplicación de las enmiendas produjo un aumento de la tasa de emisión de CO_2 del suelo, relacionada con el tipo de lodo aplicado (19; 20; 11) y con la dosis de aplicación (21). En el corto plazo tras la adición los lodos con mayor presencia de formas simples de carbono (aerobios) mostraron tasas de respiración significativamente mayores que los suelos control o los tratados con lodos más complejas (anaerobios). La evolución de las tasas de respiración a lo largo del año también fue diferente en función del tipo de residuo añadido. Así, los suelos enmendados con lodos de digestión aerobia mostraron las mayores tasas de respiración tras la adición, pero al final del año sus emisiones de CO_2 fueron las menores de los suelos tratados. Por su parte, las emisiones de los suelos tratados con lodo anaerobio sufrieron una evolución contraria, la mayor complejidad de sus formas de carbono hizo que, tras la adición, mostraran los menores valores de entre los suelos enmendados, mientras que al final del año fueron los suelos que mayores tasas de respiración mostraron. Las diferencias entre el comportamiento de las emisiones de CO_2 inducidas por las enmiendas pueden explicarse en parte por su composición química y biodegradabilidad.

La tasa de descomposición de la materia orgánica en el campo después de insumos orgánicos no es sólo una función de las condiciones ambientales, sino también de la composición inicial de los lodos, que está influenciada por su fuente y el proceso de tratamiento (Smith et al. 2008). Los lodos digeridos aeróbicamente a menudo tienen contenidos de nitrógeno más altos que los digeridos anaeróbicamente. La naturaleza orgánica del carbono también difiere entre lodos digeridos aeróbica y anaeróbicamente (22). La composición del carbono orgánico del lodo de aguas residuales es variable, pero por lo general es más rica en alquil-C que en la materia orgánica del suelo. El proceso de digestión de los lodos disminuye su contenido total de carbono, y la digestión anaeróbica elimina gran parte de su alquil-C (23). La presencia o ausencia de estos dominios ricos en alquil-C en los lodos digeridos podría explicar el diferente comportamiento. La alta biodegradabilidad de estos grupos explicaría las mayores tasas de emisiones de CO_2 en suelos enmendados con lodos digeridos aeróbicamente (24).

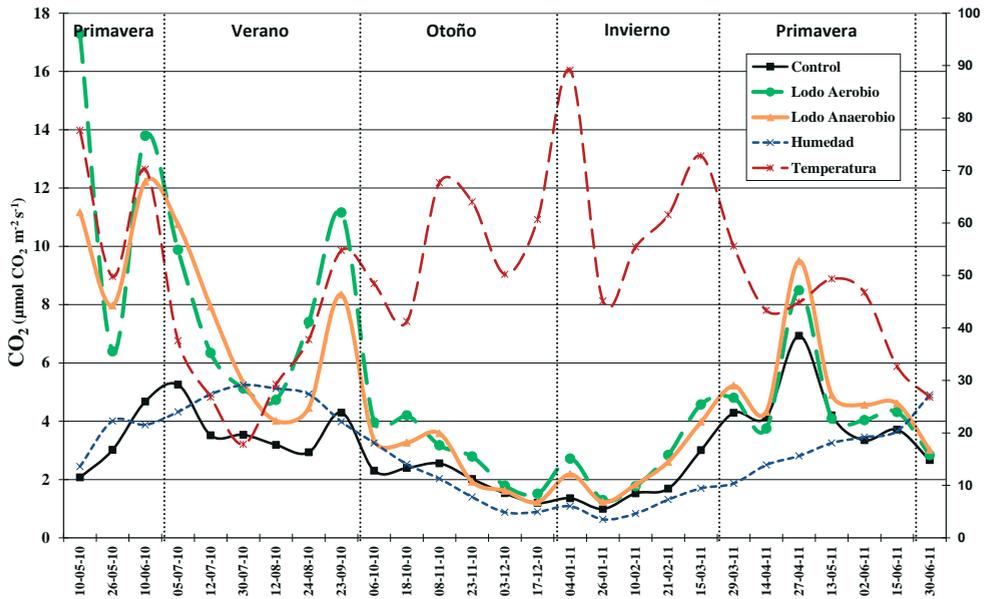


Figura 2. Respiración del suelo a lo largo del primer año tras la aplicación de los lodos de depuradora.

Por último, la aplicación de los lodos de depuradora al suelo modificó las relaciones entre el proceso de respiración y las variables climáticas. Así, se asume que bajo clima mediterráneo, la respiración está controlada por la interacción entre temperatura y humedad, con una significativa influencia de los pulsos de precipitación (25). La aplicación de los lodos incrementó la influencia de los procesos de precipitación, y sustituyó la interacción humedad-temperatura por el efecto simple de la temperatura como llave del proceso de respiración del suelo (7).

Conclusiones

Los resultados encontrados han puesto de manifiesto que la aplicación de lodos de depuradora al suelo tiene un notable efecto sobre las formas de carbono del suelo y sobre las emisiones de CO_2 edáfico. Según esto, el impacto de la aplicación de lodos al suelo debería de recogerse en futuras revisiones de la legislación nacional y europea, teniendo en cuenta, además, el tipo de suelo y clima.

La aplicación de lodos con formas de carbono simples (aerobios) provoca un aumento de las emisiones de CO_2 en el corto plazo, lo que hace que el aporte de carbono estable al suelo sea bajo. Los lodos más complejos (anaerobios) producen un cambio menor y más prolongado en el tiempo, con un mayor aporte de carbono estable al suelo y menores emisiones de CO_2 . Esto lleva a recomendar la aplicación de lodos complejos frente a lodos menos compostados.

La aplicación de los lodos modifica la relevancia de los factores climáticos (humedad y temperatura) sobre la emisión de CO_2 . Se produce un incremento

de la importancia de la temperatura y de los pulsos de precipitación sobre la respiración del suelo. Por tanto, se aconseja realizar la aplicación en periodos secos y de bajas temperaturas.

La dosis de aplicación influye de manera directa sobre la respiración del suelo, produciéndose un mayor efecto a dosis altas. Sin embargo, la tasa de consumo es más rápida en la aplicaciones a dosis bajas, por lo que del carbono aplicado, el % final que se mantendrá en el suelo será menor.

Referencias / Bibliografía

- (1). Hogg, D., Favoino, E., Nielsen, N., Thompson, J., Wood, K., Penschke, A., Economides, D., Papageorgiou, S. (2002). Economic Analysis of Options for Managing Biodegradable Municipal Waste. Final Report.
- (2). U.S. Department of Energy (DOE). Office of Science Office of Biological and Environmental Research. 2008. Carbon Cycling and Biosequestration Workshop Report. March 4–6 and 17–18, 2008.
- (3). Lal, R. (2004b). Soil carbon sequestration to mitigate climate change. *Geoderma*. 123: 1-22.
- (4). ISRIC. (2002). Procedures for soil analysis. International Soil Reference and Information Center (ISRIC). L.P. van Reeuwijk (Ed.).
- (5). Schoeneberger, P.J., Wysocki, D.A., Benham, E.C., Broderson, W.D. (editors) (2002). Field book for describing and sampling soils, Version 2.0. Natural Resources Conservation Service, National Soil Survey Center, Lincoln, NE.
- (6). Rovira, P., Ramón Vallejo, V. (2007). Labile, recalcitrant, and inert organic matter in Mediterranean forest soils. *Soil Biology and Biochemistry* 39: 202-215.
- (7). González-Ubierna, S., Jorge-Mardomingo, I., Cruz, M.T., Valverde, I. and Casermeiro, M.A. (2013). Sewage sludge application on Mediterranean agricultural soil: dose effects upon soil carbon cycle. *International Journal of Environmental Research*. In Press
- (8). Albiach, R., Canet, R., Pomares, F., Ingelmo, F. (2001). Organic matter components, aggregate stability and biological activity in a horticultural soil fertilized with different rates of two sewage sludges during ten years. *Bioresource Technology* 77(2):109-114
- (9). Fernández, J.M., Plaza, C., Hernández, D., Polo, A. (2007). Carbon mineralization in an arid soil amended with termally-dried and composted sewage sludge. *Geoderma* 137:497-503
- (10). González-Ubierna, S., Jorge-Mardomingo, I., Carrero-González, B., de la Cruz, M. T. and Casermeiro, M. A. (2012). Soil organic matter evolution after the application of high rates of organic amendments in a Mediterranean calcareous soil. *Journal of Soils and Sediments* 12 (8): 1257-1268.
- (11). Franco-Otero, V.C., Soler-Rovira, P., Hernández, D., López-De-Sá, E., Plaza, C.S. (2011). Short-term effects of organic municipal wastes on wheat yield, microbial biomass, microbial activity, and chemical properties of soil. *Biology and Fertility of Soils* 48: 205-216.

- (12). Ros, M., Hernandez, M. T. and García, C. (2003). Soil microbial activity after restoration of a semiarid soil by organic amendments. *Soil Biology and Biochemistry* 35 (3): 463-469.
- (13). Kuzyakov, Y. (2006). Sources of CO₂ efflux from soil and review of partitioning methods. *Soil Biology and Biochemistry* 38(3): 425-448.
- (14). Sommers, L.E., Nelson, D.W., Silveira, D.J. (1979). Transformations of carbon, nitrogen and metals in soils treated with waste materials. *Journal of Environmental Quality* 8: 287-294.
- (15). Antolín, M.C., Pascual, I., García, C., Polo, A., Sánchez-Díaz, M. (2005). Growth, yield and solute content of barley in soils treated with sewage sludge under semiarid Mediterranean conditions. *Field Crops Research* 94(2-3): 224-237.
- (16). Serrano-Ortiz, P., Roland, M., Sanchez-Moral, S., Janssens, I.A., Domingo, F., Goddérís, Y., Kowalski, A.S. (2010). Hidden, abiotic CO₂ flows and gaseous reservoirs in the terrestrial carbon cycle: Review and perspectives. *Agriculture and Forest Meteorology* 150: 321–329.
- (17). Ruellan A. (1999). The main rules of soil distribution in the Mediterranean World. In: Bech, J. _Ed., Extended Abstracts Volume. 6th International Meeting of Soils with Mediterranean Type of Climate. *Opening Lecture*. pp 31-32
- (18). Bertrand, I., Delfosse, O., Mary, B. (2007). Carbon and nitrogen mineralization in acidic, limed and calcareous agricultural soils: Apparent and actual effects. *Soil Biology and Biochemistry* 39(1):276-288.
- (19). Flavel, T.C., Murphy, D.V., Lalor, B.M., Fillery, I.R.P. (2005). Gross N mineralization rates after application of composted grape marc to soil. *Soil Biology and Biochemistry* 37(7): 1397-1400.
- (20). Paramasivam, S., Fortenberry, G.Z., Julius, A., Sajwan, K.S., Alva, A.K.J. (2008). Evaluation of emission of greenhouse gases from soils amended with sewage sludge. *Journal of Environmental Science and Health. Part A, Toxic hazardous substances and environmental engineering*. 43(2): 178-85.
- (21). Quemada, M., Menacho, E. (2001). Soil respiration 1 year after sewage sludge application. Short communication. *Biology and fertility of soils*. 33: 344-346.
- (22). Merrington, G., Oliver, I., Smernik, R.J., McLaughlin, M.J. (2003). The influence of sewage sludge properties on sludge-borne metal availability. *Advances in Environmental Research* 8(1): 21-36.
- (23). Smith, S.R. (2008). The implications for human health and the environment of recycling biosolids on agricultural land. Imperial College London Centre for Environmental Control and Waste Management.
- (24). Doelsch, E., Masion, A., Cazevielle, P., Condom, N. (2009). Spectroscopic characterization of organic matter of a soil and vinasse mixture during aerobic or anaerobic incubation. *Waste Management* 29(6): 1929-1935.
- (25). Almagro, M., López J., Querejeta J.I., Martínez-Mena, M. (2009). Temperature dependence of soil CO₂ efflux is strongly modulated by seasonal patterns of moisture availability in a Mediterranean ecosystem. *Soil Biology and Biochemistry* 41: 594–605.

HERRAMIENTAS INNOVADORAS PARA EL ANÁLISIS DE IMPACTOS: BIODATA

SANTOS HOLGUERAS, R; OYANGUREN URETA, I;
BELLIDO DÍEZ, J; BARROSO ARROYO, JC; TAZO HERRÁN, I.

HAZI Corporación del Gobierno Vasco para el desarrollo
del medio rural y marino; rsantos@hazi.es;
Granja Modelo s/n, Arkaute (Araba)

Palabras clave: Evaluación, impacto, GIS, geoproceso, shape, procedimiento administrativo.

Resumen

BIODATA es una herramienta interna del Gobierno Vasco, una aplicación informática para la consulta de áreas sensibles de temática ambiental. Su objetivo es permitir un acercamiento eficiente a los recursos de la biodiversidad presentes en una determinada zona, estableciendo las bases para un análisis técnico posterior.

Introducción

Desde la Viceconsejería de Medio Ambiente del Gobierno Vasco se desarrolló en el año 2005, con el apoyo de la empresa pública asociada al Departamento HAZI, la herramienta informática para consulta de áreas sensibles de temática ambiental BIODATA. El objetivo era permitir un acercamiento rápido y eficiente a los recursos de la biodiversidad presentes en una determinada zona, estableciendo las bases para los informes que emite la Viceconsejería en los distintos procedimientos administrativos en los que toma parte, e incrementando por tanto la eficacia y eficiencia de dichos procedimientos.

Desde 2005 hasta hoy, el BIODATA ha sido objeto de mejoras continuas, habiéndose convertido en una herramienta fundamental para el trabajo diario de la Viceconsejería.

Material y Métodos

BIODATA es una aplicación informática que se basa en tres pilares: un servidor web al que se sube la información, una base de datos georreferenciada con información ambiental y un motor de geoprocésamiento que permite el cruce y genera los resultados.

Sus principales potencialidades residen en:

- Su sencilla utilización: se genera un polígono (formato shape de ESRI) en un programa GIS, y se carga en el BIODATA a través del servidor web, utilizando un usuario y contraseña previamente establecidos. En pocos minutos se recibe vía mail un vínculo a una página HTML con los resultados del contraste.
- La posibilidad de estructurar la información de base para el contraste según la disponibilidad de ésta y los intereses de las personas usuarias. Actualmente BIODATA se utiliza a nivel interno de la Viceconsejería de Medio Ambiente y sociedades públicas asociadas para la elaboración de distintos informes de afección a la biodiversidad de planes, programas y proyectos. Por ello, la información de base utilizada es fundamentalmente: espacios naturales protegidos (Parques Naturales, Natura 2000, etc.), enclaves protegidos por planes territoriales sectoriales, flora amenazada, fauna, corredores ecológicos, paisajes sobresalientes y singulares, y otras informaciones de interés para la elaboración de los informes.

La información utilizada para la definición de las capas de contraste proviene de normativa ambiental (decretos de declaración de espacios naturales protegidos o planes de gestión de especies amenazadas, por ejemplo) y de distintos estudios técnicos, publicados o no, en su mayor parte elaborados o encargados por la Viceconsejería de Medio Ambiente. La selección de los estudios utilizados y, en definitiva, de la información aportada con el BIODATA, surge de la decisión de la propia Viceconsejería basándose en que debe aportarse información veraz, útil, contrastable y comparable.

Resultados

Los resultados del cruce con el BIODATA se incorporan como anexo a los informes que emite la Viceconsejería de Medio Ambiente del Gobierno Vasco en relación con la biodiversidad, con una pequeña guía para su interpretación, en fases preliminares de la evaluación de impacto ambiental de planes o proyectos. Es la entidad promotora la que debe filtrar e interpretar los datos recibidos en base al nivel de detalle de la información recibida y a su conocimiento técnico del emplazamiento analizado y de las características del plan o proyecto.

El uso de esta herramienta permite unificar los datos sobre los distintos recursos de la biodiversidad presentes en una zona determinada, evitando revisiones bibliográficas extensas y complejas.

En cualquier caso, es imprescindible una interpretación experta de los resultados del BIODATA, ya que éste se nutre de información recabada con distintos niveles de detalle que deben ser contrastados y puestos en relación con el plan/proyecto analizado y su potencial impacto.

Para facilitar esta tarea, la Viceconsejería de Medio Ambiente pone a disposición de la ciudadanía tanto información ambiental como la posibilidad de descarga de cartografía temática ambiental a través de sus páginas web:

- <http://www.euskadi.net/biodiversidad>
- <http://www.geoeuskadi.net>

En planes o proyectos en fases más avanzadas, u otro tipo de informes administrativos en los que participa la Viceconsejería, el BIODATA también se utiliza como herramienta interna para detectar cruces con distintos recursos de la biodiversidad. Esta vez son las propias personas técnicas de la Viceconsejería o de las sociedades públicas que les ofrecen asistencia técnica para la elaboración de sus informes las que realizan el dictamen experto de las posibles afecciones sobre recursos de la biodiversidad, apoyándose en:

- la información de base aportada por el BIODATA.
- el análisis de ésta a través de herramientas GIS y en trabajo de campo.
- revisiones bibliográficas adicionales.
- en su caso, consulta a expertos/as internos/as sobre aspectos concretos: fauna, vegetación, etc.

Ejemplos de distintos niveles de la información: FAUNA.

Un ejemplo de aportación de información a distintos niveles de detalle es el caso de la fauna, para la que se aportan datos a 4 niveles:

Nivel 1, Distribución conocida: primera aproximación al territorio, en unidades mínimas de 100 km². Origen de los datos: Inventario nacional de hábitats y taxones desarrollado por el Ministerio de Medio Ambiente, cuyos resultados han sido publicados en forma de atlas faunísticos. Deficiencias: escaso detalle, en aves existencia de datos únicamente referidos a etapa reproductiva,...

Nivel 2, Zonas de distribución preferente: zonas con representación suficiente de los hábitats más adecuados para la especie y en mejor estado de conservación, de manera que se cubran ampliamente sus requerimientos. Origen de los datos: propuestas de planes de gestión de especies catalogadas, elaboradas por diversos equipos de expertos durante los años 2001 y 2002 por encargo del Gobierno Vasco, y planes de gestión aprobados.

Nivel 3, Áreas de interés especial: enclaves relativamente pequeños y bien delimitados, que se caracterizan por su elevada importancia para la conservación de las poblaciones de la especie y/o muestran una fragilidad acusada ante posibles perturbaciones. Origen de los datos: propuestas de planes de gestión (2001-2002) y planes de gestión aprobados.

Nivel 4, Puntos sensibles: agrupan a puntos o enclaves de mínima extensión y localización precisa, que representan lugares de sensibilidad extrema por

contener elementos de interés para la persistencia de la especie. Se trata de nidos, colonias de cría, áreas nucleares de territorios, charcas de reproducción o refugios, cuya pérdida o deterioro supondría un hecho negativo y grave para la población. Origen de los datos: informes inéditos encargados por las Diputaciones Forales, el Gobierno Vasco, o elaborados motu proprio por asociaciones ornitológicas.

En el caso de los puntos sensibles, si bien éstos se encuentran disponibles a nivel interno (Viceconsejería de Medio Ambiente y sociedades públicas vinculadas), sus datos no se facilitan a empresas externas debido a su elevada sensibilidad. Se mencionan en los informes, y a nivel gráfico se aportan los denominados "Puntos sensibles distorsionados", área circular de seguridad con centro desplazado aleatoriamente en cada uno de los puntos y radio variable dependiendo de las exigencias ecológicas y tolerancia de cada especie.

Funcionamiento interno del Biodata

La arquitectura de Biodata se basa en un servidor Web que sirve la web con la que los usuarios suben los ficheros a procesar, una base de datos donde se registran las peticiones, un procesador de cruces que hace el cálculo y escribe el informe y un repositorio de información ambiental: datos geográficos (shps) y bases de datos (MSAccess).

La secuencia consiste en lo siguiente:

A través de la web se suben los ficheros shp con los que cruzar. Esos ficheros se almacenan en el servidor y se envía un e-mail al usuario donde podrá consultar los resultados. El geoprocesador sabe encontrar y tratar el shp subido por el usuario obteniendo como resultado un informe en formato web que es accesible desde el link facilitado por e-mail.

Este sistema se desarrolló con tecnología Web (Asp, JavaScript, html) para las páginas webs y vb6 para el procesador de cruces y generador de informes con ayuda de la herramienta MapObjects para el tratamiento geográfico.

Trabajos para mejora de la herramienta

Las nuevas tecnologías disponibles hoy en día hacen que se replantee BIODATA hacia una nueva arquitectura que haga de ella una herramienta más accesible y potente. Se pretende no solo optimizar su funcionamiento, sino también avanzar para convertirla en una herramienta accesible al público.

El repositorio de información ambiental se ubicará en una BD Espacial (Oracle Spatial), al igual que el motor de cruces, ganando de este modo eficiencia y potencia de geoprocesamiento.

Las utilidades de geocruces se desplegarán a través de servicios web dentro del contexto de los Servicios OGC (Open Gis Consortium). Esto incrementará la

capacidad de los programadores en emplear esta funcionalidad desde distintos escenarios de trabajo (web, aplicaciones de escritorio, dispositivos móviles) funcionando bajo protocolos y políticas estándar.

Discusión y conclusiones

BIODATA es una herramienta fundamental para el trabajo diario de la Viceconsejería de Medio Ambiente del Gobierno Vasco. Al permitir un acercamiento rápido y sencillo a los recursos ambientales presentes en una determinada zona, favorece la eficiencia y eficacia de los procedimientos administrativos, avanzándose por tanto en una optimización de la evaluación ambiental de planes, programas y proyectos.

Hay que tener en cuenta, no obstante, que este tipo de herramientas geográficas requieren de un análisis técnico experto que realice un cribado e interpretación de los datos, de modo que se aborde un análisis de impactos adecuado. Dicho análisis es responsabilidad tanto de los/las técnicos/as de consultoras que redactan estudios de impacto ambiental como, en su interpretación, del órgano ambiental correspondiente.

Siendo la eficacia de los procedimientos administrativos un objetivo que debe guiar la actuación de las Administraciones, en su papel de defensa del interés público, el uso de instrumentos como el BIODATA es fundamental, ya que permite optimizar esfuerzos sin detrimento de la adecuada salvaguarda del medio ambiente.

Referencias / Bibliografía

- (1) Foros ESRI: <http://forums.esri.com/Forums.asp?c=9>
- (2) Ralston, B.A. *Developing GIS Solutions with MapObjects and Visual Basic*. Cengage Learning, 2002.
- (3) Guía de referencia de MapObjects: *MapObjects 2.2 Helper Components Help*.

FACTORES DETERMINANTES EN LA CALIDAD DE LA EVALUACIÓN DEL IMPACTO ACÚSTICO EN VÍAS DE COMUNICACIÓN: CONCLUSIONES DE LA APLICACIÓN DEL MODELO FRANCÉS EN CARRETERAS ESPAÑOLAS

CASTELLOTE VARONA, C.; BARBA, A.; MARTÍNEZ-OROZCO J.M.

Universidad Europea de Madrid, carlos.castellote@uem.es, Madrid

Palabras clave: Carretera, España, modelo, predicción, ruido

Resumen

El actual marco normativo existente sobre evaluación y gestión del ruido ambiental exige a los Estados Miembros de la Unión Europea la realización de mapas de ruido en determinadas vías de comunicación. Concretamente, en el año 2012 se inicia en España la segunda fase de mapas de ruido correspondiente a carreteras con una intensidad superior a tres millones de vehículos/año.

El proceso de cálculo y valoración del ruido en carreteras resulta largo y complejo, al considerar gran multiplicidad de variables relativas al tráfico, la vía, el espacio de propagación y el receptor. Poca atención se ha prestado, sin embargo, a la valoración de la sensibilidad de estos distintos datos de entrada en el resultado, y por tanto a la determinación de las variables que habrían de vigilarse especialmente por su influencia en la calidad de dichos resultados.

El presente trabajo plantea una relación de factores de los modelos de emisión y propagación del ruido, basado en la aplicación del método de cálculo francés XPS 31-133 a distintas carreteras, que por su importancia relativa habrían de ser objeto de consideración prioritaria en la confección de mapas de ruido de carreteras.

Introducción

La evaluación y gestión de la contaminación acústica en la Unión Europea (UE) viene determinada por las obligaciones de la Directiva 2002/49 sobre ruido ambiental (1), incorporadas al ordenamiento jurídico español mediante la normativa básica sobre la materia (Ley básica de ruido y decretos que la desarrollan) (2, 3). Conforme a esta normativa, en España es de aplicación, para el caso del tráfico rodado, el método de cálculo francés XPS 31-133 (4, 5), revisado y adaptado posteriormente por la Comisión Europea (6).

En 2007 comienza en la UE un largo proceso de evaluación del tráfico viario que se concreta en distintas fases de la elaboración de mapas estratégicos de ruido para diferentes intensidades de tráfico, acompañados de sus correspondientes planes de acción, cuya conclusión se prevé en 2017.

El tiempo transcurrido ha permitido constatar la dificultad de la modelización que requiere el modelo francés, y la necesidad de clarificar los numerosos aspectos metodológicos implicados en el procedimiento de cálculo (7, 8, 9). Su complejidad no sólo viene determinada por el importante número de variables propias del modelo, tanto en la emisión de ruido (Intensidad Media Diaria -IMD-, velocidad de circulación, proporción de vehículos pesados, flujo de tráfico, pendiente, tipo de firme) como en la propagación (detalle del modelo cartográfico y tipo de suelo en el medio de propagación, absorción atmosférica, condiciones de viento, existencia de barreras), sino también por las condiciones de aplicación del modelo. Éstas vienen determinadas por las inevitables simplificaciones que asume el software para agilizar el cálculo, y por la amplia batería de supuestos que son precisos para aplicar el modelo.

La evidencia disponible, aunque aún escasa, es reveladora del papel de estas condiciones de aplicación en la calidad y validez de los resultados. Así, se han estimado errores de 5-7 dB(A) debidos a incertidumbres en los datos de emisión y propagación (10), de hasta 12 dB(A) derivados de la imprecisión en la posición del emisor (11), o de hasta 5 dB(A) cuando se carece de datos precisos de velocidad o aceleración y se requiere estimarlos (12). De forma similar, se han constatado notorias diferencias para distintas hipótesis en variables de propagación, como las calculadas para distintas condiciones de absorción del suelo (hasta 10 dB(A) de diferencia a 300m de la vía) (13), o de reflexión en fachadas (hasta 7 dB(A) para distintos números de reflexiones) (11).

A los programas informáticos de cálculo, por su parte, se les han atribuido numerosos problemas de precisión, repetibilidad y transparencia (14), derivados principalmente de las simplificaciones que realizan en los procedimientos de cálculo, y la falta de claridad en los mismos (15). No en vano, se afirma que la única coincidencia mayoritaria entre dichos programas es la definición del radio de búsqueda de fuentes (11, 16, 17), obteniéndose diferencias con distintos programas informáticos que alcanzan los 10 dB(A) para un mismo escenario (11).

La necesidad de mejorar en precisión y calidad han llevado al planteamiento de propuestas diversas para la aplicación del modelo. Entre ellas se encuentran las recomendaciones recogidas en la guía de buenas prácticas de la Comisión Europea (18), que plantea las conocidas "toolkits" con las que suplir la ausencia de datos precisos de emisión y propagación, las notas técnicas elaboradas por el SETRA (19, 20) en relación con los repartos de la intensidad del tráfico en distintos tipos de carreteras francesas, o la propuesta del Ministerio de Fomento (21) para la elaboración de la 2ª fase de los mapas estratégicos de ruido.

Pese a la pertinencia y utilidad de estas propuestas, se desconoce la sensibilidad que ofrece el modelo para cada una de las variables, así como la relación de factores que habrían de vigilarse especialmente por su influencia en la calidad del resultado, careciéndose aún de evidencias suficientes sobre la validez de estas herramientas y recomendaciones, tanto en la UE como en España (22, 23). La próxima adopción en la UE de un método de cálculo común a todos los Estados Miembros, conocido como CNOSSOS-EU (24) y fuertemente apoyado en la formulación del modelo francés, precisará asimismo de la clarificación de estas condiciones de aplicación para aportar la validez y calidad necesarias.

Con la finalidad de aportar evidencia adicional sobre esta materia, el presente trabajo expone una síntesis de los resultados más relevantes obtenidos en la aplicación del método de cálculo francés XPS 31-133 a distintas carreteras españolas, con el propósito de plantear una relación de factores de los modelos de emisión y propagación que, por su importancia relativa, habrían de ser objeto de consideración prioritaria en la confección de mapas de ruido de carreteras.

Material y Métodos

El trabajo realizado se basa en los resultados obtenidos en tres tramos de carreteras situados en la Comunidad de Madrid (M-40, M-506, M-513). La elección de dichos tramos se ha realizado considerando diferencias geométricas, de tráfico (Tabla 1) y del medio de propagación.

Tabla 1. Principales características de tráfico de las tres vías estudiadas.

<i>Tramo</i>	<i>Tipo</i>	<i>IMD (vehículos/ día)</i>	<i>velocidad media (km/h)</i>	<i>Vehículos pesados (%)</i>
M-506	Autovía. Variante de circunvalación a Villaviciosa de Odón.	28.245	102	5,6
M-513	Carretera convencional. Vía interurbana.	5.144	62	7,9
M-40	Autovía. Circunvalación de Madrid	114.662	94,1	5,5

La presente comunicación recoge una síntesis de distintos resultados obtenidos del análisis de la influencia en los resultados de las hipótesis de cálculo de los principales parámetros emisión y propagación del modelo, evaluados en términos de nivel sonoro continuo equivalente, $L(A)_{eq}$. Los resultados obtenidos, basados en la metodología descrita por los autores en anteriores ediciones del Congreso (25, 26), pone el énfasis específicamente en lo siguiente:

Análisis de sensibilidad de los algoritmos del modelo de emisión mediante simulaciones de Monte Carlo, con el propósito de simular la variabilidad en los resultados para distintos datos de entrada de velocidad e intensidad de vehículos ligeros y pesados.

Valoración de la precisión de las hipótesis de emisión propuestas por diversas organizaciones (Ministerio de Fomento, SETRA y Comisión Europea (18, 19, 20, 21)), así como de las que considera un software de amplio uso (Cadna A), mediante comparación de los resultados obtenidos con las mismas, para los periodos día, tarde y noche (L_d , L_e , L_n) e índice diario (L_{den}), respecto de los que ofrecen datos fiables de aforo.

Comparación de hipótesis de propagación propuestas por las organizaciones antes mencionadas respecto del modelo considerado óptimo. Dicha comparación se realiza sobre la base de resultados obtenidos en 170 receptores fijos localizados aleatoriamente en las tres áreas de estudio. El modelo "óptimo" queda definido por los autores como sigue:

Detalle planimétrico y altimétrico 1:1.000.

Condiciones meteorológicas (temperatura, humedad relativa) según la estación más cercana.

Zonificación detallada del terreno para distintos coeficientes de absorción del suelo.

Consideración de dos reflexiones en fachadas.

Resultados

1) Sensibilidad del modelo a las principales variables de emisión

La aplicación de las simulaciones Monte Carlo (véase un ejemplo en la Figura 1) ha permitido constatar que, con carácter general, el modelo tiende a arrojar mayores errores cuanto mayores son los valores de entrada de velocidad e intensidad.

Se comprueba asimismo la diferente sensibilidad del modelo a las variaciones en los datos de entrada en los algoritmos de emisión. Las mayores diferencias se han encontrado en las variaciones en la velocidad de vehículos ligeros, a gran distancia de las restantes variables. Así, una hipotética diferencia en el dato de entrada del 10% respecto del dato de aforo arroja un error, en dB(A), del 0,6-0,8% en el resultado; si dicha diferencia es del 30%, el error se sitúa en el 2-2,6%; para un 50% de diferencia, el error obtenido es del 3,4-4%.

Las diferencias obtenidas, para los rangos de variación citados, en las restantes variables, son notablemente menores (comúnmente errores inferiores al 1%), destacando particularmente la escasa sensibilidad a las variaciones aplicadas en la intensidad de vehículos pesados.

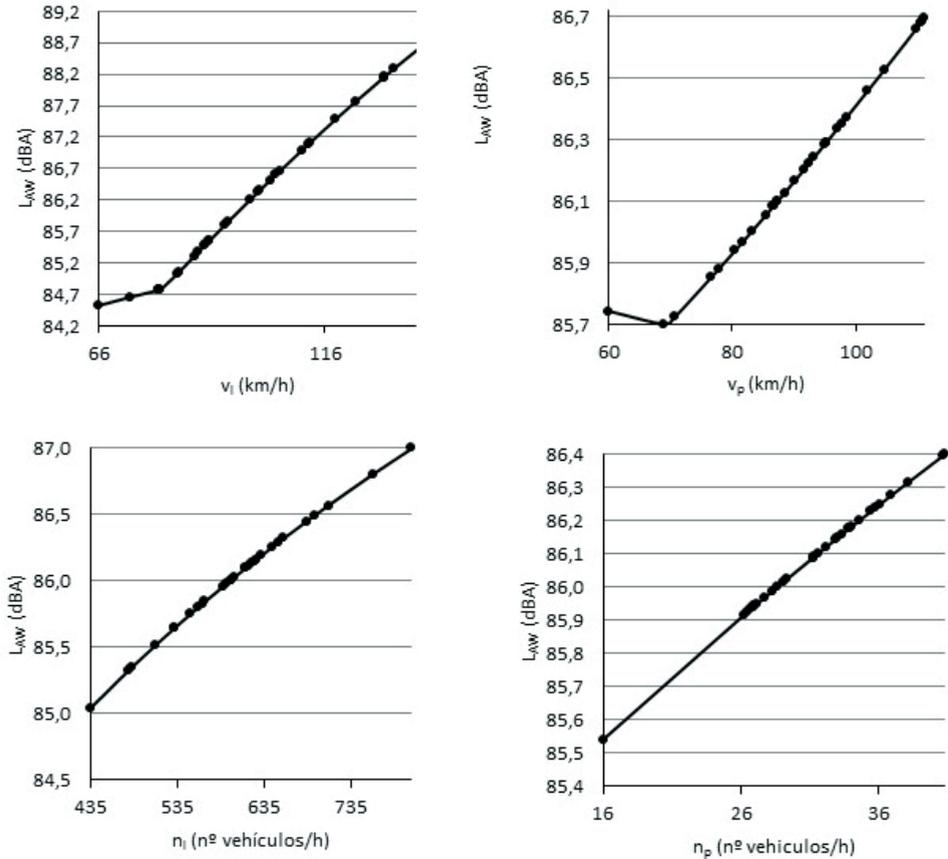


Figura 1. Ejemplo de resultados en las simulaciones de Monte Carlo obtenidas para los algoritmos de velocidad e intensidad de vehículos ligeros y pesados (v_l , v_p , n_l , n_p , respectivamente).

2) Importancia de las hipótesis de emisión: comparación de las propuestas realizadas en Europa

Los resultados obtenidos en la aplicación de los supuestos de emisión propuestos por el Ministerio de Fomento, SETRA y Comisión Europea, arrojan unos valores que resultan, en términos de calidad y precisión, muy desiguales.

Con carácter general, se comprueba que no hay sustituto fiable de los datos fiables de aforo, observándose una tendencia general de las distintas propuestas a la sobrevaloración de los resultados (valores entre 1 y 10 dB(A) superiores a los obtenidos con datos precisos de aforo). Asimismo, los resultados permiten constatar la menor fiabilidad de dichas propuestas cuando se aplican a vías con tráficos más débiles.

Los peores ajustes en esta comparación se han obtenido con la aplicación de las simplificaciones de amplio uso, de modo particular las rutinas que incorpora por defecto el software de cálculo empleado, así como las "toolkits" de la Comisión Europea. No obstante, cabe mencionar la mayor precisión de la propuesta de reparto de tráfico propuesta por SETRA en 2007 (19), pudiendo constituirse en una alternativa suficiente en ausencia de datos de aforo de calidad.

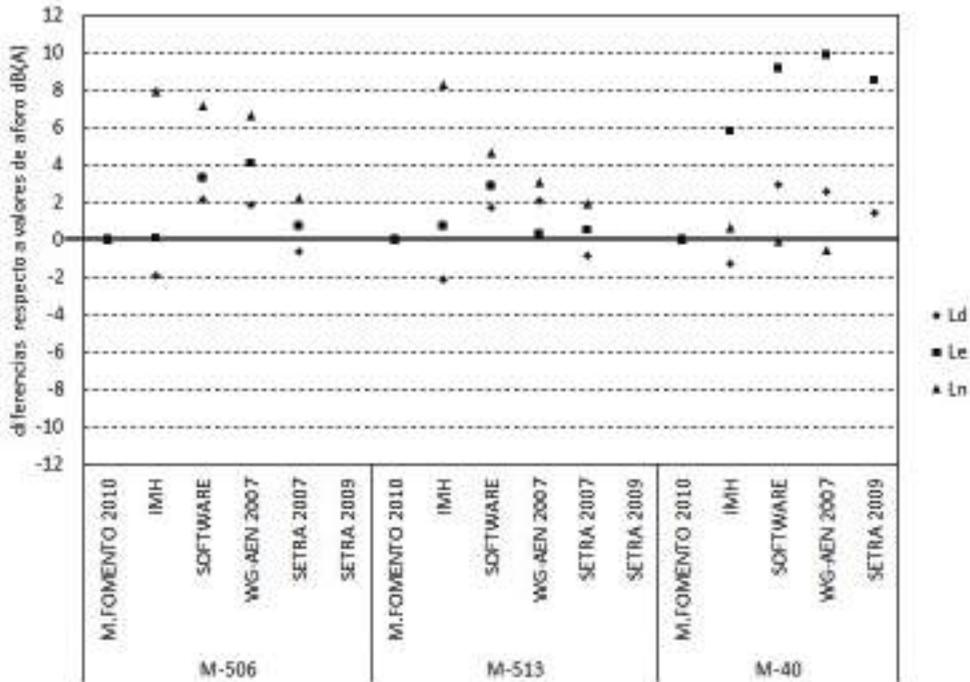


Figura 2. Diferencias en dB(A) de las hipótesis consideradas respecto de datos fiables de aforo.

3) Papel de la absorción por "efecto suelo"

La aplicación de coeficientes de absorción del suelo conforme a los supuestos considerados arroja diferencias medias, en los 170 receptores fijos, crecientes cuanto mayor es la proporción de suelo considerado "blando". Tal diferencia oscila entre 0,8 dB(A) para el terreno de propagación más "duro" (M-506), y 2,4 dB(A) en el suelo más "blando" (M-513).

Especialmente relevante resulta el fenómeno de acumulación de esta atenuación para distancias crecientes a la vía (Figura 3). Los resultados sobre suelos "blandos" alcanzan diferencias muy notables, de hasta 6-8 dB(A) para distancias de 250m.

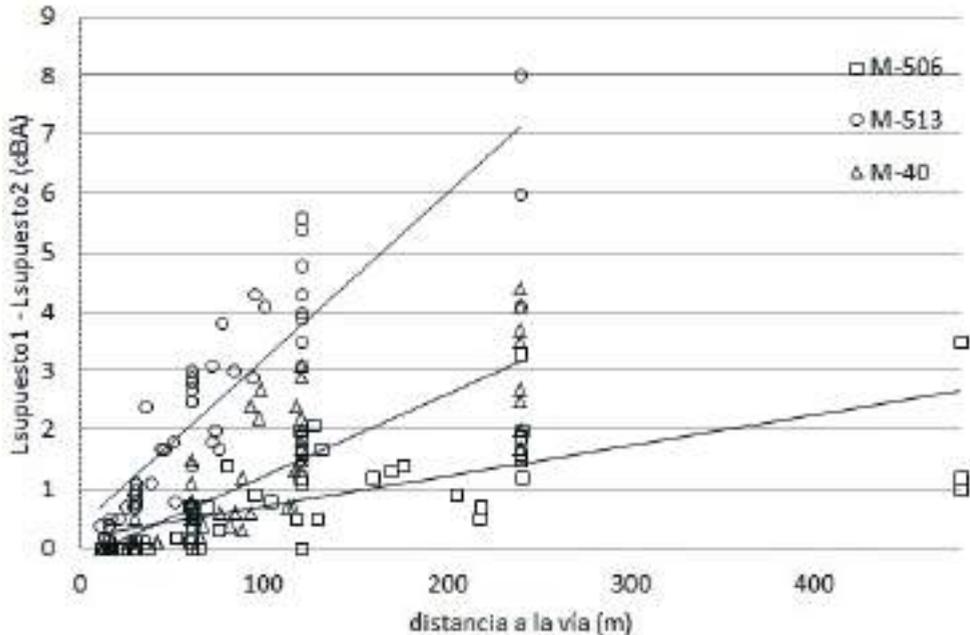


Figura 3. Diferencias (dB(A)) entre supuestos para distintas distancias de la vía.

4) Difracción: efectos del nivel de detalle cartográfico

En relación con los resultados sobre propagación de la onda acústica, merece mencionarse la relación observada entre la escala de trabajo empleada y las variaciones en las atenuaciones debidas a la difracción.

Los resultados señalan, con carácter general, un aumento del nivel de ruido cuanto menor es la escala de trabajo, circunstancia atribuible en buena medida a la eliminación o atenuación de elementos del relieve conforme se reduce la escala. En tal sentido, de la comparación de los modelos realizados a 1:5.000 y 1:25.000 respecto del modelo de referencia 1:1.000, se constatan diferencias medias de hasta 2 dB(A) con el primero, y de hasta 3,7 dB(A) con el segundo.

5) Influencia de otras variables del modelo

Los resultados obtenidos en otras variables para distintas hipótesis revelan la escasa influencia que las mismas ejercen en el resultado. Este es el caso, por ejemplo, de la valoración de la reflexión en fachadas, que arroja diferencias medias de apenas 0,5 dB(A) en la comparación de niveles calculados para 1 y 2 reflexiones. Esta mínima influencia de las reflexiones no experimenta variaciones sustanciales incluso en entornos de alta densidad edificatoria (M-506).

Menores aún resultan las diferencias obtenidas para distintas condiciones atmosféricas de humedad relativa y temperatura, que ha arrojado máximos de variación de apenas alcanzan los 0,1dB(A), incluso a grandes distancias de la fuente.

Discusión y Conclusiones

Los resultados obtenidos permiten señalar que la mayoría de las propuestas para la aplicación del modelo planteadas en Europa presentan escasa calidad y precisión. Para los cálculos de emisión, las diferencias encontradas en su comparación con las que arrojan datos fiables de aforo resultan, en general, difícilmente aceptables. Merece señalarse específicamente el mal ajuste de las simplificaciones de amplio uso en la realización de estudios acústicos (programas informáticos de cálculo, recomendaciones de la Comisión Europea).

Asimismo, cabe destacar la influencia muy desigual que tienen las numerosas hipótesis que precisa el modelo francés para su aplicación. La evidencia aquí expuesta 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.

Así, la sensibilidad que presenta el modelo a variaciones incluso menores en determinados datos de emisión (en particular velocidades), a la imprecisión en el valor de absorción del suelo durante la propagación del ruido, o a la excesiva generalización en el nivel de detalle planimétrico y altimétrico del terreno, resulta ser especialmente relevante.

Por el contrario, la consideración excesiva de otros parámetros de cálculo estaría, según estos resultados, escasamente justificada. Este es el caso, por ejemplo, de la consideración de las reflexiones en fachadas, o de las condiciones atmosféricas, que debido a su escasa influencia en los resultados son susceptibles de simplificación mayor.

Referencias / Bibliografía

- (1) 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.
- (2) 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.
- (3) 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.

- (4) CERTU. Guide du Bruit des Transports Terrestres - Prévision des Niveaux Sonores. CERTU, France, 1980.
- (5) CERTU. Bruit des Infrastructures Routières. Méthode de Calcul Incluant les Effets Météorologiques. Version Expérimentale-NMPB Routes 96. CERTU, CSTB, LCPC, SETRA, France, 1997.
- (6) European Commission, 2003. Adaptation and Revision of the Interim Noise Computation Methods for the Purpose of Strategic Noise Mapping. European Commission, Brussels.
- (7) 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.
- (8) Tomé, R., 2008. Mapas de ruido, problemas y experiencias. En: 9º Congreso Nacional de Medio Ambiente. Madrid.
- (9) Fernández, P., Jiménez, M., García, I. & 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.
- (10) Shilton, S., 2009. Critical Input Parameters for Road and Railway Noise Modelling. Target Quality and Input Value Requirements. Ispra, Italia.
- (11) Wierzbicki J. & Batko W., 2008. Uncertainty of Noise Mapping Software. SFA Acoustic '08. Paris.
- (12) De Muer, T., Botteldooren D., 2005. Methods for quantifying the uncertainty in noise mapping. Managing uncertainty in noise measurement and prediction. InceEurope. Gante. Bélgica.
- (13) Probst, W., 2009. Accuracy and precision of prediction models for road noise. Euronoise 2009. Edinburgh, Scotland. October 26-28, 2009.
- (14) Probst W.; Scheck, A., 2010. Noise Mapping Techniques and Their Ability to Support Planning and Mitigation. BNAM. Bergen, Noruega.
- (15) Hartog, B., Stapelfeldt, H., 2007. Software implementation of the Harmonoise/Imagine method, the various sources of uncertainty. Inter-noise 2007. Estambul, Turquía.
- (16) Hepworth, P., Trow, J., Hii, V., 2006. Reference Settings in Noise Mapping Software - A Comparison of the Speed of Calculation for Different Software. Euronoise. Tampere, Finlandia.
- (17) Notario, A., 2008. Tecnologías Avanzadas para el Cálculo de Mapas de Ruido Estratégicos a Gran Escala. Acústica 2008. Coimbra, Portugal.

- (18) WG-AEN, 2007. Good Practice Guide for Strategic Noise Mapping and the Production of Associated Data on Noise Exposure. European Commission Working Group Assessment of Exposure to Noise. European Commission. Version 2.
- (19) SETRA. Calcul prévisionnel de bruit routier. Profils journaliers de trafic sur routes et autoroutes interurbaines. Note d'information - Economie, Environnement, Conception n°77. SETRA, France, 2007.
- (20) SETRA. Methodologic Guide. Noise Propagation Computation Method including meteorological effects NMPB2008. SETRA, France, 2009.
- (21) 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. Ministerio de Fomento.
- (22) European Commission and European Environmental Agency, 2009. Workshop on Target Quality and Input Values Requirements. Conclusions and Recommendations. Ispra.
- (23) Rubio J. & Segués F., 2009. Results of the First Round of the Strategic Noise Maps in Spain and Actions derived. Euronoise 2009. Edinburgh.
- (24) European Commission Joint Research Centre, 2012. Common Noise Assessment Methods in Europe. CNOSSOS-EU. Reference Reports. Joint Research Centre. Luxemburgo.
- (25) Martínez, J.M. & Castellote C., 2009. Algunas consideraciones metodológicas en la aplicación actual de modelos predictivos de ruido en carreteras. V Congreso Nacional de Evaluación de Impacto Ambiental. Asociación Española de Evaluación de Impacto Ambiental. Córdoba, 11-13 marzo, 2009.
- (26) Castellote C. & Martínez, J.M., 2011. Evaluación de modelos de predicción del ruido en carreteras: algunos casos de estudio en España. VI Congreso Nacional de Evaluación de Impacto Ambiental. Asociación Española de Evaluación de Impacto Ambiental. Albacete, 6- 8 abril, 2011.

INSTALACIÓN DE VALLAS DE INTERCEPTACIÓN COMO MEDIDA PARA EVITAR ATROPELLOS DE ANFIBIOS: EL CASO DE LA PISTA DE ACCESO AL PARQUE EÓLICO “EL SEGREDAL” (ASTURIAS)

ALEXIS PUENTE MONTIEL¹; JAVIER CORDÓN EZQUERRO¹;
ALEA PULGAR NORIEGA²; JAVIER GRANERO CASTRO¹

¹ Área de Medio Ambiente y Sostenibilidad; ² Área de Consultoría
TAXUS MEDIO AMBIENTE - Santa Susana 5, Bajo A · 33007 Oviedo, ASTURIAS
Tel.: 985 24 65 47 – Fax: 984 15 50 60;
Correo electrónico: apuente@taxusmedioambiente.com

Palabras clave: Anfibios, mortalidad de fauna, atropellos, impacto ambiental de carreteras, medidas correctoras, vallas de interceptación, Asturias

Resumen:

Los atropellos pueden llegar a suponer un impacto negativo significativo sobre las poblaciones de anfibios, que constituyen uno de los grupos animales más amenazados. En un tramo de la pista de acceso recientemente construida al parque eólico “El Segredal” (Asturias), se detectaron elevados niveles de mortalidad de anfibios por atropello. Con el objetivo de evitar o reducir esta mortalidad, se instalaron vallas de interceptación en los bordes del vial para evitar que los anfibios accediesen a la calzada donde circulan los vehículos en el tramo que se consideró más conflictivo, que discurre por las proximidades de una charca usada por los anfibios para reproducirse. La presente comunicación explica la metodología y materiales empleados para su instalación, señalando los resultados obtenidos tras su colocación.

Introducción

Los anfibios constituyen uno de los grupos animales más amenazados (tanto a nivel ibérico como mundial un tercio de las especies están amenazadas de extinción) y la tendencia es hacia un empeoramiento creciente de la situación [3].

La mortalidad por atropello en carreteras supone un impacto adicional a otras causas del declive (degradación de zonas húmedas, contaminación química, reducción de la capa de ozono estratosférico, enfermedades emergentes, introducción de especies alóctonas, etc.) y puede llegar a provocar extinciones de poblaciones [1, 2, 3]. Entre las posibles medidas para reducir o evitar los atropellos de anfibios se encuentran la colocación de vallas de interceptación en los bordes de las vías, pasos de fauna, campañas de voluntarios durante los periodos de migración, cortes temporales del tráfico, instalación de señales de tráfico y elementos limitadores de la velocidad de los vehículos.

Caso de estudio

En septiembre de 2012, con el inicio del periodo de lluvias otoñal, se detectaron numerosos individuos atropellados de salamandra común (*Salamandra salamandra*) en el asfalto de la pista de acceso al parque eólico "El Segredal (PE-29)", construido entre abril y septiembre de dicho año. Así, en el muestreo realizado el día 13 de septiembre se localizaron 22 individuos atropellados en un tramo de 100 m realizado a pie, y 66 ejemplares en un recorrido de 1.300 m realizado en coche a baja velocidad entre el PK 0+700 m y el PK 2. (Imagen 1)

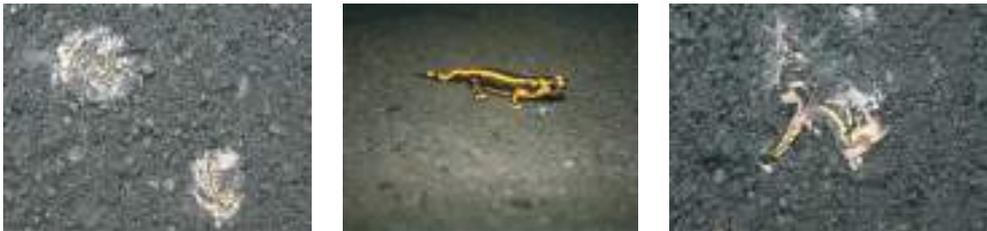


Imagen 1. Fotografías de anfibios atropellados en la zona de la actuación

En vistas de las elevadas cifras de muertes detectadas para esta especie, clasificada como "vulnerable a la extinción" en el "Atlas y libro rojo de los anfibios y reptiles de España", y la previsible afección también a las poblaciones de rana bermeja (*Rana temporaria*) y otros anfibios que se reproducen en charcas del entorno, la Dirección Ambiental propuso la instalación de vallas de interceptación en los bordes del vial para evitar que los anfibios accediesen a la calzada donde circulan los vehículos, medida que fue respaldada por el promotor. Se seleccionó como ubicación para el vallado el tramo de 100 m que se consideró más conflictivo, correspondiente a la vaguada existente hacia el PK 0+800 m donde se ubica la principal zona encharcada de los primeros kilómetros de la pista (Mapa 1).



Mapa 1. Mapa de localización.

Diseño e instalación

Se levantó una valla de malla plástica de 40 cm de altura y 10 cm enterrada en el suelo, sustentada por varillas metálicas de 100 cm de largo y 1,2 cm de grosor espaciadas 100 cm entre sí y clavadas 40-50 cm en el suelo. En todas las varillas se colocaron setas de protección en su extremo como medida de seguridad. La altura de la valla impide el paso de salamandras pero no el de grandes mamíferos como caballos y vacas. El vallado conduce a los animales hacia un paso subterráneo situado hacia la mitad de su longitud, cuyas características permiten el paso de los anfibios bajo la pista asfaltada en ambos sentidos sin obstáculos. (Imagen 2)

Adicionalmente, se colocaron dos señales de tráfico que advierten de la presencia de anfibios en el asfalto, cada una situada en el margen derecho del vial (en el sentido de la circulación de vehículos), unos 10 metros antes del comienzo del vallado. (Imagen 3)



Imagen 2. Varios momentos de la colocación de la valla de interceptación



Imagen 3. Distintos detalles de la valla ya colocada.

Resultados y conclusiones

Posteriormente a la instalación del vallado, se han realizado varias visitas al lugar para revisar su eficacia en vista a lograr el objetivo de reducir la mortalidad de anfibios en el asfalto, y realizar las oportunas tareas de mantenimiento que fuesen necesarias.

Desde su colocación, no se ha vuelto a localizar ningún anfibio atropellado. No obstante, el periodo de estudio coincidió con la época fría del año durante la cual la mayoría de las especies de anfibios muestran escasa actividad, por lo que sería recomendable prolongar el seguimiento al menos hasta concluir un ciclo anual completo para poder valorar adecuadamente la eficacia de la medida.

Referencias / Bibliografía

- (1) *Amphibian road kills: a global perspective*. Miklós Puky. *Proceedings of the 2005 International Conference on Ecology and Transportation, Center for Transportation and the Environment, North Carolina State University* (2006).
- (2) *Amphibian road-kills in Mediterranean habitats*. Marcello D'Amico. Tesina de Maestría, *Maestría en Biodiversidad y Biología de la conservación, Universidad Pablo de Olavide y Estación Biológica de Doñana (CSIC)*, (2009).
- (3) *Atlas y Libro Rojo de los Anfibios y Reptiles de España*. Juan Manuel Pleguezuelos, Rafael Márquez y Miguel Lizana (Ed.). *Dirección General de Conservación de la Naturaleza – Asociación Herpetológica Española* (2004).

MEDICIÓN DE PROPIEDADES BIOLÓGICAS DEL SUELO COMO INDICADOR DE IMPACTO AMBIENTAL EN EL USO DE ENMIENDAS AGRÍCOLAS

JORGE MARDOMINGO, I., GONZÁLEZ UBIERNA, S., CARRERO GONZÁLEZ, B., DE LA CRUZ CARAVACA, M^a.T., CASERMEIRO MARTÍNEZ, M.A.

Departamento de Edafología. Facultad de Farmacia.
Universidad Complutense de Madrid.
Email: ijorgem@farm.ucm.es.

Palabras clave: actividad biológica, suelo agrícola, enmiendas orgánicas, ciclos biogeoquímicos.

Introducción

La generación de residuos urbanos ha crecido rápidamente en las últimas décadas, siendo su gestión una de las prioridades de la política ambiental de la Unión Europea. En este sentido, la gestión de residuos sólidos urbanos (RSU) y de los lodos de depuradora se han convertido en los principales problemas. La aplicación de estos residuos como enmiendas orgánicas en suelos agrícolas es una de las salidas más recomendables, según refleja el Plan Nacional Integrado de Residuos (2007-2015). En el caso de los lodos de depuradora, más del 82% de los lodos producidos en España se usan en agricultura (1).

Estas enmiendas orgánicas son una fuente de materia orgánica y elementos (N, P, K) que son esenciales para el suelo y la nutrición de las plantas. Esto refuerza su uso en agricultura, sobre todo en áreas del Mediterráneo donde los suelos sufren un descenso en el contenido de materia orgánica. Sin embargo la aplicación de estas enmiendas pueden generar problemas ambientales derivados de la alteración de los ciclos biogeoquímicos. Los microorganismos del suelo son los factores principales en la regulación de los ciclos terrestres, como son los ciclos del carbono, nitrógeno y fósforo. La adición de enmiendas orgánicas van a afectar a las poblaciones autóctonas del suelo, ya sea por el aporte de nuevas poblaciones de microorganismos, nuevos compuestos orgánicos, contaminantes (metales pesados) o el tipo de materia orgánica.

Para estimar el impacto que supone la adición de enmiendas orgánicas al suelo en los microorganismos del suelo se han propuesto una batería de medidas biológicas y bioquímicas. Entre las medidas más utilizadas para este tipo de estudios se encuentran la actividad enzimática (de los ciclos de nitrógeno, carbono y fósforo) y la biomasa de los microorganismos del suelo. Por ser

unos parámetros sensibles a las alteraciones, podrían considerarse como un buen indicador en la evaluación del impacto ambiental de esta práctica. Así, el principal objetivo de este estudio es validar como indicadores del impacto ambiental originado en el uso de enmiendas orgánicas en agricultura, las medidas biológicas de los microorganismos del suelo.

Material y Métodos

Para la consecución del objetivo se desarrolló un experimento en campo que consistió en la aplicación de tres tipos de enmiendas orgánicas: un compost de RSU (RSU) y dos tipos de lodo de depuradora (obtenidos mediante tratamiento aerobio (AE) y anaerobio (ANS)). La aplicación se realizó en tres bloques experimentales aleatorizados que contenían cuatro parcelas experimentales: tres parcelas correspondientes a cada uno de los tres tipos de enmienda utilizados (RSU, AE y ANS) y una parcela sin enmienda que sirvió de control (CONT). La dosis de aplicación elegida para el experimento fue de 160 Mg ha⁻¹ en una única dosis. Se realizaron 4 muestreos a lo largo de un año correspondiendo con las estaciones del año: primavera, verano, otoño e invierno.

En el laboratorio las muestras fueron tamizadas (≤ 2 mm) y guardadas a temperatura constante (4 °C) hasta su posterior análisis. Se analizaron las siguientes variables biológicas:

- Ciclo del nitrógeno: Actividad ureasa mediante el método propuesto por Nannipieri (2).
- Ciclo del fósforo: Actividad fosfatasa mediante el método propuesto por Tabatabai y Bremner (3).
- Ciclo del carbono: Actividad α -glucosidasa mediante el método propuesto por Tabatabai (4).
- Medida de la biomasa microbiana mediante el método propuesto por Vance (5).

Resultados y Discusión

Actividades enzimáticas del suelo

La aplicación del compost de RSU incrementó la actividad ureasa con respecto al control a lo largo del experimento (Figura 1). Esto puede deberse a que este tipo de residuo proporciona una materia orgánica muy estable y por tanto una mayor estabilización de la ureasa en el complejo arcillo-húmico. Sin embargo la aplicación de los dos tipos de lodo no incrementa la actividad de la ureasa del suelo. La aplicación de lodos de depuradora supone un incremento de las formas inorgánicas de nitrógeno, especialmente de amonio. Por ello la actividad ureasa queda inhibida por el producto final de la reacción que cataliza.

La aplicación de los tres tipos de enmiendas orgánicas incrementa la actividad de la fosfatasa a lo largo del experimento (Figura 1). Como hemos comentado en apartados anteriores, las enmiendas orgánicas son una fuente de fósforo. Por ello la actividad fosfatasa se ve aumentada, ya que va a hidrolizar los grandes aportes de fósforo orgánico que aportan las enmiendas. Además va a estar protegida por la matriz húmica que proporcionan las enmiendas orgánicas.

La aplicación que más incrementó la actividad de la β -glucosidasa fue el compost de RSU (Figura 1). Este hecho se debe a que la composición del compost tiene un alto contenido en celulosa, lo que favorece la actividad de esta enzima. Además la aplicación del compost proporciona una protección de la enzima, haciéndola más inaccesible a los procesos de degradación por otras proteasas. Por el contrario, la aplicación de los dos tipos de lodo de depuradora no incrementa significativamente la actividad β -glucosidasa con respecto al control. Esta enzima es particularmente sensible a la adición de los lodos, además de estar menos protegida en la matriz húmica que proporcionan los lodos de depuradora.

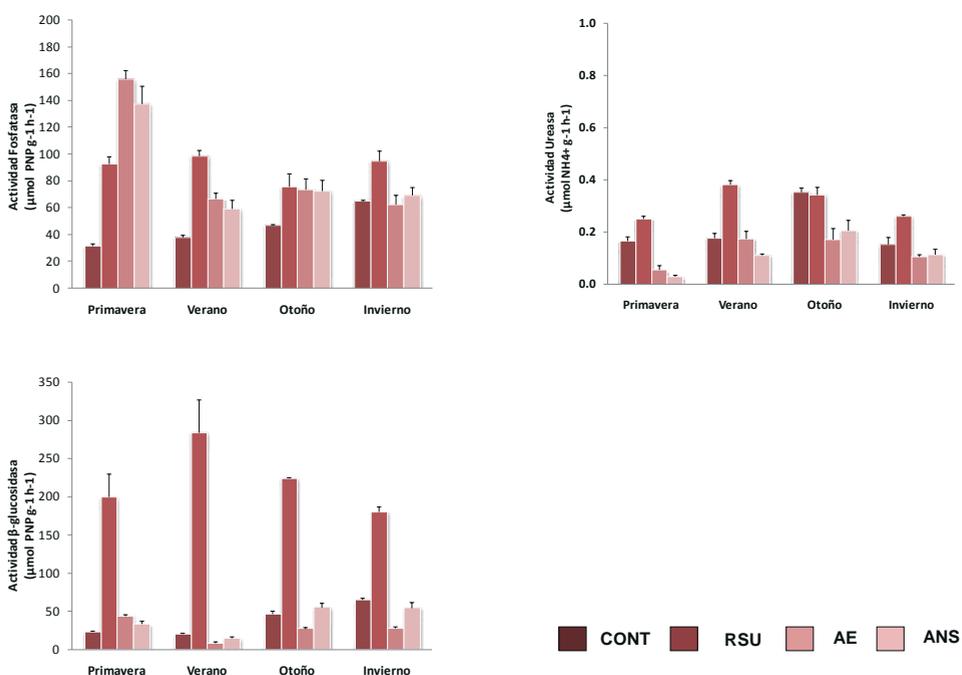


Figura 1. Medida de las actividades enzimáticas (ureasa, fosfatasa y β -glucosidasa) para los diferentes tratamientos: control (CONT), residuo sólido urbano (RSU), lodo aerobio (AE) y lodo anaerobio (ANS).

Medida de la biomasa microbiana

La aplicación del compost de RSU aumentó de manera amplia la biomasa microbiana del suelo con respecto al tratamiento control a lo largo del experimento

(Figura 2). Debido al aporte de materia orgánica más estable y un mayor contenido de nutrientes en el suelo, las poblaciones de microorganismos del suelo en las parcelas tratadas con el compost de RSU se vieron favorecidas. Sin embargo este aumento en la biomasa microbiana del suelo no se observó en las parcelas tratadas con los dos tipos de lodo de depuradora. Esto puede deberse a varios factores: estrés de las poblaciones autóctonas debido a un incremento de formas lábiles de carbono, una bajada de pH, competencia con las nuevas poblaciones que han sido aportadas por las enmiendas, etc. A pesar de este comportamiento en los primeros muestreos, sí que se observa una tendencia a recuperar los valores con respecto al tratamiento control al final del experimento.

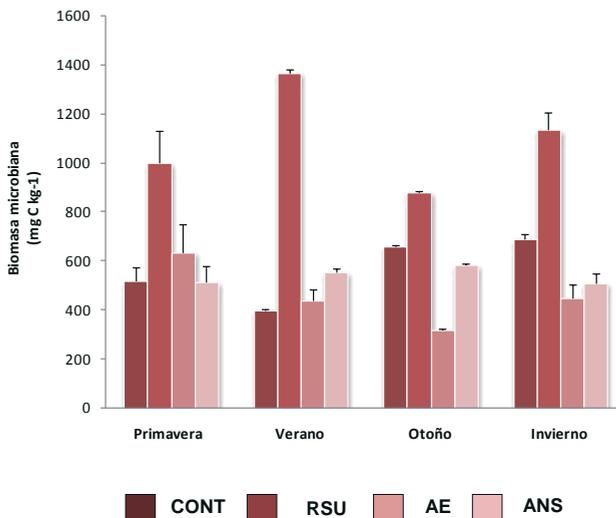


Figura 2. Medida de la biomasa microbiana en los diferentes tiempos de muestreo y en los distintos tratamientos: control (CONT), residuo sólido urbano (RSU), lodo aerobio (AE) y lodo anaerobio (ANS).

Conclusiones

La aplicación de las enmiendas orgánicas afectan la actividad biológica del suelo y por tanto los ciclos biogeoquímicos. Es el tipo de enmienda y su composición química la que está influyendo en la respuesta de los microorganismos del suelo. De esta manera el compost de RSU proporciona una materia orgánica más estable, aumentando la biomasa microbiana del suelo y las actividades enzimáticas. Sin embargo los lodos de depuradora proporciona una materia orgánica menos estable, originando un estrés en las poblaciones autóctonas del suelo. Por ello se propone la medición de las propiedades biológicas del suelo como un buen indicador para la evaluación del impacto ambiental, ya que son sensibles al impacto que supone la aplicación de enmiendas agrícolas al suelo.

Agradecimientos

Este trabajo ha sido financiado por la CICYT (CGL 2006-13915/CLI) y por el Ministerio de Medio Ambiente Rural y Marino (02/PC08/3-04.22).

Referencias / Bibliografía

- (1) MAGRAMA, 2010. Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente. Anuario de Estadística.
- (2) Nannipieri, P., Ceccanti, B., Cervelli, S., Matarese, E., 1980. Extraction of phosphatase, urease, protease, organic carbon and nitrogen from soil. Soil Science Society of America Journal 44, 1011 -1016.
- (3) Tabatabai, M.A., Bremner, J.M., 1969. Use of p-nitrophenol phosphate in assay of soil phosphatase activity. Soil Biology and Biochemistry 1, 301–307.
- (4) Tabatabai, M.A., 1982. Soil enzymes. In: Page, A.L., Miller, E.M., Keeney, D.R. (Eds.), Methods of Soil Analysis, Part 2, Chemical and Microbiological Properties. ASA, Madison, WI, pp. 903–947.
- (5) Vance, E.D., Brookes, P.C., Jenkinson, D.S., 1987. An extraction method for measuring soil microbial biomass C. Soil Biology and Biochemistry 19, 703–707.

PERSISTENCIA DE PATÓGENOS EN UN SUELO AGRÍCOLA TRAS SU FERTILIZACIÓN CON RESIDUOS URBANOS: NECESIDAD DE LA EVALUACIÓN DEL PROCESO

NADAL ROCAMORA, I; PLATERO ALONSO, L;
GONDIM-PORTO, C; NAVARRO-GARCÍA, F

Departamento de Microbiología II. Facultad de Farmacia,
Universidad Complutense de Madrid.
fngarcia@ucm.es
Madrid

Palabras clave: Impacto ambiental, suelo, persistencia de patógenos, bioseguridad.

Resumen

Actualmente, el concepto de agricultura sostenible ha contribuido al uso de enmiendas agrícolas procedentes de residuos urbanos tales como lodos o biosólidos. La razón es que su uso parece mejorar las características agronómicas de un suelo de cultivo a la vez que se reutiliza un recurso de alta riqueza nutricional. Uno de los aspectos valorables tras el uso de los lodos de depuradora es la bioseguridad, aunque los lodos antes de su utilización sufren una serie de acondicionamientos sanitarios. Sin embargo, la eficacia de éstos puede ser variable en función de muchos factores por lo que pudieran portar, después de esos tratamientos, microorganismos potencialmente peligrosos para la salud humana y ocasionar un impacto ambiental y sanitario importante en los suelos. Para evaluarlo, hemos utilizado tres tipos de enmiendas orgánicas, biosólidos, lodos aerobios y anaerobios, aplicados sobre un suelo agrícola mediterráneo. En este trabajo, hemos determinado la presencia y la persistencia de microorganismos considerados como indicadores de contaminación fecal durante dos años, mediante la utilización de siembras en medios específicos. Los análisis de la presencia de microorganismos patógenos en las parcelas enmendadas muestran resultados diversos, aunque en general, tienen una mayor presencia que en el suelo control. Por tanto, podemos indicar que la aplicación de enmiendas orgánicas en el suelo modifica el ecosistema microbiano y puede repercutir en la sanidad ambiental de dichos suelos. Por esta razón, consideramos necesario que se dicten parámetros de bioseguridad más estrictos para el uso de estas enmiendas en el suelo y que se lleven a cabo análisis del suelo posteriores a la aplicación.

Introducción

Con el objetivo de proporcionar un destino sostenible a los desechos procedentes del tratamiento de aguas urbanas y de los residuos sólidos, cada vez es más habitual su aplicación como enmiendas en suelos agrícolas (1). Estas prácticas contribuyen a la mejora de calidad del suelo para su uso agrícola, ya que modifican positivamente las características agronómicas, afectando tanto a las propiedades del suelo como a sus constituyentes (2). Algunos de los cambios relevantes en las propiedades del suelo se producen en su estructura física que influye directamente en el contenido de humedad, aireación, etc. Además de estos cambios también se produce un aumento de la cantidad de los constituyentes del suelo principalmente materia orgánica y por tanto elementos nutritivos. No obstante este aporte puede estar acompañado de elementos no deseables tales como metales pesados, contaminantes emergentes y microorganismos patógenos.

El motivo principal por el cual se introducen estos microorganismos es que estas enmiendas proceden de residuos con excretas humanas. Así, en estos materiales de desecho podrían existir una gran variedad de bacterias patógenas potencialmente peligrosas para la salud humana, prestando especial consideración si contaminan acuíferos o cultivos (3). Aunque los tratamientos aplicados a estos desechos deberían asegurar la eliminación de estos microorganismos patógenos, éstos se pueden encontrar presentes y ser transmitidos al suelo (4) y como consecuencia, éste aspecto debería ser valorado por las autoridades tanto sanitarias como ambientales. De hecho, en España todavía no disponemos de una legislación que indique valores máximos permitidos de microorganismos patógenos en estos residuos.

De esta forma, a la luz de estas consideraciones se plantea como objetivo dentro de la evaluación ambiental determinar la presencia de microorganismos patógenos (*Salmonella*, coliformes, enterococos y clostridios) y de su persistencia a lo largo del tiempo tras la aplicación de las enmiendas al suelo agrícola. Entre todas las metodologías, los recuentos de bacterias viables mediante técnicas de siembra en medio de cultivo consideramos que son adecuadas. Para este análisis se hizo una adaptación del protocolo para el análisis microbiológico de aguas.

Material y Métodos

Tratamientos.

Se aplicaron al suelo biosólidos, lodos de depuradora aerobios y anaerobios en una concentración de 160 Mg ha⁻¹ 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. Se tomaron 3 cilindros de los primeros 20 cm de profundidad en cada parcela. El primer muestreo se realizó 7

días 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. Transcurridas 24 horas, se pesaron 10 g de cada una de las muestras por triplicado, realizándose diluciones decimales, que se utilizaron para sembrar medios específicos y selectivos para cada microorganismo. Para el recuento, se escogieron aquellas placas que presentaron entre 30-300 unidades formadoras de colonias (UFC).

Medios de cultivo utilizados

Para determinar el número de enterococos fecales se usó el medio Slanetz-Bartley (Norma UNE-EN ISO 7899-2:2001). Se filtraron 10 mL de las diluciones escogidas, a través de un filtro con un tamaño de poro de 0,45 µm. Estos filtros se incubaron sobre el medio a 37°C durante 48 horas. Se confirmó la presencia de enterococos fecales en medio Bilis-esculina incubado a 44°C durante 2 horas.

En la determinación de los coliformes totales se empleó agar Chapman TTC: Se sembraron 100 µL a partir de diversas diluciones decimales en placas de este medio que se incubaron a 44°C durante 48 horas, tras lo que se procedió al recuento de las colonias fermentadoras de lactosa (Norma UNE-EN ISO 9308-1:2000 modificada).

Las esporas de clostridios sulfitorreductores se determinaron mediante el uso del medio Hierro Sulfito (HS) en el cual se inocularon 10 mL de la dilución previamente tratada a 80°C durante 10 minutos para eliminar las células vegetativas y seleccionar las esporas. Los tubos se incubaron a 37°C durante 48 horas en condiciones de anaerobiosis.

Para detectar la presencia de *Salmonella* se adaptó, a muestras de suelo, el método de determinación en alimentos (UNE-EN-ISO 6579:2002).

Resultados

Los análisis comenzaron tras la aplicación de los biosólidos en noviembre de 2009. Se tomaron muestras cada tres meses durante dos años. Los lodos aerobios y anaerobios se aplicaron en marzo de 2010 en las respectivas parcelas.

En el caso de los enterococos fecales; se observó un incremento inicial en los suelos tratados, con respecto al suelo control (0 y 3 meses). No se detectaron enterococos en los suelos con lodo anaerobio durante el muestreo realizado en el verano de 2010. Lo mismo ocurrió con las parcelas de suelo tratado con lodo aerobio, en la primavera y verano de 2011 e invierno y primavera de 2012. A lo largo de los meses se incrementó el número de enterococos en el suelo control y se produjo una disminución en las parcelas enmendadas. La cantidad de enterococos fecales presentes en el suelo tratado con biosólido es la que se mantuvo más estable a lo largo del tiempo.

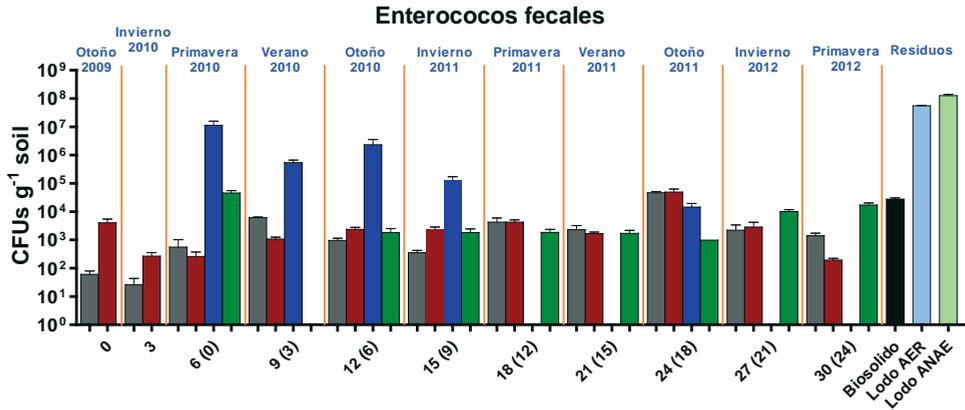


Figura 1. Evolución del número de enterococos fecales durante el análisis. Suelo control (gris), suelo con biosólidos (rojo), suelo con lodo aerobio (azul) y suelo con lodo anaerobio (verde). En el eje de abscisas el tiempo en meses, entre paréntesis el tiempo transcurrido desde la aplicación de los lodos de depuradora. Los residuos se analizaron únicamente al comienzo, antes de su aplicación.

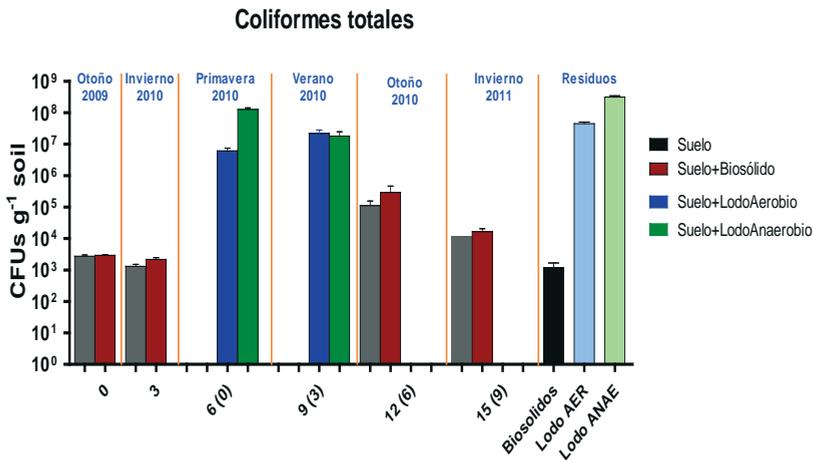


Figura 2. Evolución del número de coliformes totales durante el análisis. Suelo control (gris), suelo con biosólidos (rojo), suelo con lodo aerobio (azul) y suelo con lodo anaerobio (verde). En el eje de abscisas el tiempo en meses, entre paréntesis el tiempo transcurrido desde la aplicación de los lodos de depuradora. Los residuos se analizaron únicamente al comienzo, antes de su aplicación.

La adición de biosólidos no produjo un incremento considerable de coliformes, ya que presentan valores similares a los del suelo control. Sin embargo, la aplicación de los lodos sí incrementó de manera importante el número de estas bacterias. 6 meses después de la aplicación de los lodos la presencia de

coliformes disminuyó drásticamente dejando de observarse en el segundo año del estudio. Lo mismo ocurrió en los suelos con biosólidos a partir del año de su aplicación.

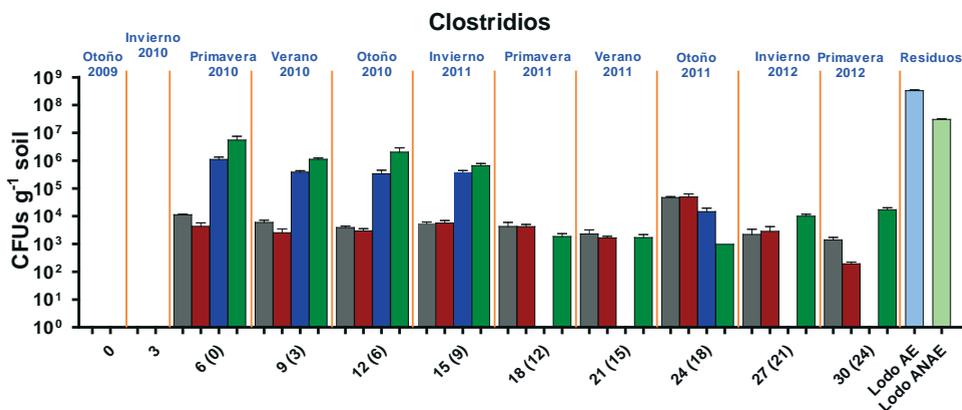


Figura 3. Evolución del número de clostridios durante el análisis. Suelo control (gris), suelo con biosólidos (rojo), suelo con lodo aerobio (azul) y suelo con lodo anaerobio (verde). En el eje de abscisas el tiempo en meses, entre paréntesis la temporalización de las muestras con lodos. Los residuos se analizaron únicamente al comienzo, antes de su aplicación.

En el caso de los recuentos de esporas de *Clostridium* se observó un aumento inicial donde se aplicaron lodos. Los biosólidos no produjeron cambios respecto al suelo control. Un año después de la aplicación no se detectaron apenas diferencias entre las parcelas tratadas con enmiendas y el suelo control, excepto su desaparición en las parcelas con lodos aerobios.

El análisis previo de las enmiendas mostró una concentración elevada de los tres indicadores de patógenos (figuras 1, 2 y 3) (excepto para las esporas de clostridios en los biosólidos, donde no se muestra el análisis, figura 3).

Las bacterias del género *Salmonella* fueron detectadas solamente en la muestra de lodo aerobio, aunque posteriormente no se detectó en ninguna de las parcelas tratadas.

Discusión y Conclusiones

Como se ha mostrado en los análisis realizados a los residuos, a pesar de la higienización a la cual se someten éstos, se registró la presencia de indicadores patógenos, que a su vez pueden detectarse en las parcelas tratadas y en el suelo control. Sin embargo, hay que destacar que esta detección en el suelo no siempre está correlacionada con la presencia de bacterias patógenas en los tratamientos, dado que en el suelo control se pueden observar de forma natural (ver Figuras). Diversos autores han observado este mismo resultado en suelos

agrícolas en condiciones similares al clima mediterráneo (5). No obstante, a pesar de que existen bacterias patógenas de forma natural en el suelo control, la tendencia general al aplicar los tratamientos es que los patógenos se ven incrementados en las parcelas enmendadas. Nuestros resultados muestran que en los primeros meses tras la aplicación de los lodos se detectaron cantidades elevadas de esporas de clostridios en comparación con las del suelo control (Figura 3). Este resultado se observó especialmente en las parcelas tratadas con lodo anaerobio, tendencia también descrita en algunos trabajos donde señalan que este tipo de lodos pueden promover el desarrollo de esta clase de bacterias (6). De forma análoga, también se detectó un aumento en el número de bacterias coliformes especialmente en las parcelas tratadas con lodos. Este incremento se mantuvo durante un tiempo de al menos 90 días, como también ha sido publicado en otros trabajos (7).

En el caso de los enterococos fecales, éstos presentaron resultados similares, pero en esta ocasión en las parcelas donde se aplicó lodo aerobio, lo que podría sugerir una posible correlación entre este indicador y los residuos aerobios.

Este número generalmente elevado de patógenos en las parcelas de suelo tratadas con lodos de depuradora podría ser causado por diversos motivos. El más evidente de ellos es que los lodos de depuradora están compuestos de microorganismos patógenos como hemos podido determinar mediante nuestros análisis y contrastando con la literatura científica (8). Por otro lado, la presencia de materia orgánica en las enmiendas podría estimular las actividades de los microorganismos del suelo, entre ellas las de aquellos que son patógenos. Aunque los ensayos realizados reflejen que los patógenos disminuyen a lo largo del tiempo y que por ello se puedan restablecer las condiciones óptimas de bioseguridad, en algunos de los muestreos se seguían detectando niveles altos de bacterias patógenas dos años después de la aplicación de los lodos. La persistencia de estas bacterias patógenas parece estar condicionada por distintos factores, especialmente la temperatura y la humedad (9). En concreto la humedad es crucial para su supervivencia, incluso aunque algunas bacterias presenten mecanismos de adaptación o formas de resistencia. Se ha comprobado que aunque los coliformes fecales y enterococos son capaces de adaptarse y sobrevivir a altas temperaturas (10), quizás no puedan resistir un periodo de sequía. Estos periodos de sequía son típicos de los climas mediterráneos, por tanto de nuestros suelos, y las enmiendas mejorarían el contenido de humedad y estabilidad (3). Sin embargo este efecto podría favorecer el mantenimiento de estos patógenos, constituyendo una desventaja desde el punto de vista de la sanidad del suelo.

Tras estos resultados, se podría afirmar que las enmiendas son portadoras de bacterias patógenas y que su aplicación en el suelo incrementa su presencia y persistencia en éste. Por estas razones estas prácticas no están exentas de posibles impactos ambientales y sanitarios y constituyen un problema de bioseguridad (1; 5). En nuestro experimento los microorganismos indicadores de contaminación fecal tienen una mayor presencia en las parcelas enmendadas,

en general, que en el suelo control. Concretamente en los meses iniciales tras la aplicación de los residuos se incrementaron los niveles de enterococos fecales y clostridios, por lo que éstos pueden ser un buen indicador del impacto ambiental y sanitario de la adición de estos tratamientos. Por lo tanto, debido al aumento de la persistencia de los patógenos, sugerimos la necesidad de que se dicten parámetros de bioseguridad más estrictos para el uso de estas enmiendas en el suelo y que se lleven a cabo análisis del suelo posteriores a la aplicación.

Referencias / Bibliografía

- (1) O'Connor GA, Elliott HA, Basta NT, Bastian RK, Pierzynski GM, Sims RC y Smith JE, Jr. (2005) Sustainable land application: an overview. *Journal of Environmental Quality*, 34: 7-17.
- (2) Bastida F, Moreno JL, Garcia C y Hernandez T (2007a) Addition of urban waste to semiarid degraded soil: Long-term effect. *Pedosphere*, 17: 557-567.
- (3) Entry JA y Farmer N (2001) Movement of coliform bacteria and nutrients in ground water flowing through basalt and sand aquifers. *Journal of Environmental Quality*, 30: 1533-1539.
- (4) Lemunier M, Francou C, Rousseaux S, Houot S, Dantigny P, Piveteau P y Guzzo J (2005) Longterm survival of pathogenic and sanitation indicator bacteria in experimental biowaste composts. *Applied Environmental Microbiology*, 71: 5779-5786.
- (5) Lang NL y Smith SR (2007) Influence of soil type, moisture content and biosolids application on the fate of *Escherichia coli* in agricultural soil under controlled laboratory conditions. *Journal of Applied Microbiology*, 103: 2122-2131.
- (6) Rivière D, Desvignes V, Pelletier E, Chaussonnerie S, Guermazi S, Weissenbach J, Li T, Camacho P y Sghir A (2009) Towards the definition of a core of microorganisms involved in anaerobic digestion of sludge. *ISME Journal*, 3: 700-714.
- (7) Sun YH, Luo YM, Wu LH, Li ZG, Song J y Christie P (2006) Survival of faecal coliforms and hygiene risks in soils treated with municipal sewage sludges. *Environmental Geochemistry and Health*, 28: 97-101.
- (8) Garrec N, Picard-Bonnaud F y Pourcher AM (2003) Occurrence of *Listeria* sp and *L. monocytogenes* in sewage sludge used for land application: effect of dewatering, liming and storage in tank on survival of *Listeria* species. *FEMS Immunology and Medical Microbiology*, 35: 275-283.
- (9) Rudolph B, Gebendorfer KM, Buchner J y Winter J (2010) Evolution of *Escherichia coli* for growth at high temperatures. *Journal of Biological Chemistry*, 285: 19029-19034.
- (10) Gerba CP y Bitton G (1994). Microbial pollutants: their survival and transport pattern to groundwater. *Groundwater pollution microbiology*. Krieger Publishing Company, Malabar, India, pp. 65-88.

PLATAFORMA DE DIFUSIÓN Y DEMOSTRACIÓN DE LA OBSERVACIÓN TERRESTRE PARA APLICACIONES MEDIOAMBIENTALES

ARBOLEYA ARBOLEYA, ANA; ÁLVAREZ MUÑIZ, JANA;
LAS-HERAS ANDRÉS, FERNANDO;

Área de Teoría de la Señal y Comunicaciones; Dpto. de Ingeniería Eléctrica;
Universidad de Oviedo. aarboleya@tsc.uniovi.es,
jalvarez@tsc.uniovi.es, flasheras@tsc.uniovi.es.
Edificio Polivalente, módulo 8, Campus Universitario
de Gijón, 33203, Gijón

Palabras clave: Observación terrestre, satélites, estación de seguimiento, monitorización, difusión, medio ambiente, EUMETSAT.

Resumen

Los grandes avances en tecnología espacial han conseguido en los últimos años un gran desarrollo en los instrumentos a bordo de los satélites, convirtiéndolos en una pieza clave para el estudio, monitorización y evaluación del impacto de las variaciones de los principales parámetros medioambientales. El control del cambio y evolución del clima requiere mediciones continuas a muy largo plazo, por lo que los satélites se han convertido en un elemento esencial, siendo capaces de captar imágenes globales y con perspectiva única tanto de la atmósfera como de las superficies del océano y la tierra.

Dentro del marco de la Cátedra Telefónica de la Universidad de Oviedo, cuyo lema es “Tecnologías de la Información y las Comunicaciones Aplicadas al Medio Ambiente”, el grupo de investigación TSC-Uniovi ha desarrollado ESSUO: Estación de Seguimiento de Satélites de la Universidad de Oviedo. ESSUO surge como plataforma de investigación y difusión de potencialidades de la Observación Terrestre para sectores científicos e industriales que requieran del seguimiento medioambiental.

La estación obtiene datos de alta precisión y resolución a lo largo del tiempo para el estudio detallado de diversos parámetros medioambientales, tanto a nivel global como focalizado en las zonas de Asturias y España; su objetivo es mostrar la potencialidad de los datos y de los parámetros derivados en diversos sectores productivos y de servicios, bien mediante aplicaciones específicas bajo demanda, o bien a través de actividades de divulgación como charlas, talleres y visitas.

Introducción

La estación de seguimiento ESSUO, recibe datos de la organización EUMETSAT (1), una organización gubernamental formada en 1986 por 26 países con dos fines principales: en primer lugar, EUMETSAT se encarga del control de los satélites de tipo meteorológico y medioambiental europeos de las series Meteosat (Geoestacionarios) y Metop (Polares); en segunda instancia, su objetivo es la creación de un amplio archivo de datos para un estudio fiable y detallado de la variación de parámetros medioambientales y cambio climático, permitiendo su distribución a nivel global al mayor número posible de usuarios mediante instalaciones de bajo coste.

A su vez, EUMETSAT forma parte de la red GEONETCast (2), una red cuyo objetivo es diseminar los datos tanto de satélites como de observaciones in-situ que se obtienen en las distintas organizaciones que la integran. Algunas de las organizaciones que conforman esta red y aportan datos junto con EUMETSAT son la Administración Nacional Oceánica y Atmosférica de Estados Unidos (NOAA) (3), la Organización Meteorológica Mundial (WMO) (4) o la Administración Meteorológica de China (CMA) (5).

Los satélites geoestacionarios describen órbitas sobre el ecuador terrestre a 35786 km de altura, se mueven en la dirección de rotación de la tierra y con su mismo periodo orbital, lo que hace que permanezcan fijos con respecto a un punto de observación en la tierra y proporcionen información constante de una amplia zona geográfica. Por el contrario, los satélites meteorológicos de tipo polar, describen órbitas con una inclinación cercana a los 90 grados, es decir, órbitas que pasan por los polos de la Tierra a una altura en torno a 800 Km. Estos satélites proporcionan imágenes con mucha más resolución pero es necesario tener sistemas motorizados de antenas para realizar un seguimiento de las órbitas a su paso sobre la estación y la cobertura no es constante sino que realizan unas 14 órbitas diarias.

Parte de los datos son recibidos como productos ya procesados, proporcionando información sobre parámetros variados, como temperaturas, cobertura de nieve, vegetación, flujos energéticos, etc. Por otro lado, se reciben datos sin procesar y en distintas bandas espectrales, procedentes de distintos tipos de satélites; estos datos permiten el diseño de aplicaciones propias de procesamiento de datos, base en labores de investigación y desarrollo de aplicaciones para diversos sectores de la región, como el agrícola, ganadero o industrial.

La mayoría de parámetros recibidos se muestran en una web (6) que, junto con otras actividades como charlas, cursos o talleres, funciona como escaparate de difusión de resultados. Además, ESSUO ejerce un papel de concienciación sobre la necesidad de conocimiento y seguimiento medioambiental, tanto en la comunidad universitaria como en la sociedad en general, de cara a la sostenibilidad y desarrollo de nuevas actividades económicas.

En el siguiente apartado se explicarán el diseño de la estación y la recepción de datos, y en el apartado de resultados se mostrarán, a modo de ejemplo, los tipos de datos más significativos que se reciben y procesan, así como la aplicación ASTURSAT en la que actualmente se trabaja.

Material y Métodos

Los datos de EUMETSAT y de la red GEONETCast son accesibles de varias formas (7). La primera de ellas sería la lectura directa de los satélites (8), lo cual limitaría la cobertura a los satélites con los que la ESSUO tiene visión directa, es decir, el satélite geoestacionario Meteosat, y los satélites polares a su paso sobre la estación. No se recibirían entonces datos de otros satélites geoestacionarios en otras zonas, ni información de los satélites polares salvo de la zona geográfica próxima a la estación.

La recepción también puede realizarse a partir del archivo online que EUMETSAT genera y pone a disposición de sus usuarios. La desventaja en este caso es la disponibilidad temporal de los datos, puesto que éstos no son accesibles en tiempo real, siendo necesario esperar a que EUMETSAT los descargue, procese y añada a su base de datos (9).

La tercera opción, EUMETCast, presenta ciertas ventajas que la han elegido como forma de recepción de datos en la ESSUO. EUMETCast es un canal de disseminación mediante satélites geoestacionarios comerciales de forma que los datos están disponibles a nivel global prácticamente en tiempo real (10). El esquema de disseminación se muestra en la Figura 1. Puede verse como todos los datos son codificados y enviados en un único flujo en formato DVB-S (11) a un satélite geoestacionario europeo (Eurobird-9) que a su vez distribuye los datos tanto a los usuarios dentro de su rango de cobertura, como a los centros de distribución de los continentes africano y americano. En la literatura pueden encontrarse múltiples antecedentes que prueban la fiabilidad y los buenos resultados obtenidos mediante este método para diversas aplicaciones de carácter similar a la que aquí se presenta (12)-(14).

El formato de datos enviado por el satélite, es un flujo DVB, lo que hace que la recepción y la decodificación puedan hacerse de forma sencilla. La recepción de datos se realiza mediante un reflector de 120 cm de diámetro colocado en el balcón de antenas que el Área de Teoría de la Señal posee en sus instalaciones. La señal recibida es una señal digital a 11 GHz de frecuencia que se convierte a una frecuencia inferior para transportarla hasta los ordenadores de la estación en los que se decodifica. Una vez decodificada, cada tipo de datos debe ser procesado con el software adecuado para su posterior análisis y almacenamiento. La configuración hardware de la estación se realiza con respecto a la zona geográfica, que determina el tamaño y frecuencia de las antenas a emplear para unos niveles de calidad en la recepción ya establecidos (15).

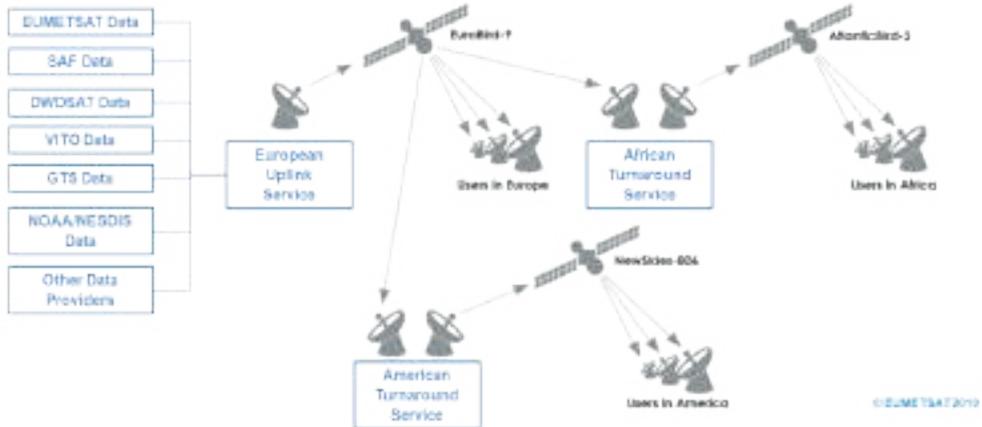


Figura 1. Esquema de diseminación de datos del canal EUMETCast.

Tras la decodificación se pueden obtener distintos tipos de datos. Por una parte se decodifican datos enviados directamente de cada satélite en formato nativo; por otra parte, es posible obtener datos y productos ya procesados con información de distintos satélites, generados en instalaciones especializadas en el estudio de un determinado tipo de parámetros denominadas SAF (*Satellite Application Facilities*) (1).

En la ESSUO actualmente se reciben datos procesados de dos de estas instalaciones: OSI SAF (*Ocean Surface and Ice SAF*), especializados en el estudio de parámetros relativos a la temperatura del océano y la concentración de hielo en los polos, y LSA SAF (*Land and Surface Analysis SAF*) dedicados al estudio de parámetros que afectan a la superficie terrestre como flujos de radiación, temperatura, cobertura de vegetación, evapotranspiración, etc. Además, también se reciben otros productos meteorológicos ya procesados con información de nubes, viento, probabilidad de precipitación, etc.

Los datos recibidos directamente de los satélites son captados en varias bandas de frecuencia o canales espectrales, siendo cada una de esas bandas útiles para la observación de un determinado tipo de parámetro. A modo de ejemplo, los canales de la banda visible ofrecen información sobre la superficie terrestre, la del océano o las nubes cuando la luz solar incide sobre las mismas; por otro lado, con canales de bandas de infrarrojo es posible obtener información sobre las características térmicas. Los canales en bandas de microondas son capaces de traspasar las nubes e incluso las capas más superficiales del terreno, por lo que son muy útiles para proporcionar datos sobre las distintas capas de la atmósfera, la hidratación del terreno o la cobertura de nieve y hielo, entre otros.

A mayor número de canales espectrales, mayor número de parámetros pueden ser monitorizados. El Meteosat de segunda generación actualmente operativo

es capaz de obtener datos en 12 bandas espectrales mientras que los satélites NOAA y Metop de tipo polar trabajan en 6 bandas. El instrumento MODIS (16), a bordo de varios satélites de la NASA, es capaz de trabajar en 36 canales espectrales distintos.

Es también importante la resolución espacial que puede proporcionar cada tipo de instrumento, aunque no siempre es necesario trabajar con la máxima resolución que ofrecen los satélites (17). Por lo general, los satélites geoestacionarios ofrecen peor resolución espacial, en torno a 4 Km/pixel, mientras que los satélites en órbitas más bajas, al estar más cerca de la superficie terrestre ofrecen mejores valores: los satélites de las series NOAA y Metop trabajan con resoluciones de 1 Km/pixel, mientras que el instrumento MODIS a bordo de los satélites Terra y Aqua, puede llegar a proporcionar una resolución espacial de 250 m/pixel.

Otro tipo de resolución a tener en cuenta es la resolución temporal de cada satélite (17). Los satélites geoestacionarios permanecen estáticos con respecto a un punto de observación en Tierra, por lo que su cobertura temporal es constante. Por el contrario, los satélites en órbitas polares realizan unas 14 órbitas diarias, de las cuales aproximadamente 3 son visibles desde un determinado punto (a excepción de las estaciones en latitudes muy altas, sobre las que el satélite pasa un mayor número de veces). De esta forma, es usual combinar varios de estos satélites para que las pasadas por un determinado punto se distribuyan a lo largo del día, mejorando así la cobertura temporal.

Con todos los productos recibidos se almacenan varias copias diarias, con el fin de crear una base de datos amplia en el tiempo que permita obtener información estadística sobre su variación y evolución.

Por último, se desarrolla también una aplicación denominada ASTURSAT que trata de focalizar los datos a nivel de la región asturiana y de España. ASTURSAT ofrece la posibilidad de combinar la información de múltiples canales, realizando operaciones matemáticas y aplicando filtros de color a los mismos, de forma que es posible realzar múltiples parámetros con la información obtenida. Además, ofrece la posibilidad de representación de los datos sobre mapas generados en la propia aplicación, o sobre capas de *GoogleEarth* (18), posibilitando la focalización de estas representaciones en zonas geográficas específicas.

Resultados

Actualmente la mayoría de datos recibidos son procesados mediante software comercial y representados en tiempo real en la web que se ha creado específicamente para su difusión (6). Paralelamente, se ha ido creando una base de datos desde que la ESSUO entró en funcionamiento, en Octubre de 2010, para realizar estudios estadísticos sobre los parámetros y poder conocer con exactitud su evolución y variaciones.

El uso de software comercial presenta varias limitaciones, ya que se necesita un tipo de software específico para cada formato. De esta forma, no es posible generalmente definir una región de interés específica, teniendo que procesarse la totalidad de la imagen. Además, la representación de los datos es limitada y ofrece poca interactividad

Los tipos de datos que se manejan hasta el momento se presentan en la Tabla 1. Además de esos datos, mediante combinación y filtrado de los distintos canales espectrales recibidos de cada satélite (ver Figura 2), pueden obtenerse múltiples tipos de imágenes en los que pueden realizarse parámetros específicos como la vegetación, los tipos de nubes, la probabilidad de precipitación, etc. Esta funcionalidad está implementada en la aplicación ASTURSAT que permite, de forma intuitiva y mediante un solo programa, el procesado de distintos tipos de formatos e imágenes desde una sola aplicación.

Tabla 1. Principales tipos de datos recibidos y procesados.

LSA SAF	OSI SAF	PRODUCTOS METEOROLÓGICOS
Fraction of Vegetation Cover	Global Sea Surface Temperature	Cloud Mask
Leaf Area Index	North Atlantic Region Sea Surface Temperature	Cloud Analysis Image
Fraction of Absorbed Photosynthetic Active Radiation	Global Sea Ice Concentration	Cloud Height
Evapotranspiration	Global Sea Ice Edge	Multisensor Precipitation Estimate
Snow Cover	Global Sea Ice Type	Atmospheric Motion Vectors
Irradiance		Fire Map
Surface Albedo		
Land Surface Temperature		
Down-welling Surface Short & Long wave Radiation Flux		
Fire Risk Map		

Uno de los objetivos principales de ASTURSAT es la simplicidad, por lo que su interfaz está formada por una ventana de configuración en la que es posible seleccionar los tipos de datos, fecha y varias opciones de procesado, visualización y composición de imágenes. Existe otra ventana que permite diversas posibilidades de representación de datos, mostrando información de

una región específica o combinando áreas más extensas. En la Figura 3 y la Figura 4 se muestran algunas de las opciones de visualización que ofrece la aplicación: datos en forma de imagen, superposición de los datos sobre un mapa o representación en una capa de *GoogleEarth*, tanto dentro de la propia aplicación como en una ventana externa.

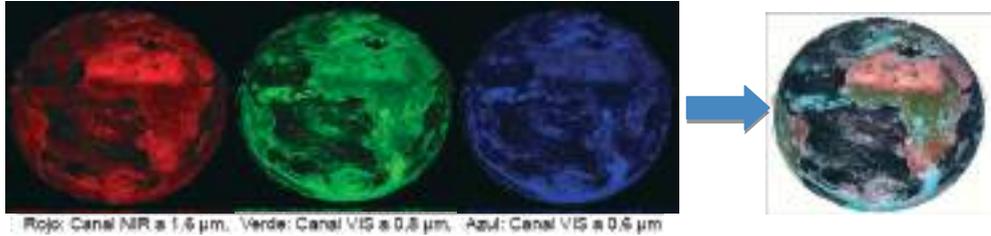


Figura 2. Composición de imágenes RGB con tres bandas del Meteosat. Se obtiene imagen en falso color en la que se distingue el tipo de nubes, la cobertura de vegetación, el hielo, la nieve, etc.

Discusión y Conclusiones

La Estación de Seguimiento de Satélites ESSUO se ha creado con el objetivo de participar en el estudio y monitorización de los principales parámetros climáticos y la evaluación de los efectos de sus variaciones.

Se pretende, además, difundir las potencialidades de la información obtenida en su utilidad a sectores específicos, utilizando para ello elementos de divulgación como la propia representación de algunos parámetros procesados en el blog-web de la ESSUO, así como mediante talleres, visitas y cursos dentro de la comunidad de estudiantes.

Con la aplicación ASTURSAT, se posibilita también el manejo de gran número de datos desde una sola interfaz simple e intuitiva. Esta herramienta sirve de base para realizar aplicaciones específicas bajo demanda en una zona geográfica seleccionada, como el caso particular del estudio de los parámetros más influyentes dentro de los sectores industrial y agrario en la región asturiana.

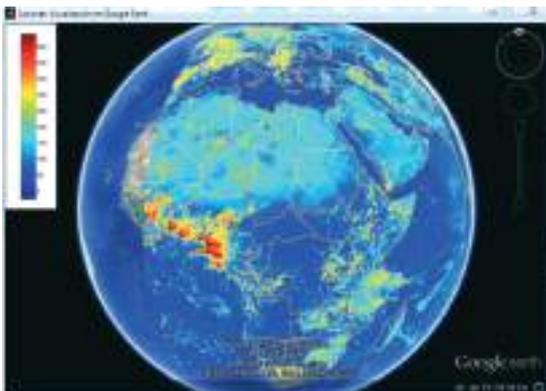


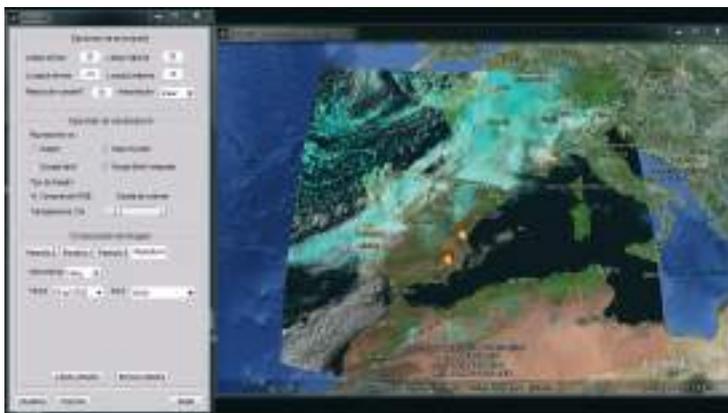
Figura 3. Representación en ventana externa de *GoogleEarth*.



(a)



(b)



(c)

Figura 4. Representaciones integradas en la aplicación ASTURSAT. (a) Imagen, (b) representación sobre mapa, (c) representación integrada en GoogleEarth.

Referencias / Bibliografía

- (1) EUMETSAT (consulta: Abril de 2013) <http://www.eumetsat.int/Home/index.htm>
- (2) GEONETCast (consulta: Abril de 2013) <http://www.earthobservations.org/geonetcast.shtml>
- (3) NOAA (consulta: Abril de 2013) <http://www.noaa.gov/>
- (4) WMO (consulta: Abril de 2013) http://www.wmo.int/pages/index_es.html
- (5) China Meteorological Administration (consulta: Abril de 2013) www.cma.gov.cn/en/
- (6) Web ESSUO (consulta: Abril de 2013) <http://tsc.uniovi.es/satelites/>
- (7) Centro de datos de Eumetsat (consulta: Octubre 2013) <http://www.eumetsat.int/website/home/Data/index.html>
- (8) Servicio de lectura directa de datos de Eumetsat (consulta: Octubre 2013) <https://www.eumetsat.int/website/home/Satellites/CurrentSatellites/Metop/DirectReadoutService/index.html>
- (9) Acceso a datos on-line de Eumetsat (consulta: Octubre 2013) <http://www.eumetsat.int/website/home/Data/DataDelivery/OnlineDataAccess/index.html>
- (10) Canal de diseminación de datos EumetCAST consulta: Octubre 2013) <http://www.eumetsat.int/website/home/Data/DataDelivery/EUMETCast/index.html>
- (11) DVB-S (consulta: Abril de 2013) <http://www.etsi.org/technologies-clusters/technologies/satellite/dvb-s>
- (12) Óscar Chic, "Eumetcast Receiving Station Integration Within the Satellite Image Database Interface (SAIDIN) System", Coastal Ocean Observatory, Institut de Ciénces del Mar, CSIC.
- (13) Vincent Gabaglio, "EUMETSAT and its Contribution to IPA Beneficiaries Countries", (consulta: Octubre 2013) http://www.wmo.int/pages/prog/drr/SEE/Geneva16-17Feb/Presentations/2-EUMETSAT_presentation.pdf
- (14) Dundee Satellite Receiving Station, (consulta: Octubre 2013) <http://www.sat.dundee.ac.uk/auth.html>
- (15) Requerimientos hardware de la Estación de seguimiento (consulta: octubre 2013) <http://www.eumetsat.int/website/home/Data/DataDelivery/EUMETCast/ReceptionStationSetup/index.html>
- (16) MODIS (consulta: Abril de 2013) <http://modis.gsfc.nasa.gov/>
- (17) M.C. Thomson, S.J. Connor, Environmental information systems for the control of arthropod vectors of disease, Medical and Veterinary Entomology, Vol 14, Issue 3, pp. 227-244, September 2000
- (18) Google Earth (consulta: Abril de 2013) <http://www.google.com/earth/index.html>

BLOQUE II:
Estudios de casos



CARACTERIZACIÓN ECOLÓGICA DE LAS RIBERAS DEL MONUMENTO NATURAL LAGUNA DEL ARQUILLO COMO BASE PARA SU RECUPERACIÓN Y RESTAURACIÓN

HERNÁNDEZ MURAT, R; DOMÍNGUEZ DEL VALLE, J;
MONTEAGUDO MARTÍNEZ, L.A.

Ideas Medioambientales S.L. idea@ideasmedioambientales.com. Albacete.

Palabras clave: riberas, humedal, estado ecológico, restauración, Laguna del Arquillo, RQI.

Resumen

Se presentan los resultados de la caracterización del estado de conservación de las riberas del Monumento Natural Laguna del Arquillo siguiendo el Índice de Calidad Ecológica *RQI*, que define las cualidades de las orillas en función de siete atributos ecológicos e hidrogeomorfológicos. El análisis detectó deficiencias relacionadas con la estructura y la regeneración de la vegetación leñosa de ribera, derivadas de la práctica inexistencia de estrato arbóreo y arbustivo por actividades agroganaderas; en contraposición con el buen estado de los indicadores hidrogeológicos y de funcionamiento dinámico de las orillas. Las conclusiones extraídas han servido como base para definir estrategias de recuperación y restauración funcional, consistentes en el diseño de un proyecto de mejora ecológica centrado en el refuerzo poblacional de la vegetación leñosa junto con acciones de protección y control del uso público.

Introducción

La valoración de la calidad de los ecosistemas de ribera es un tema de gran interés no solo por la importancia de conocer su funcionamiento ecológico sino también por la reciente regulación normativa que supone la Directiva Marco del Agua (1), que, junto con la Estrategia Nacional de Restauración de Ríos desarrollada en España en consonancia (2), obligan a establecer pautas de gestión, conservación y recuperación de los recursos hídricos.

Existen numerosas metodologías para la valoración de la calidad de las riberas basadas fundamentalmente en técnicas de reconocimiento visual (3, 4, 5), si bien presentan ciertas limitaciones en su aplicación al no incluir los principios

de la Directiva Marco del Agua (DMA). En el presente trabajo se optó por aplicar un protocolo adaptado a la filosofía de la DMA y que al mismo tiempo permitiera detectar las deficiencias existentes en los componentes del sistema fluvial y plantear actuaciones para su recuperación. El método elegido fue el **Índice de Calidad Ecológica de las Riberas** o *RQI* (ver 6).

Material y Métodos

El Monumento Natural Laguna del Arquillo (MNLA) se localiza al suroeste de la provincia de Albacete (España), a unos 1.000 m sobre el nivel del mar, en las estribaciones al norte de la Sierra de Alcaraz, ocupando el piso bioclimático supramediterráneo (UTM 30SWH55; figura 1). Esta zona húmeda fue declarada Espacio Natural Protegido (ENP) bajo el epígrafe de Monumento Natural por la Orden de 12 de junio de 1996 de la Consejería de Agricultura y Medio Ambiente (7) y el Decreto 184/2000 de 19 de diciembre (8).

El estudio se centró en las dos **áreas** con régimen de protección legal (ver 8): el Monumento Natural o Zona 1, con categoría de conservación prioritaria, que abarca la Laguna del Arquillo y el primer tramo de río que desemboca en la misma junto con los ecosistemas adyacentes; y la Zona Periférica de Protección o Zona 2, con función de amortiguación y que engloba el tramo del **río Arquillo y los ecosistemas más alejados del complejo lagunar no incluidos en la Zona 1** (figura 2).

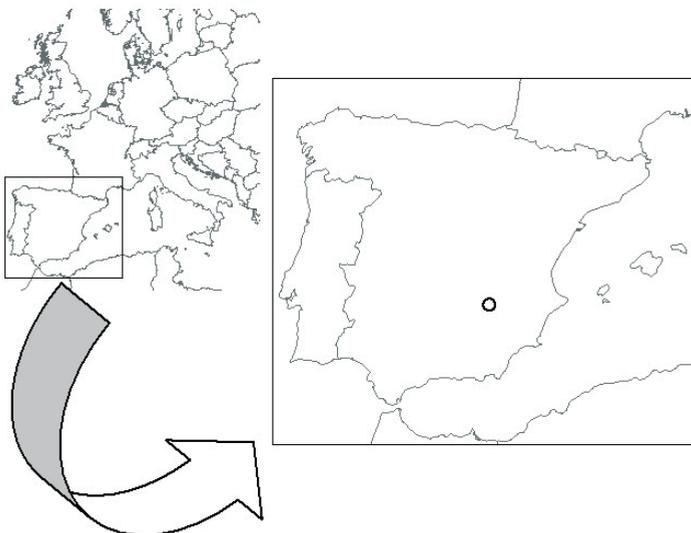


Figura 1. Localización del área de estudio dentro de la Península Ibérica.

La Laguna del Arquillo presenta un origen cárstico-fluvial, formada por el represamiento travertínico del cauce del río Arquillo. Posee una superficie de 3,84 ha, con 378 m de longitud máxima y 112 m de anchura máxima. Tiene una profundidad de hasta 8 m, con orillas verticales en casi toda su extensión. Sólo en la zona sur, por donde entra el río Arquillo, la pendiente es más suave por la deposición de materiales fluviales arrastrados por la corriente (9). Por otro lado, el río Arquillo nace a 1.300 m.s.n.m. en la Sierra de Alcaraz, discurriendo de forma encajonada entre depósitos travertínicos y desembocando en el río Jardín junto a la población del mismo nombre (8, 9, 10).

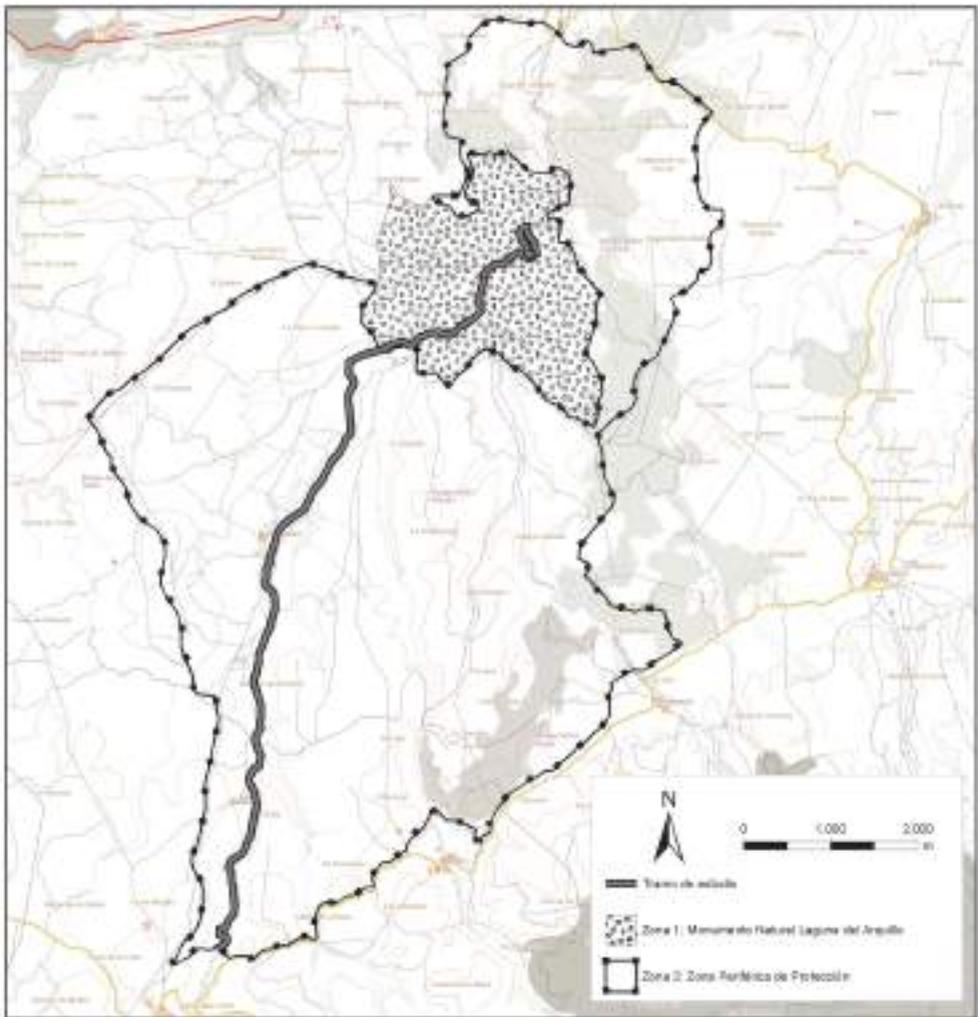


Figura 2. Mapa esquemático de las dos zonas de estudio dentro del Monumento Natural Laguna del Arquillo.



Figura 3. Distribución de estaciones de muestreo en las zonas de trabajo establecidas. Izquierda: Zona Periférica de Protección. Derecha: Monumento Natural

Para la caracterización de la calidad de las orillas del MNL se ha utilizado el **Índice de Calidad Ecológica de las Riberas** o *RQI* (ver 6), donde las condiciones de conservación de las orillas se establecen siguiendo criterios hidrogeomorfológicos en función del análisis de los procesos y de la dinámica riparia, adaptándose a los principios de la Directiva Marco del Agua, y facilitando el diseño de estrategias de gestión para la mejora o restauración y su evaluación posterior.

En primer lugar se definieron las condiciones de referencia o de vegetación potencial en virtud de las características hidrogeomorfológicas y de la región biogeográfica donde se ubica el tramo de estudio. El establecimiento de las condiciones de referencia se basó en la información recogida en las prospecciones *in situ*, el análisis cartográfico del terreno y la revisión bibliográfica (8, 9, 10).

Posteriormente se establecieron estaciones de muestreo consistentes en secciones lineales de ribera de 100 m, que en el Monumento Natural se dispusieron abarcando la totalidad del cauce, mientras que en la Zona Periférica de Protección las secciones de muestreo se distribuyeron de manera sistemática cada 300 m hasta abarcar el 26 % de la orilla. En total se caracterizó una longitud de ribera de 5 Km (figuras 2 y 3). En cada estación de muestreo se registraron los siguientes atributos (ver 6 para más detalles): **I.** Continuidad longitudinal de la vegetación riparia, **II.** Dimensiones en anchura del espacio con vegetación asociada al río, **III.** Composición y estructura de la vegetación riparia, **IV.** Regeneración natural de la vegetación arbórea y arbustiva, **V.** Condición de las orillas, **VI.** Conectividad transversal y **VII.** Permeabilidad y condición del substrato ripario.

Resultados

Tanto el perímetro ribereño de la laguna como la propia orilla del río Arquillo obtuvieron valores de *RQI* que los asocian a un estado ecológico pobre. El análisis de resultados muestra valores deficientes relacionados con los atributos de *Continuidad*, *Regeneración* y *Composición* (tabla 1). Se observa una dominancia de las formaciones herbáceas, con un estrato arbóreo y arbustivo prácticamente inexistente que no llega a cubrir el 25% de superficie. La composición de la vegetación se encuentra alterada por pastoreo, amenazando la regeneración natural de la vegetación leñosa por la escasa presencia de pies jóvenes y renuevos. Sin embargo, los atributos hidrogeológicos y relacionados con el funcionamiento dinámico de la ribera se encuentran en buen estado, con orillas protegidas por la vegetación y escasos síntomas de erosión y compactación, una excelente conectividad condicionada por la baja altura de la orilla y buena permeabilidad por la ausencia de suelos compactados en el entorno.

Tabla 1. Resultados de los valores de conservación obtenidos para cada atributo analizado, diferenciados en función del régimen de protección (MN: Monumento Natural, ZPP: Zona Periférica de Protección).

		MN + ZPP		MN	
Atributo		Valor	Estado Atributo	Valor	Estado Atributo
I. Continuidad	Orilla Izquierda	6	REGULAR	3	MALA
	Orilla Derecha	5	REGULAR	3	MALA
II. Anchura	Orilla Izquierda	4	REGULAR	5	REGULAR
	Orilla Derecha	3	MALO	6	REGULAR
III. Composición	Orilla Izquierda	4	REGULAR	3	REGULAR
	Orilla Derecha	4	REGULAR	3	REGULAR
	Trasorilla Izquierda	1	MALO	2	REGULAR
	Trasorilla Derecha	1	MALO	3	BUENA
IV. Regeneración		3	MALO	3	REGULAR
V. Orillas		6	REGULAR	9	BUENO
VI. Conectividad		6	BUENA	10	OPTIMA
VII. Permeabilidad		8	BUENA	8	BUENA
VALOR TOTAL DEL RQI		52	POBRE	58	POBRE

Discusión y Conclusiones

Las modificaciones antrópicas ejercidas sobre el entorno por las actividades agroganaderas han alterado profundamente la estructura ecológica de la ribera del MNLA. Las principales consecuencias son: pérdida de continuidad de la vegetación leñosa del bosque de ribera, reducción de la diversidad botánica -especialmente de árboles y arbustos-, falta casi total de renuevo generacional debido a la eliminación de pies jóvenes por quemas, ganadería y desbroces, y ocupación del espacio de ribera por actividades agrícolas. Igualmente, la presencia incontrolada de visitantes hasta el mismo borde de la laguna ha fomentado procesos erosivos en los suelos, desperfectos en la vegetación de ribera al crearse accesos y playas antes inexistentes, y molestias a la fauna. Estas amenazas ya fueron descritas hace una década (ver 9) y se mantienen en mayor o menor medida en la actualidad, reflejando la necesidad de desarrollar un programa de gestión integral que permita recuperar las características originales de los ecosistemas de la zona.

Atendiendo a estas conclusiones, se ha desarrollado un proyecto de recuperación fundamentado en corregir aquellos atributos que resultaron deficientes en la valoración. El objetivo ha sido restaurar el entorno del MNLA a las condiciones de referencia de las orillas, contribuyendo al cumplimiento de la Directiva Marco del Agua (1), así como de los objetivos de la Estrategia Nacional de Restauración de Ríos (2) y del Plan de Ordenación de Recursos Naturales de este espacio (8).

La actuación principal de manejo se ha centrado en el refuerzo poblacional de la vegetación leñosa del bosque de ribera mediante plantación de especies autóctonas siguiendo las pautas y fundamentos definidos en (9, 11, 12). La selección de especies para la plantación ha tenido como objetivo recuperar la diversidad y la cobertura vegetal, dando prioridad a aquellos taxones que contribuyen con una mayor biomasa y que de alguna manera constituyen el armazón estructural sobre el que se asientan las comunidades botánicas. Así, se definió como comunidad de referencia la geoserie fluvial mediterránea ibérica central de los bosques de álamos blancos *Rubio tinctorum*-*Populus albae geosigmatum*, y se tomaron como base las especies y sus marcos de plantación recomendadas para esta comunidad por (11). Las especies seleccionadas fueron *Salix purpurea* subsp. *lambertiana*, *Salix alba*, *Populus alba*, *Ulmus minor*, *Fraxinus angustifolia*, *Rubus ulmifolius*, *Crataegus monogyna*, *Clematis vitalba* y *Cornus sanguinea*. Para la ejecución de las plantaciones se ha optado por un ahoyado mecánico puntual siguiendo el método *Jandu*, que proporciona un mayor grado de esponjamiento del terreno facilitando la colonización por las raíces (12), para después proceder a la plantación manual de los especímenes. Asimismo, en zonas puntuales de la orilla de la laguna con un importante grado de erosión y compactación se ha planteado la instalación de rollos estructurados con fibra y revegetados con *Juncus inflexus* o *Cladium mariscus*, especies que ocupan actualmente el margen perilagunar (figuras 4 y 5).

Por otro lado, se han concretado medidas encaminadas a regular el uso público para salvaguardar las comunidades botánicas y faunísticas, y los elementos etnográficos y arqueológicos del MNLA. Así, se ha delimitado un área recreativa y de aparcamiento que pretende concentrar la llegada de visitantes y vehículos, y servir como punto de inicio de la ruta interpretativa a pie. Este itinerario recorrería los puntos más significativos del ENP e iría acompañado de cartelería explicativa sobre los valores ambientales del entorno y las actuaciones de recuperación. En el mismo sentido, se recomienda la instalación de indicativos de restricción de acceso en el inicio de sendas y caminos que afecten a zonas protegidas y/o restauradas. También cabe mencionar la propuesta de instalación de un vallado semipermeable en el flanco norte y oeste del complejo lagunar que aportaría una barrera visual no opaca y controlaría el acceso a las áreas anejas a los caminos, reduciendo las molestias sobre la fauna y el deterioro de la vegetación en estas zonas.

Finalmente, y como medida de control de la eficacia de las intervenciones de restauración y recuperación propuestas, se recomienda aplicar el índice *RQI* a las mismas estaciones de muestreo seleccionadas inicialmente en años sucesivos. La obtención del índice antes y después de la ejecución de los proyectos de restauración es una medida fundamental para poder valorar en qué modo han mejorado los atributos riparios, y verificar hasta qué punto se han cumplido los objetivos de restauración, rehabilitación o mejora fluvial considerados. O si por el contrario se han mantenido, o incluso acrecentado, las causas de degradación

anteriormente existentes, o han aparecido otras nuevas no previstas en la evolución del desarrollo de los procesos ecológicos (6, 13).

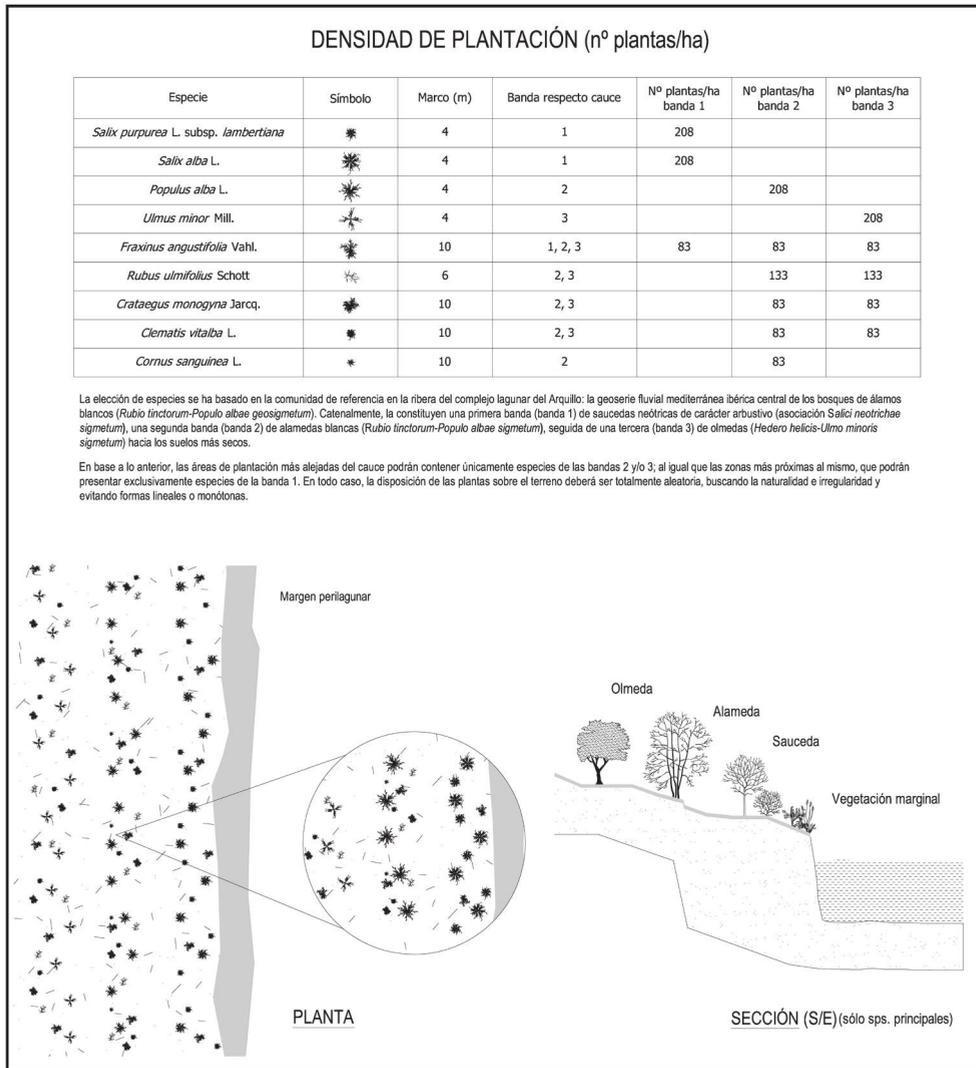


Figura 4. Diseño de la plantación para refuerzo poblacional de la vegetación leñosa del bosque de ribera.

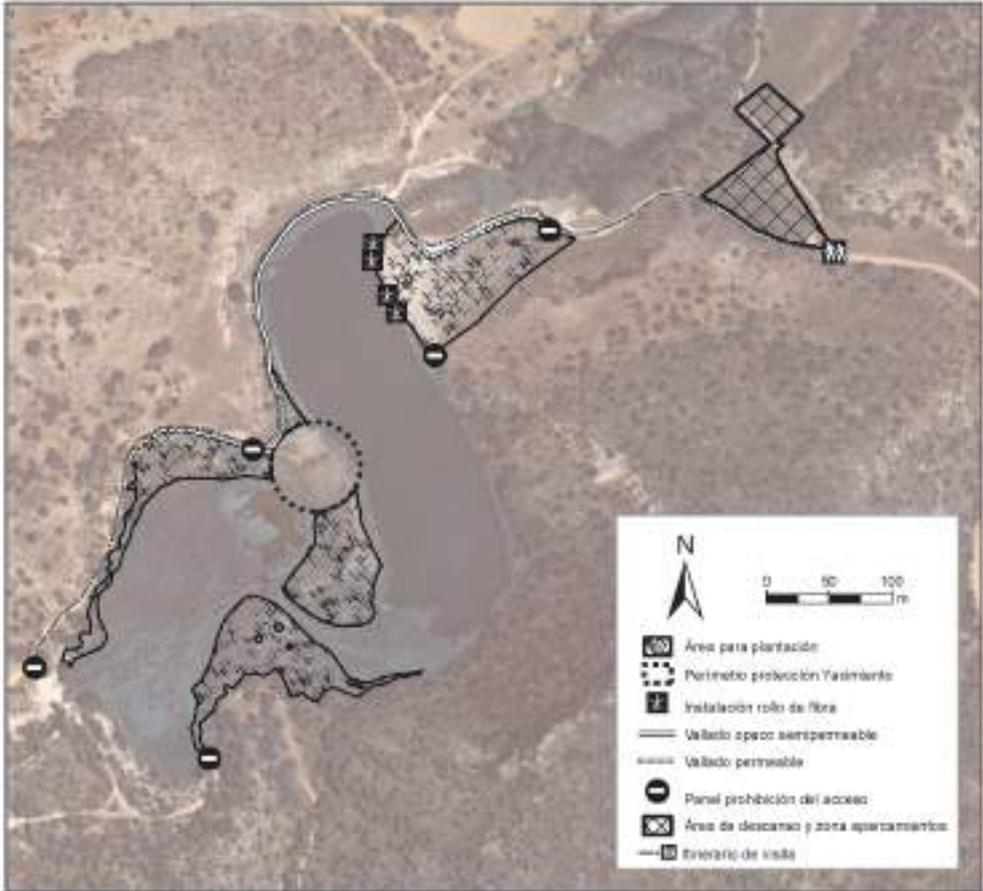


Figura 5. Distribución de actuaciones contempladas en el Proyecto de recuperación.

Referencias / Bibliografía

- (1) 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. D.O.C.E. Núm. L 327/1, de 22 de diciembre de 2000.
- (2) Ministerio de Medio Ambiente y Medio Rural y Marino (Ed.). 2010. *Bases de la Estrategia Nacional de Restauración de Ríos*. Ministerio de Medio Ambiente y Medio Rural y Marino. Secretaría General Técnica. Centro de Publicaciones. Págs: 102.
- (3) Munné A., Solá C. & Prat N. 1998. QBR: Un índice rápido para la evaluación de la calidad de los ecosistemas de ribera. *Tecnología del Agua*, 175: 20-37.
- (4) Munné A, Prat N., Solá C., Bonada N. & Rieradevall M. 2003. A simple field method for assessing the ecological quality of riparian habitat in rivers

- and streams: QBR index. *Aquatic Conservation: Marine and Freshwater Ecosystems*, 13: 147-163.
- (5) Gutiérrez C., Salvat A. & Sabater F. 2001. Índex per a l'avaluació de la qualitat del medi fluvial a partir de la vegetación de ribera, Índex IVF. Documents tècnics del'Agència Catalana de l'Aigua.
 - (6) González del Tánago M., García de Jalón D., Lara F. & Garilletei R. 2006. Índice RQI para la valoración de las riberas fluviales en el contexto de la Directiva Marco del Agua. *Ingeniería Civil* 143: 97-108.
 - (7) Orden de 12 de junio de 1996 de la Consejería de Agricultura y Medio Ambiente por la que se acuerda el inicio del expediente para la aprobación de 28 humedales de Castilla-La Mancha D.O.C.M. nº 28, de 21 de junio de 1996.
 - (8) Decreto 184/2000, de 19 de diciembre, por el que se aprueba el Plan de Ordenación de los Recursos Naturales de la Laguna del Arquillo, en Masegoso, El Robledo y Peñascosa (Albacete), y se declara el Monumento Natural de la Laguna del Arquillo. D.O.C.M. nº 6, de 16 de enero de 2001.
 - (9) Coleto *et al.* 2001. *El complejo lagunar del Arquillo: Estudio ecológico*. Instituto de Estudios Albacetenses Don Juan Manuel de la Excm. Diputación de Albacete. Serie I, nº 128. Págs: 150.
 - (10) Cirujano, S. 1990. *Flora y vegetación de las lagunas y humedales de la provincia de Albacete*. Instituto de Estudios Albacetenses de la Excm. Diputación de Albacete. Serie I, nº 52. Págs: 144.
 - (11) Aguilera *et al.* 2007. *Bases para un plan de conservación de riberas de la Confederación Hidrográfica del Júcar*. Universidad de Valencia. Recurso electrónico disponible a fecha de 12 de junio de 2013 en: http://www.chj.es/es-es/ciudadano/participacion_publica/Documents/Plan%20Hidrol%C3%B3gico%20de%20cuenca/Bases para un Plan de conservacion de riberas CHJ.pdf
 - (12) Camero, F. & Velasco, J. 2008. *Manual para la Restauración de riberas en la Cuenca del Río Segura*. Confederación Hidrográfica del Segura. Recurso electrónico disponible a fecha de 12 de junio de 2013 en: <http://www.chsegura.es/chs/cuenca/restauracionderios/riberas/>
 - (13) González del Tánago, M. 2004. La Restauración de los Ríos: Conceptos, Objetivos y Criterios de actuación. En: J. Cachón y T. López-Piñeiro (eds.), *Congreso de Restauración de Ríos y Humedales*, 15-31. Publ. CEDEX, Congresos, Madrid. Págs: 499.

CARACTERIZACIÓN DE LOS IMPACTOS QUE GENERA LA INDUSTRIA DE ÁRIDOS EN CANARIAS

DE TORRES DOMÍNGUEZ, DAMIÁN (1);
GUTIÉRREZ LLARENA, FRANCISCO (2)

(1). Universidad de La Laguna. Depto de Ingeniería
Producción y Economía Agraria

(2). Enviro S.L. Consultoría ambiental

Introducción

Las extracciones mineras a cielo abierto son actividades irremplazables para la obtención de materias primas para la construcción y la industria. Por ello es necesario llegar a un compromiso entre esta actividad inevitable y la magnitud de los impactos ambientales que provoca en su entorno.

La actividad extractiva reflejada en el censo de explotaciones mineras de Canarias, elaborado por la Dirección General de Industria del Gobierno de Canarias, asciende a un total de 39 registradas, solo en la provincia de Santa Cruz de Tenerife. Con una capacidad extractiva muy variable, algunas rondan el millón de toneladas al año.

A esto debemos añadir la actividad ilegal, que es muy cuantiosa. Los fabricantes de áridos denuncian a una decena de machacadoras ilegales, solo en la isla de La Palma, llegando a cubrir una gran parte de la demanda que tiene las islas. La Asociación de Fabricantes de Áridos de Canarias (AFA) ha denunciado la presencia de multitud de plantas machacadoras sin autorización administrativa, incumpliendo los requisitos técnicos mínimos establecidos en la legislación vigente.

Nos encontramos en la necesidad de identificar sistemáticamente los impactos que provoca esta actividad. En este trabajo profundizamos en la identificación y caracterización básica de los impactos que generan estas actividades en Canarias. El análisis y el diagnóstico de las condiciones particulares de cada proyecto serán las que determinen la cuantificación de la magnitud y el alcance de las afecciones, las correcciones pertinentes y la evaluación final del proyecto.

Para llevar a cabo dicha identificación, se ha procedido al estudio por separado de las tres fases que abarca la actividad: la que hemos denominado “instalación” y



Figura 1. Extracción abandonada de Canarias, de forma poco adecuada.

que abarca las operaciones previas a la extracción en sí. Incluye básicamente las operaciones de desbroce; saneamiento de taludes; y de la construcción de las instalaciones necesarias para la gestión de la actividad: edificaciones de servicio e instalación de equipos y maquinaria de extracción, clasificación y transporte.

FASE DEL PROYECTO: I INSTALACION

FACTOR AMBIENTAL	SAN. DE TALUDES	DESBRUCE	EDIFICACION	IMPACTO	SIGNO	REVERSIBILIDAD	EXTENSION	PROBABILIDAD	INCIDENCIA	ACUMULACION	MANIFESTACION	PERSISTENCIA	RECUPERAB	APARICION	EFEECTO
ATMOSFERA			18	ALT.FASE SOLIDA	-	RI	L1	O	D	B	C3	T1	P	E2	F1
ATMOSFERA	1			ALT.FASE SOLIDA	-	RI	L1	O	D	B	C2	T1	P1	E1	F1
ATMOSFERA		6		ALT.FASE SOLIDA	-	RI	L1	O	D	B	C2	T1	P1	E1	F1
ATMOSFERA	2			RUIDOS	-	RI	L1	O	D	B1	C3	T1	P1	E1	F1
ATMOSFERA		7		RUIDOS	-	RI	L1	O	D	B1	C3	T1	P1	E1	F1
SUELO		8		ALT.EDAFICA	-	RL	L2	O	D	B1	C	T	P1	E	F1
SUELO	3			CONTAMINACION	-	RL	L2	O1	D	B	C2	T	P1	E	F1
SUELO		9		DEST.DIRECTA	-	RL	L2	O	D	B1	C	T	P1	E	F1
FLORA		10		ALT.PROCESOS	-	RL	L2	O	D1/10,16,18	B1	C	T1	P1	E	F1
FLORA		11		DEST.DIRECTA	-	RL	L2	O	D	B1	C	T1	P1	E	F1
FAUNA		12		ALT.PROCESOS	-	RL	L2	O	D1/8,16,18	B1	C	T1	P1	E1	F1
FAUNA	4			ALT.PROCESOS	-	RL	L2	O	D	B1	C	T1	P1	E1	F1
FAUNA		13		DEST.DIRECTA	-	RL	L2	O	D	B1	C	T1	P1	E1	F1
P.ECOLOG		14		DEST.DIRECTA	-	RL	L2	O	D	B1	C	T1	P1	E1	F1
PERCEPTUAL		15		PAISAJE	-	RL	L1	O	D1/16,18	B1	C1	T1	P1		F
SOCIOECON		16		BIENESTAR HUMANO	-	RL	L1	O1	D1/3,5	B1	C1	T1	P1		F1
SOCIOECON	5			BIENESTAR HUMANO	-	RL	L2	O1	D1/2,4	B2	C2	T2	P2		F2
SOCIOECON		17		USOS DEL SUELO	-	RI	L2	O1	D	B1	C1	T1	P1		F



Figura 2. Afecciones al paisaje.

LEYENDA
REVERSIBILIDAD R) IRREVERSIBLE. RI) REVERSIBLE INMEDIATO. RL) REVERSIBLE LARGO PLAZO.
EXTENSION L) ÁMBITO EXTENSO DE INCIDENCIA L1) EXTENSION LOCAL. L2) EXTENSION PUNTUAL.
PROBABILIDAD O) CIERTO. O1) PROBABLE.
INCIDENCIA D) DIRECTO. D1(,) INDIRECTO A TRAVES DEL FACTOR Nº...
ACUMULACION B) ACUMULATIVO. B1) SIMPLE.
MANIFESTACION C1) EFECTO LARGO PLAZO. C2) E. MEDIO PLAZO. C3) E. CORTO PLAZO.
PERSISTENCIA T) PERMANENTE. T1) TEMPORAL.
RECUPERABILIDAD P) IRRECUPERABLE P1) RECUPERABLE
APARICION E) PERIODICO. E1) IRREGULAR.
EFFECTOS F) CONTINUO. F1) DISCONTINUO

FASE DEL PROYECTO: II EXPLOTACIÓN

	ARRANQ-CARGA	TRANSPORTE	CLASIFICADO	ACCESOS	ACOPIOS	RES.MAQUIN	IMPACTO	SIGNO	REVERSIBILIDAD	EXTENSION	PROBABILIDAD	INCIDENCIA	ACUMULACION	MANIFESTACION	PERSISTENCIA	RECUPERAB	APARICION	EFECTO
ATMOSFERA	1						ALT.FASE GASEOSA	-	RI	L2	O	D	B	C	T1	P1		F
ATMOSFERA		14					ALT.FASE GASEOSA	-	RI	L2	O	D	B	C	T1	P1	E	F
ATMOSFERA	2						ALT.FASE SOLIDA	-	RI	L1	O	D	B	C1	T1	P1		F
ATMOSFERA		15					ALT.FASE SOLIDA	-	RI	L1	O	D	B	C1	T1	P1	E	F
ATMOSFERA			20				ALT.FASE SOLIDA	-	RI	L1	O	D	B	C1	T1	P1	E	F
ATMOSFERA				24			ALT.FASE SOLIDA	-	RI	L	O	D	B1	C2	T1	P1	E1	F1
ATMOSFERA	3						RUIDOS	-	RI	L1	O	D	B1	C3	T1	P1	E1	F1
ATMOSFERA				25			RUIDOS	-	RI	L	O	D	B1	C3	T1	P1	E1	F1
SUELO			21				ALT.EDAFICA	-	R	L2	O	D	B1	C	T	P1	E	F
SUELO					31		ALT.EDAFICA	-	RL	L2	O1	D	B	C	T	P1	E1	F1
SUELO					32		CONTAMINACION	-	RL	L2	O1	D	B1	C	T	P1	E1	F1
SUELO	4						DEST.DIRECTA	-	R	L2	O	D	B1	C	T	P1	E	F
P.GEOFISIC	5						ALT. ESTABILIDAD		R	L2	O	D	B	C	T1	P1	E1	F
P.GEOFISIC	6						EROSION		R	L2	O	D	B	C	T1	P1	E1	F
P.GEOFISIC	7						VIBRACIONES	-	RI	L1	O	D	B	C	T1	P1	E	F
P.GEOFISIC			22				VIBRACIONES	-	RI	L2	O	D	B	C	T1	P1	E	F
MORFOLOGI	8						ALT.TOPOGRAFICA	-	R	L2	O	D	B1	C	T	P1	E	F
MORFOLOGI					28		ALT.TOPOGRAFICA	-	RI	L2	O	D	B1	C	T	P1	E	F
FLORA		16					ALT. PROCESOS	-	RL	L2	O	D1/20;34	B	C2	T1	P1	E	F
FLORA					33		ALT.PROCESOS	-	RL	L2	O1	D/56,33	B	C	T	P1	E1	F1
FLORA					34		DEST.DIRECTA	-	RL	L2	O1	D	B	C	T	P1	E1	F1
FAUNA				26			ALT.PROCESOS	-	RI	L1	O	D	B	C	T1	P1	E1	F1
FAUNA					35		ALT.PROCESOS	-	RL	L2	O1	D1/56,30	B	C	T	P1	E1	F1
FAUNA					36		DEST.DIRECTA	-	RL	L2	O1	D	B	C	T	P1	E1	F1
P.ECOLOG					37		DEST.DIRECTA	-	RL	L2	O1	D	B	C	T	P1	E1	F1
P.ECOLOG	9						DEST.DIRECTA	-	R	L2	O	D	B	C	T	P1		F
P.ECOLOG					29		INTERF.PROCESO	-	RI	L2	O	D	B	C	T	P1	E	F
P.ECOLOG	10						INTERF.PROCESOS	-	R	L2	O	D	B	C	T	P1		F
P.ECOLOG					38		INTERF.PROCESOS	-	RL	L2	O1	D	B	C	T1	P1	E1	F1
PERCEPTUAL	11						PAISAJE	-	R	L	O	D1/34	B1	C	T1	P1	E	F
PERCEPTUAL		17					PAISAJE	-	RI	L1	O	D1/23	B1	C	T1	P1	E	F
PERCEPTUAL			23				PAISAJE	-	RI	L2	O	D1/24	B1	C2	T1	P1		F
PERCEPTUAL					30		PAISAJE	-	RI	L1	O	D	B	C	T	P1	E	F
SOCIOECON	12						BIENESTAR HUMANO	-	RI	L1	O	D1/22,26,43	B1	C	T1	P1	E	F
SOCIOECON		18					BIENESTAR HUMANO	-	RI	L1	O	D1/23	B1	C	T1	P1	E	F
SOCIOECON				27			BIENESTAR HUMANO	-	RI	L1	O	D1/25,27	B	C1	T1	P1	E1	F1
SOCIOECON	13						MOVILID- POBLACION	-	RL	L1	O1	D1/22,26	B1	C1	T1	P1		F
SOCIOECON		19					MOVILID- POBLACION	-	RI	L1	O1	D1/23	B	C1	T1	P1	E	F

**FASE DEL PROYECTO:
III
ABANDONO**

	RECHAZOS	HUECOS	RESTOS MAQ.	IMPACTO	SIGNO	REVERSIBILIDAD	EXTENSION	PROBABILIDAD	INCIDENCIA	ACUMULACION	MANIFESTACION	PERSISTENCIA	RECUPERAB	APARICION	EFECTO
MORFOLOGIA	1			ALT.TOPOGRAFIA	-	R	L2	O	D	B	C	T	P1		F
MORFOLOGIA		5		ALT.TOPOGRAFIA	-	R	L2	O	D	B1	C	T	P1		F
P.ECOLOG	2			INTERF.PROCESOS	-	RL	L2	O	D	B1	C	T	P1		F
PERCEPTUAL		6		PAISAJE	-	R	L	O	D1/59	B1	C	T	P1		F
PERCEPTUAL	3			PAISAJE	-	RL	L1	O	D1/58	B1	C1	T	P1		F
SOCIOECON		7		APROV.RECURSOS	-	R	L1	O	D	B1	C	T	P1	E	F
SOCIOECON			10	APROV.RECURSOS	-	R	L1	O	D	B1	C	T	P1		F
SOCIOECON	4			APROV.RECURSOS	-	R	L1	O	D	B	C	T	P1		F
SOCIOECON		8		INF.PRODUCTIVAS	-	R	L1	O	D	B1	C	T	P1	E	F
SOCIOECON			11	INF.PRODUCTIVAS	-	R	L1	O	D	B1	C	T	P1		F
SOCIOECON		9		USOS DEL SUELO	-	R	L	O	D	B1	C	T	P1	E	F
SOCIOECON			12	USOS DEL SUELO	-	R	L	O	D	B1	C	T	P1		F



Figura 3. Cantera abandonada. La figura humana permite entender la dimensión.

LEYENDA
REVERSIBILIDAD R) IRREVERSIBLE. R1) REVERSIBLE INMEDIATO. RL) REVERSIBLE LARGO PLÁZO.
EXTENSION L) ÁMBITO EXTENSO DE INCIDENCIA L1) EXTENSION LOCAL. L2) EXTENSION PUNTUAL.
PROBABILIDAD O) CIERTO. O1) PROBABLE.
INCIDENCIA D) DIRECTO. D1/..) INDIRECTO A TRAVES DEL FACTOR N°...
ACUMULACIÓN B) ACUMULATIVO. B1) SIMPLE.
MANIFESTACIÓN C1) EFECTO LARGO PLAZO. C2) E. MEDIO PLAZO. C3) E. CORTO PLAZO.
PERSISTENCIA T) PERMANENTE. T1) TEMPORAL.
RECUPERABILIDAD P) IRRECUPERABLE P1) RECUPERABLE
APARICIÓN E) PERIODICO. E1) IRREGULAR.
EFFECTOS F) CONTINUO. F1) DISCONTINUO

Según la experiencia que hemos acumulado en los últimos años, podríamos concluir que, durante la **fase de instalación**, la actividad que más impactos causa es el desbroce previo a la acción extractiva, dado que incide sobre la atmósfera; el suelo; la flora; la fauna; sobre los procesos ecológicos; y sobre los aspectos perceptuales y socioeconómicos.

Como ya hemos indicado, al particularizar para cada cantera concreta, la valoración cuantitativa relativa a la magnitud de la alteración asociada a cada impacto puntual cobra unos valores diferentes en virtud de la magnitud y peculiaridades de la actividad extractiva, así como del lugar en que se instale (o pretenda instalar) y de sus valores intrínsecos.

La **fase de explotación** es, a todas luces la generadora de mayor número de impactos, pudiendo caracterizarse hasta un número de 13 impactos durante las operaciones de arranque y carga de materiales, y que inciden sobre los diferentes elementos de medio ambiente, tal y como se ha reflejado en la matriz correspondiente.

Hemos optado por separar las operaciones de clasificado del material extraído, de las actividades de acopio y almacenamiento, porque entendemos que, aunque están directamente relacionadas y dependen de la estrategia productiva y empresarial con la que se organice cada explotación, generan alteraciones diferenciadas e identificables.

Las medidas que pueden evitar o reducir la generación de polvo durante el transcurso de la actividad son:

- Limitar la altura de caída del material en los puntos de transferencia.
- Orientar los acopios y caminos de forma que el viento no desplace el polvo hacia zonas habitadas o medioambientalmente sensibles cercanas.
- Disponer barreras perimetrales que eviten la dispersión del polvo.
- En días ventosos, se debe suspender temporalmente la actividad.
- Empleo de máquinas aspiradoras.
- Efectuar riegos por aspersión
- Limitar la velocidad de equipos móviles y el paso de maquinaria no necesaria.

La **fase de abandono** cobra una especial relevancia, una vez concluida la explotación. De las medidas adoptadas dependerá la huella que permanecerá en el medio, así como el desarrollo futuro de las zonas afectadas. En este sentido, están cobrando fuerza, como alternativa a la restauración de condiciones ecológicas semejantes a las originales, otros aprovechamientos relacionados con aquellas actividades productivas que normalmente requieren un “desmonte” inicial.

Desde 1982 la legislación española obliga al titular de la explotación a recuperar el espacio degradado para que no se convierta en un lugar insalubre

o ambientalmente degradado de forma permanente. Las alternativas de restauración son muy variadas y, a modo de sucinta relación, exponemos algunas de ellas:

I.- Restauración para uso agrícola, ganadero o forestal.

- Cultivos tradicionales en secano o regadío. Invernaderos
- Cultivos industriales. Fibras, colorantes y tintóreas, etc.
- Cultivo de especies aromáticas y medicinales.
- Cultivos forrajeros para aprovechamiento ganadero
- Cultivos energéticos.
- Plantaciones forestales para madera y papel.
- Balsas de agua.
- Aprovechamientos ganaderos no convencionales.

II.- Restauración para uso industrial o urbanístico.

- Sistemas de depuración de aguas residuales
- Centros de reserva y recuperación de animales.
- Industrias transformadoras de productos agrícolas y ganaderos
- Explotación de energías renovables.
- Transformación en suelo industrial
- Urbanización del suelo

III.- Restauración para uso recreativo.

- Creación de entornos de ocio y cultural-recreativos.
- Transformación en circuito para bicis y motos.
- Adecuación como polideportivo. Piscina cubierta.
- Campo de tiro.

Conclusiones

Con frecuencia, no se analizan suficientemente los posibles impactos de la extracción de áridos a la hidrología, la calidad de las aguas y las posibles afecciones a los hábitats incluidos en los LIC. La fase de información pública y de consultas sobre el estudio de impacto ambiental permite conocer las alegaciones de carácter ambiental que garantizan el mantenimiento de los valores.

Es importante un buen análisis previo y selección de alternativas, de acuerdo a lo establecido en el artículo 6 de la Directiva 94/43/CEE, relativa a la conservación de los hábitats naturales y de fauna y flora.

En Canarias especialmente, la eliminación de la vegetación y la puesta en superficie de acopios de áridos, origina un enorme efecto sobre los valores paisajísticos, y un fuerte contraste cromático con la vegetación de los alrededores.

Una buena parte de las canteras existentes en Canarias son merecedoras de una D.I.A. en sentido negativo, dado que causan efectos negativos significativos sobre el medio ambiente, y teniendo en cuenta que las medidas previstas por los promotores no garantizan de modo suficiente la corrección o su adecuada compensación.

Referencias / Bibliografía

- (1) ANEFA (2002). Áridos: Guía de buena apariencia en canteras y graveras. 92 pp.
- (2) ANEFA. (2006). Explotaciones de áridos y medio ambiente. 76 pp.
- (3) Ayala Carcedo y otros. 1987. Criterios geoambientales para la restauración de canteras, graveras y explotaciones a cielo abierto en Madrid. IGME. 82 pp.
- (4) Baretino, D. (2009). Minería, medio ambiente y ordenación del territorio. Reunión técnica sobre ordenación minero-ambiental. La Rioja. 29 pp.
- (5) Carpintero O. (2005). El metabolismo de la economía española. Recursos naturales y huella ecológica (1955-2000). Lanzarote. 636 pp.
- (6) Comunidad de Madrid (2007). La minería y el medio ambiente. El recorrido de los minerales. Madrid. 23 pp.
- (7) Díaz Martínez y otros. 2008. Nueva legislación española de protección de la naturaleza y desarrollo rural: implicaciones para la conservación y gestión del patrimonio geológico y la geodiversidad. Geo-Temas nº 10: 1310-1314.
- (8) Díaz Martínez y otros. 2008. La conservación de la naturaleza debe incluir la geodiversidad y el patrimonio geológico como parte del patrimonio natural. Boletín Europarc nº 25.
- (9) Domínguez, J.A. y otros. 2000. Evaluación de áreas de graveras mediante tratamiento multitemporal de imágenes aéreas y espaciales. Tecnologías Geográficas para el Desarrollo Sostenible. Departamento de Geografía. Universidad de Alcalá, 2000: 240-255
- (10) Enríquez de Salamanca, A., Carrasco, M.J. 2009. Manual de gestión y restauración de zonas préstamo y vertederos en obras civiles. Madrid. Ministerio de Fomento. 387 pp.

- (11) Gobierno de Aragón. Manual de Restauración de explotaciones mineras a cielo abierto en Aragón. 140 pp.
- (12) Gobierno de la Rioja. 2005. Plan director de las actividades mineras en la Comunidad Autónoma de la Rioja PLAMINCAR (2005-2010). 104 pp.
- (13) Gobierno de la Rioja. Gestión de residuos en explotaciones mineras a cielo abierto. 100 pp.
- (14) Gobierno de la Rioja. Manual de Restauración de minas a cielo abierto. 172 pp.
- (15) Jiménez García-Herrera, J. 1992. La recuperación de áreas degradadas para la avifauna acuática en España. *Ardeola* 39(2): 65-71.
- (16) Junta de Castilla y León. SIEMCALSA. 2008. Los áridos en Castilla y León. 24 pp.
- (17) Martín Ferrero, MA. 1992. Impacto ambiental provocado por la extracción de áridos en Toro (Zamora). III Congreso de Economía Regional de CyL. Segovia. *Comunicaciones* 2: 618-632.
- (18) Ministerio de Ciencia e Innovación. Instituto Geológico y Minero de España. 2009. Documento metodológico para la elaboración del inventario de español de lugares de interés geológico. Madrid. 61 pp.
- (19) Ministerio de Industria, Comercio y Turismo. 2009. Directorio de industrias extractivas. Madrid. 99 pp.
- (20) Ministerio de Industria y Energía. IGME. 1989. Manual de Restauración de terrenos y evaluación de impactos ambientales en minería. Madrid. 322 pp.
- (21) Ministerio de Medio Ambiente, Medio rural y Marino de España. 2008. Plan Nacional Integrado de Residuos (PNIR). Madrid. 136 pp.
- (22) Subirón Garay, C. 2009. Situación ambiental y riesgos existentes en las labores mineras abandonadas de la provincia de Cáceres. Conama. Madrid. 19 pp.

DETERMINACIÓN DEL GRADO DE COLMATACIÓN DEL EMBALSE DE VALLE I MEDIANTE ESTUDIOS BATIMÉTRICOS Y HERRAMIENTAS SIG

GRANERO CASTRO, J. ¹; CORDÓN EZQUERRO, J. ¹;
RODRÍGUEZ GARCÍA, J. ¹; MONTES CABRERO, E. ¹

¹Área Medio Ambiente y Sostenibilidad,
TAXUS MEDIO AMBIENTE, Oviedo – Asturias
Tf: 985 24 65 47 – Fax: 984 155 060
e-mail: jgranero@taxusmedioambiente.com

Palabras clave: embalse, batimetría, ecosonda, SIG, colmatación, sedimentos..

Resumen

La colmatación de los embalses influye en el rendimiento final del aprovechamiento hidroeléctrico de los mismos, así como sobre su potencial ecológico. Debido a ello, resulta necesario realizar estudios de detalle para conocer el estado sedimentario de los embalses con el objetivo de conseguir la máxima eficiencia y prevenir problemas.

La presente comunicación describe la metodología empleada para conocer el grado de colmatación de un embalse mediante la elaboración de una batimetría de precisión y el posterior uso de herramientas SIG para conocer la distribución tridimensional de los sedimentos en el vaso.

Introducción

En la actualidad, la acumulación de sedimentos, o colmatación, ocasiona numerosos problemas durante la explotación de los embalses. Una sedimentación excesiva conlleva una disminución del volumen útil del embalse provocando una pérdida de rendimiento en el aprovechamiento eléctrico y una disminución del abastecimiento de agua para su consumo.

Desde un punto de vista medioambiental, los problemas derivados de la colmatación se asocian con pérdidas en el potencial ecológico, acumulación de tóxicos en los sedimentos acumulados, con el consiguiente riesgo potencial

para la fauna acuática en caso de desestabilización de estos; y confinamiento de suelos junto con una alteración de la hidrología natural teniendo consecuencias tanto aguas abajo, pérdida de deltas y estuarios; como aguas arriba, actuando a modo de inmovilizador de los suelos arrastrados por erosión.

Un correcto seguimiento de la sedimentación de los embalses permitiría gestionar adecuadamente la explotación óptima de estos y reduciría notablemente los problemas medioambientales derivados de su explotación. Por ello, a continuación, se expone el procedimiento para determinar el grado de colmatación del embalse de Valle I mediante la utilización de una sonda batimétrica y la aplicación de un software SIG (Sistema de Información Geográfica).

Material y Métodos

Durante la realización del estudio, los trabajos se realizaron en dos fases claramente diferenciadas. Por una parte, el trabajo de campo realizado para la obtención de datos batimétricos y, por otra parte, el tratamiento e interpretación de esos datos mediante un software SIG.

Trabajo de Campo

La toma de datos batimétricos se realizó a través de una ecosonda batimétrica monohaz modelo Midas Surveyor de alta frecuencia, acompañada de un transductor de 210 kHz y un GPS Ashtech A12, obteniéndose datos x, y, z de toda la superficie del lago. Para ello se realizaron transectos transversales y longitudinales por la superficie del mismo, mediante una embarcación neumática.



Figura 1. Sonda batimétrica utilizada durante los trabajos de campo.

El transductor es el encargado de emitir y recoger ondas, de forma que a través de la diferencia de tiempo entre la señal emitida y la recibida, se calcula la profundidad existente en un punto concreto. Estas profundidades quedan localizadas en el espacio a través del GPS. La información se almacena en el cuerpo de la sonda, siendo posteriormente tratada mediante el software adecuado, pasando así a la siguiente fase.

Trabajo de Gabinete

Una vez obtenida la nube tridimensional de puntos del embalse, se procede a la eliminación de *outliers* erróneos, puntos que se desvían fuera de los límites del modelo o bien puntos que no tienen una situación lógica dentro de los puntos que lo rodean. Posteriormente, se realiza una corrección de los datos mediante las cotas por hora del embalse durante el día de muestreo y se digitaliza el contorno del embalse a su cota máxima.

Integrando todos los elementos, finalmente creamos un modelo de profundidades, basado en una red de triángulos irregulares denominado por sus siglas en inglés como TIN (*Triangulated Irregular Network*), mediante la utilización una herramienta incluida en el software SIG que permite la interpolación de datos distribuidos espacialmente.

Finalmente, el propio software SIG permite calcular el volumen del modelo de profundidades, mediante una cota dada. Una vez obtenido este volumen, para el cálculo del modelo de sedimentación es necesario digitalizar la cartografía inicial del embalse, permitiendo así la comparación entre ambos modelos tridimensionales [1]. Esta comparación permite realizar una estimación del volumen de sedimentos acumulados en el embalse desde su puesta en servicio, así como determinar las variaciones en el volumen de agua a una cota concreta [2][3].

Embalse Valle I.

El embalse de Valle I presentaba las siguientes características durante los trabajos de campo realizados en 2012:

Tabla 1. Especificaciones del embalse de Valle I durante los trabajos de campo

Nivel máximo de agua	4,87 m
Cota máxima del embalse	1.190,50 m.s.n.m.
Intervalo de cotas obtenidas durante el muestreo	1.189,473 m.s.n.m. 1.184,876 m.s.n.m.

Posteriormente, siguiendo la metodología citada en el apartado anterior, se procedió al tratamiento y transformación de los datos batimétricos obtenidos en campo, creándose un modelo digital de profundidades.



Figura 2. Modelo digital de profundidades de Valle I.

Se modeló, a continuación, la situación del embalse en 1996 mediante la digitalización de cartografía realizada sobre el lecho del embalse ese año. Por lo que se obtiene también un nuevo modelo digital de profundidades del embalse en 1996, procediendo al cálculo de volúmenes y a la comparación los dos modelos, inicial y actual.

Tabla 2. Volúmenes calculados para el embalse Valle I.

Volumen 2012 (entre cotas 1.190,50 – 1.184,88)	0,019 hm ³
Volumen 1996 (entre cotas 1.190,50 – 1.184,88)	0,041 hm ³

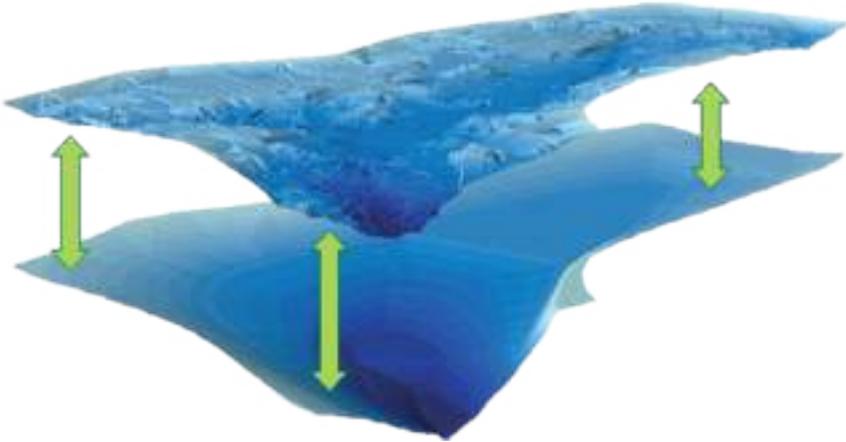


Figura 3. Comparación entre ambos modelos digitales de profundidades.

De la comparativa de estos volúmenes se pueden extraer los siguientes datos y gráficas:

Tabla 3. Datos de volúmenes y porcentajes de disminución a diferentes cotas.

Cota	Volumen 2.012 (m ³)	Volumen 1.996 (m ³)	% de Disminución
1.190,50	19.117,71	41.092,0	53,48%
1.189,50	9.256,88	28.302,0	67,29%
1.188,50	2.989,24	20.317,0	85,29%
1.187,50	524,55	13.811,0	96,20%
1.186,50	146,36	7.885,0	98,14%
1.185,50	22,71	4.271,0	99,47%
1.184,50	0,00	2.258,0	100,00%
1.183,50	0,00	1.267,0	100,00%
1.182,50	0,00	555,0	100,00%
1.181,50	0,00	132,0	100,00%

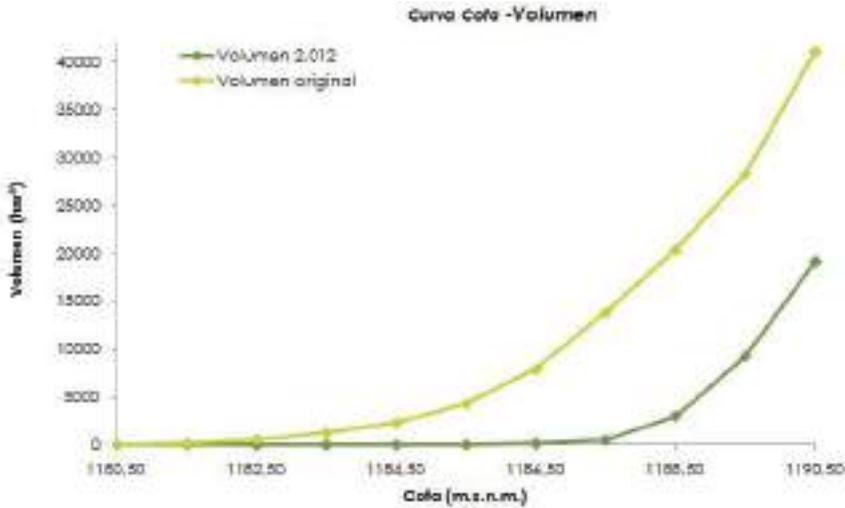


Figura 4. Comparativa de volúmenes en Valle I.

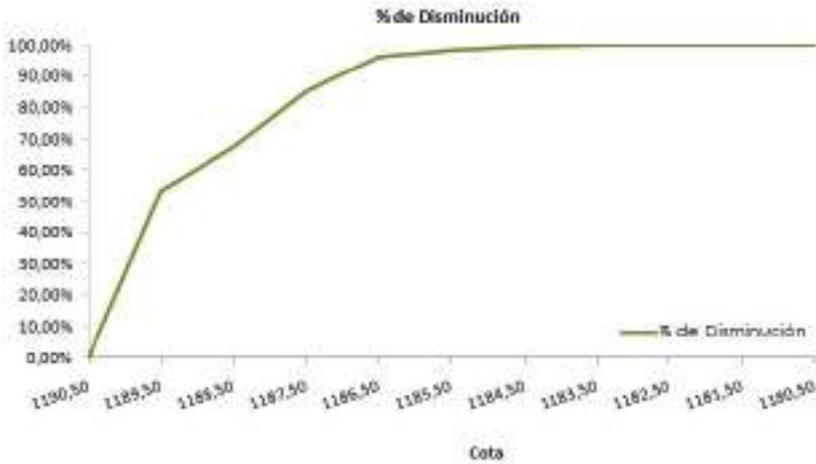


Figura 5. Porcentaje de disminución de volumen debido a colmatación.

Finalmente, para realizar el modelo de sedimentación, se calcula la diferencia volumétrica entre los dos modelos de profundidades mediante el cruzamiento de los triángulos e interpolando las intersecciones entra ambas superficies. Así se obtiene que el volumen de sedimentos corresponde con 0,022 hm³, lo que significa un 54,40% de sedimentación en el embalse de Valle I. Asimismo, el modelo de sedimentación refleja el siguiente patrón de sedimentación:



Figura 6. Modelo de sedimentación tridimensional. Zonas más oscuras indican mayor sedimentación.

Actuaciones para la retirada de sedimentos y la mejora del rendimiento del embalse deberían de llevarse a cabo en las zonas más sombreadas del modelo de sedimentación.

Conclusiones

La aplicación de esta metodología es rápida, sencilla y precisa, pudiéndose realizar en un corto periodo de tiempo. Permite analizar la evolución temporal de la sedimentación del embalse, confiriendo, además, un conocimiento específico de los espesores y ubicación de los sedimentos mediante el modelo tridimensional. Esto también permite una mejora en la planificación y localización de las actuaciones llevadas a cabo para el mantenimiento óptimo del embalse.

Por tanto, si se asocia a un seguimiento periódico cada 3 a 5 años, esta metodología permitirá monitorizar adecuadamente la evolución del grado de colmatación del embalse, repercutiendo directamente en el rendimiento de este, sea como aprovechamiento eléctrico o como reservorio para consumo de agua.

Referencias / Bibliografía

- (1) *Colmatación de los embalses de generación hidroeléctrica del noroeste argentino. Aplicación de nuevas metodologías batimétricas.* Mosa, Sergio G., Núñez, Virgilio y Boso, Miguel A. *Aqua-LAC* - Vol. 1-Nº2. (2009).
- (2) *Los sistemas de información geográfica como herramienta en los estudios limnológicos. Caso de aplicación en un lago somero en ambiente de*

Ilanura, provincia de Buenos Aires, Argentina. Quiroz et al.. Revista Gestión y Ambiente. (2009).

- (3) *Batimetría y Análisis morfométrico del lago de Arreo (N. España). Borja E., Chicote A., González M.E., Montes C. Limnética. (1995).*

ESTUDIO DE LA CALIDAD DEL AGUA DE DOS RÍOS DEL OCCIDENTE DE MÉXICO Y SU CONTRIBUCIÓN AL IMPACTO DE LA EXPLOTACIÓN HIDROELÉCTRICA

GARCÍA VELASCO, J; CONTRERAS RODRÍGUEZ S;
OROZCO MEDINA M; RODRÍGUEZ PÉREZ B; BARAJAS GARCÍA C;
HERNÁNDEZ PÉREZ G; PARADA GUAJARDO N.

Universidad de Guadalajara, Centro Universitario de Ciencias Biológicas
y Agropecuarias, Kilómetro 15.5, Predio las Agujas, Zapopan, Jalisco, México,
C.P. 45110 jagarcia@cucba.udg.mx

Palabras clave: índice calidad agua, metales pesados, hidroeléctricas

Resumen

La construcción de una hidroeléctrica implica la realización previa de estudios exhaustivos del entorno, a fin de establecer las condiciones basales del medio biótico y abiótico, para establecer las actuaciones pertinentes tanto en prevención como en mitigación de impactos que se puedan derivar.

Se presenta un estudio en dos ríos del occidente de México y los objetivos han sido la evaluación de la calidad del agua en el Río Santiago, donde funcionan cuatro hidroeléctricas con una explotación de varias décadas. Asimismo se evalúa el río San Pedro, en Nayarit, donde se pretende construir una hidroeléctrica. Teniendo en cuenta que las cuencas hidrológicas son relativamente semejantes, se quiere comparar la calidad del agua de los ríos y determinar las diferencias que pudieran ser atribuibles a las obras hidroeléctricas, y analizar los estudios que a la par se efectúen de sedimentología, macroinvertebrados, peces y vegetación.

Introducción

La creciente necesidad de energía eléctrica que los procesos de desarrollo productivos exigen cada día, y las constantes variaciones en el precio de los combustibles fósiles que se presentan en los mercados internacionales, han motivado que los países inviertan en la generación de electricidad mediante la generación hidroeléctrica, y México es un claro ejemplo de estos acontecimientos. Pero hay que considerar que las actividades productivas no se desarrollan donde se tienen los recursos hidrológicos para la generación de energía, lo que propicia que se aprovechen al máximo los ríos mediante la construcción de varias presas que originan cambios en los regímenes de caudal, físico químico y en alteraciones de la calidad y uso de los recursos hídricos, con las consecuentes afectaciones

a la flora y a la fauna. La realización de los estudios de impacto ambiental es de vital importancia para tomar las medidas de mitigación o compensación, en su caso, que garanticen el mínimo impacto posible a los ecosistemas y los usos ambientales que se presenten. Los estudios previos a la ejecución de cualquier obra hidrológica deben de ser exhaustivos y los resultados permitirán modelar los posibles impactos por dichas obras.

En el occidente de México, existe una región rica en recursos hídricos fluviales y la generación de energía eléctrica es el principal uso, además de los sistemas de riego que las grandes presas permiten desarrollar. El ambiente se daña seriamente debido a la contaminación del agua. Muchos organismos que viven y se reproducen en el agua, se ven afectados por la contaminación de la misma, esto puede alternativamente lastimar el ciclo vital de otras especies animales y vegetales acuáticas.

Por otro lado es importante señalar que la presencia o ausencia de algunos microorganismos en los sistemas acuáticos son indicadores de calidad, esto es conocido como biomonitoreo.

Material y Métodos

El estudio se desarrollo en el occidente de México, en los estados de Jalisco y Nayarit, una zona con recursos hídricos fluviales importantes. Los objetivos fueron: la evaluación de la calidad del agua en el Río Santiago, donde funcionan cuatro hidroeléctricas con una explotación de varias décadas y, el río San Pedro en Nayarit, donde se pretende construir una hidroeléctrica. Dado que las cuencas hidrológicas son relativamente semejantes, se quiere comparar la calidad del agua de los ríos y determinar diferencias que pudieran ser atribuibles a las obras hidroeléctricas, y analizar los estudios que a la par se efectúen de sedimentología, macroinvertebrados, peces y vegetación.

Para los muestreos se seleccionaron 6 puntos de muestreo representativos del área de estudio en el río San Pedro, los cuales se denominaron: La Cortina, PCR, El Naranjo, El Venado, Ruiz y Tuxpan (Figura 1) y 5 puntos en el río Santiago denominados: San Rafael, El Tambor, Yago, Santiago Ixcuintla y Villa Juárez (Figura 2).

El muestreo se realizo según los lineamientos técnicos establecidos en los Métodos Normalizados Para el Análisis de Aguas Potables y Residuales, APHA, AWWA-WDCF (1992). Las muestras de agua se analizaron conforme a los procedimientos establecidos para cada parámetro en la Normativa Oficial Mexicana. Se determinaron parámetros en los que se incluyeron metales pesados, nutrientes, físico químicos y microbiológicos. Se consideraron 24 parámetros para la construcción del Índice de Calidad del Agua (ICA), el procedimiento metodológico aplicado fue el de Martínez de Bascarán (1979). Los resultados obtenidos se compararon con los límites que establecen los Criterios Ecológicos

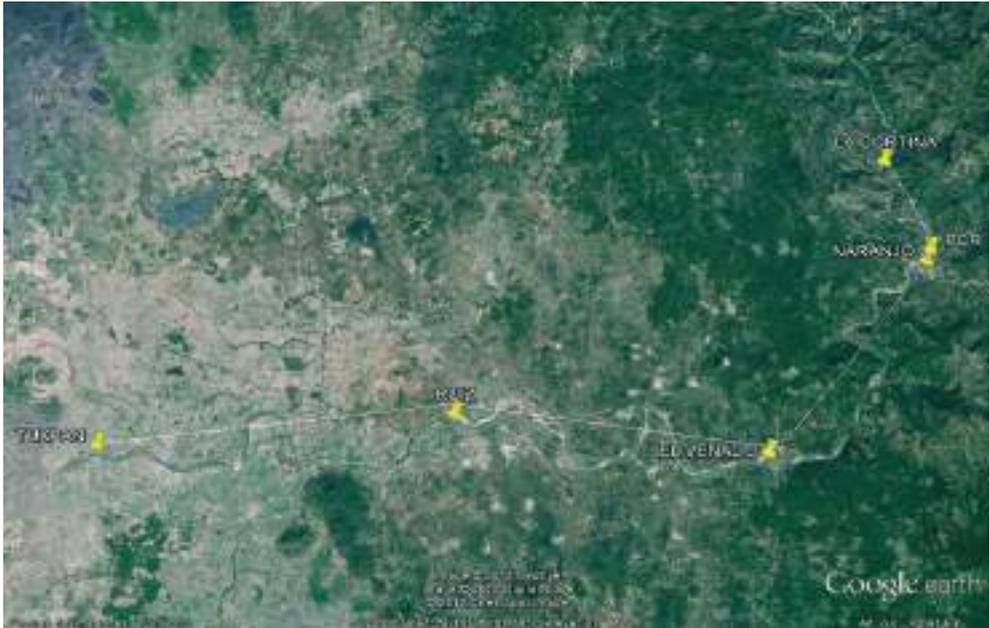


Figura 1. Ubicación de puntos de muestreo en el río San Pedro.

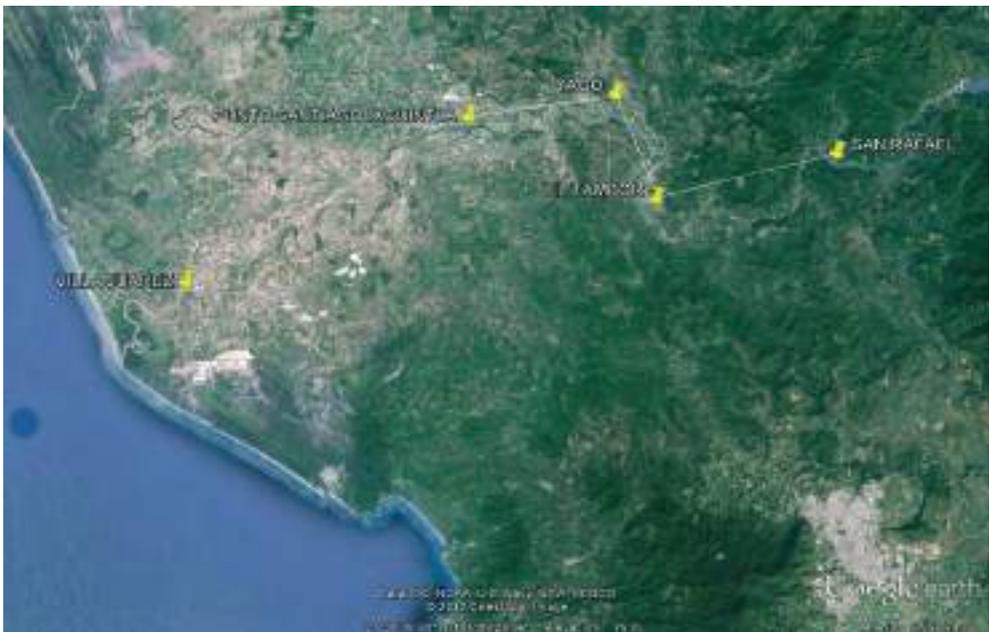


Figura 2. Ubicación de puntos de muestreo en el río Santiago.

de Calidad del Agua CCA-001-89, para protección a la vida en agua dulce, así como la Norma Oficial Mexicana NOM-127-SSA1-1994 "Salud Ambiental, Agua para Uso y Consumo Humano-Límites Permisibles de Calidad y Tratamientos a que Debe Someterse el Agua Para su Potabilización, y se identificaron aquellos parámetros que exceden los máximos establecidos.

Resultados

Dado que el numero de datos que este estudio genero es muy grande, se presentan a manera de síntesis de los mismos, los datos de parámetros fuera de los límites que marca la normativa (Norma Oficial Mexicana NOM-127-SSA1-1994 y Criterios Ecológicos de Calidad del Agua CCA-001-89), para que se pueda comparar los muestreos en ambos ríos.

Para el río San Pedro:

En el punto La Cortina el 10,81% (turbiedad, cadmio, mercurio y plomo) y 10,53% (fluoruros, sulfatos aluminio y mercurio).

Para el punto PCR 10,81% (pH, aluminio, cadmio, cromo, mercurio y plomo) y 10,53% (pH, fluoruros, sulfatos aluminio y mercurio).

Para el punto El Naranjo el 8,11% (coliformes totales y fecales, pH, cadmio, hierro, mercurio y plomo) y 5,26% (coliformes totales y fecales, pH, aluminio y mercurio).

Para el punto El Venado el 8,11% (coliformes totales y fecales, pH, cadmio, plomo y mercurio) y 10,53% (coliformes totales y fecales, pH, aluminio fluoruros, sulfatos y mercurio).

Para el punto Ruiz el 5,41% (coliformes totales y fecales, pH, cadmio, hierro y plomo) y 7,89% (coliformes totales y fecales, pH, sulfatos, aluminio y mercurio).

Para el punto Tuxpan el 16,22% (coliformes totales y fecales, turbiedad, cadmio, aluminio, cromo, hierro, manganeso y plomo.)

Para el río Santiago:

En el punto San Rafael el 13,51% (coliformes totales y fecales, color, aluminio, cadmio, hierro y plomo) y 7,89% (coliformes totales y fecales, sulfatos, aluminio y mercurio).

Para el punto El Tambor el 13,51% (coliformes totales y fecales, color, aluminio, cadmio, hierro y plomo) y 10,53% (coliformes totales y fecales, fluoruros sulfatos, aluminio y mercurio).

Para el punto Yago el 10,81% (coliformes totales y fecales, color, aluminio, cadmio y hierro).

Para el punto Santiago Ixcuintla el 13,51% (coliformes totales y fecales, color, turbiedad, pH, aluminio, cadmio, hierro y plomo) y 5,26% (coliformes totales y fecales, sulfatos, aluminio y mercurio).

Para el punto Villa Juárez el 16,22% (coliformes totales y fecales, color, turbiedad, aluminio, cadmio, hierro y plomo) y 10,53% (coliformes totales y fecales, sulfatos, aluminio, hierro y mercurio).

Discusión y Conclusiones

El análisis de los resultados obtenidos en los estudios de calidad del agua para los ríos San Pedro y Santiago en Nayarit, muestran diferencias estacionales que se describen a continuación:

Para el río San Pedro, los valores en las dos estaciones estudiadas son muy similares, siendo el valor del Índice de Calidad del Agua (ICA) promedio de 64,5 en época de lluvias y 65,1 en época de sequía, no presentando diferencias estadísticamente significativas. Estos valores muestran como la calidad del agua se ve afectada por posibles vertidos agropecuarios y urbanos en la parte más baja del cauce.

Para el río Santiago los valores de calidad encontrados, expresados como Índice de Calidad del Agua (ICA), siendo el valor promedio de 57,6 en época de lluvias y 66,2 en época de sequía, no presentando diferencias estadísticamente significativas.

Los valores en las dos estaciones estudiadas son muy similares.

Los resultados obtenidos respecto a parámetros fuera de norma presentan que, los organismos coliformes son los más peligrosos, dado que su impacto para la salud inmediata es indiscutible, y refleja que las actividades agropecuarias y los poblados establecidos en los márgenes del cauce, son quienes vierten residuos.

Se observa como los metales pesados son más frecuentes en el río Santiago, y esto es originado por las aguas residuales que recibe de manera importante, mientras que en el río San Pedro se presentan en menor cantidad, siendo originados por los arrastres y lixiviación del suelo principalmente.

Hay que resaltar que estos resultados corresponden a dos muestreos estacionales y solo reflejan las condiciones de calidad del agua en el momento del muestreo, siendo necesario el estudio sistemático del agua a lo largo del año, a fin de poder establecer comportamientos de calidad que sean representativos.

Para el caso del río San Pedro, es de esperar que el aumento de los caudales sea un factor importante en la conservación de la calidad del agua, puesto que permite que los procesos de dilución de contaminantes se refleje en

una mejor calidad, sobre todo en los lugares donde los vertidos urbanos y agropecuarios son significativos.

Los resultados obtenidos en el estudio no evidencian diferencias entre un río con actividad hidroeléctrica y el que no la tiene aun, por lo que el análisis exhaustivo de los datos de calidad del agua y de poblaciones de macroinvertebrados, peces y vegetación permitirán establecer si existe una influencia positiva o negativa de las hidroeléctricas en los ríos, y así generar escenarios posibles de comportamientos químicos y biológicos, así como su posible prevención.

Referencias / Bibliografía

- (1) APHA-AWWA-WPCF, (1992). Métodos normalizados para el análisis de aguas potables y residuales, EDITORIAL DIAS DE SANTOS. Madrid.
- (2) Norma Oficial Mexicana nom-127-SSA1-1994, "Salud ambiental, agua para uso y consumo humano-limites permisibles de calidad y tratamientos a que debe someterse el agua para su potabilización." Diario Oficial de la Federación. México, D.F., a 20 de octubre de 2000.
- (3) Acuerdo por el que se establecen los Criterios Ecológicos de Calidad del Agua CE-CCA-001/89 Diario Oficial de la Federación. Ciudad de México, a 1o. de diciembre de mil novecientos ochenta y nueve.
- (4) Leon, L.F., (1991), "Índice de Calidad del Agua, ICA" Inf. # SH-9101/01, Instituto Mexicano de Tecnología del Agua, México, 36 p.
- (5) Margalef, R. 2000. *Organització de la biosfera i reflexions sobre el present i futur de la nostra espècie i de las ciència ecològica*. Treballs de la Societat Catalana de Biologia, 50: 47-59.
- (6) Martínez de Bascarán, G. (1979). Establecimiento de una metodología para conocer la calidad del agua. Bol. Inf. Medio Ambiente, 9:30-51.
- (7) De Anda, S.J., 1997. Proceso de eutrofización y balance de nutrientes en lagos. Instituto de Geofísica. Universidad Nacional Autónoma de México. Informe Académico. México. 46 pp.
- (8) Guzmán, A.M., 1997. Las Aguas Superficiales del Estado de Jalisco. Diagnóstico. Programa de Ordenamiento Ecológico y Territorial del Estado de Jalisco. Marco Físico. Instituto de Limnología. Universidad de Guadalajara. Guadalajara. 125 pp.
- (9) Talledos, Sánchez, Edgar (2011) "Conflictos por el agua en México," en Sandoval, et al., Planes geoestratégicos, desplazamientos y migraciones forzadas en el área del proyecto de desarrollo e integración de Mesoamérica, Venezuela, SPECH, DEAS – INAH, CEFI, Universidad de Antioquia, pp. 267 – 284.

RESUMEN DE CUATRO ESTUDIOS DE FAUNA REALIZADOS PARA EL PROYECTO CONSTRUCTIVO DE LA LÍNEA DE ALTA VELOCIDAD MADRID-EXTREMADURA / FRONTERA PORTUGUESA (TRAMO: MADRID – OROPESA)

GUTIÉRREZ CONTRERAS, M¹; GARCÍA DE LA MORENA, E²; GARCÍA GONZÁLEZ, FJ³

1. INECO. Subdirección de Medio Ambiente. maxiguco@gmail.com. Madrid (España).
2. SECIM. eladio.garcia@secim.es. Madrid (España).
3. BIOTA. fig.bio@gmail.com. Madrid (España)

Palabras clave: Declaración de Impacto Ambiental, Espacios protegidos, Fragmentación hábitat, Medidas protectoras y correctoras, Lince ibérico, Aves rapaces y esteparias, Mejor corredor biológico.

Siglas utilizadas en el texto

LAV: Línea de Alta Velocidad.

DIA: Declaración de Impacto Ambiental.

EIA: Estudio de Impacto Ambiental.

JCCM: Junta de Comunidades de Castilla-La Mancha.

MMA: Ministerio de Medio Ambiente.

ZIF: Zonas de Interés Faunístico.

ZIA: Zonas de Interés para la Avifauna.

MCB: Mejor Corredor Biológico.

ZEPA: Zona de Especial Protección para las Aves.

IBA: Área de Importancia para las Aves.

Resumen

El objetivo de los cuatro estudios faunísticos ha sido cumplir las condiciones de una DIA del MMA emitida para un tramo de una LAV, en Castilla-La Mancha (España). De acuerdo con estas condiciones, se debía tener en cuenta el impacto de esta línea sobre la permeabilidad faunística en el territorio atravesado; sobre las poblaciones de avifauna presentes en espacios protegidos adyacentes; sobre un territorio potencialmente utilizable por el lince ibérico; y también debía

promoverse la recuperación de colonias de cernícalo primilla. Mediante trabajo de gabinete y trabajo de campo, se desarrollaron esos estudios, obteniendo como resultados principales: una propuesta completa de medidas protectoras y correctoras para proteger a la fauna del territorio; un censo actualizado de la avifauna del lugar; la comprobación en campo de la ausencia de lince ibérico; y la recuperación de dos colonias de importancia de cernícalo primilla.

Introducción

Se realizaron cuatro estudios de fauna entre febrero y octubre de 2011 para el diseño de la LAV Madrid – Extremadura (Tramo: Madrid – Oropesa), proyecto que cuenta con ayudas financieras de la Unión Europea. Estos estudios fueron encargados a Ineco por la Dirección General de Infraestructuras Ferroviarias del Ministerio de Fomento, en cumplimiento del condicionado de una DIA de 2008. Esta DIA incidía en la necesidad de realizar estudios específicos, incluyendo:

- Un estudio de movilidad faunística en el territorio, para paliar la fragmentación de hábitats producida por la nueva LAV.
- Un estudio sobre el lince ibérico (*Lynx pardinus*).
- Un censo de aves esteparias y aves rapaces en los espacios protegidos del ámbito del proyecto.
- Un proyecto de recuperación de algunos primillares del ámbito del proyecto.

Los estudios tomaron como base los datos del Estudio Informativo y del EIA de 2006.

Los resultados de estos estudios de fauna se aplicaron posteriormente en los diseños constructivos de los ocho subtramos de este tramo de ferrocarril estudiado. Los Proyectos Constructivos de la LAV fueron diseñados por 8 ingenierías.

El tramo objeto de estudio medía 140 Km, atravesando completamente la provincia de Toledo.

El especial interés ambiental de este proyecto era que el trazado atraviesa un territorio con diversos méritos ambientales, incluyendo numerosos espacios protegidos y variedad de ecosistemas con características propias a ser conservados (zona esteparia de Torrijos; encinares densos y adeshados en Calera y Chozas; prados encharcados de Oropesa; las riberas de los ríos Guadarrama y Alberche, etc.).

Material y Métodos

Previamente se analizaron los datos y medidas propuestas en el EIA, además de los datos facilitados por la JCCM y bibliografía variada. A partir de aquí,

los distintos estudios se realizaron de manera independiente unos respecto a otros, según la fenología de las especies, pero también condicionados por las necesidades de las ingenierías, que contaban con un cronograma de trabajo muy ajustado. No obstante, los resultados de los diferentes estudios estaban relacionados: las conclusiones del censo de avifauna o de la investigación sobre el linco se aplicaron en el estudio de movilidad faunística.

En resumen, la metodología de cada estudio fue la siguiente:

Estudio de movilidad faunística:

- Área de estudio: un área de afección en forma de *buffer* de 1 Km a cada lado de la futura LAV.
- Se analizaron (mediante bibliografía y cartografía específica) la fauna y los hábitats existentes en las cuadrículas UTM 10 x 10 atravesadas por el proyecto.
- Se realizó cartografía con los ‘corredores faunísticos’ teóricos en el territorio (teniendo en cuenta cobertura y tipo de vegetación, hidrografía, relieve, presencia de áreas urbanas y otras infraestructuras, etc.).
- Se preparó cartografía de campo superponiendo sobre ortofoto el trazado de la LAV propuesto en el EIA, remarcando los pasos de fauna ideados originalmente (escasos en comparación a lo necesario según las “Prescripciones Técnicas para el Diseño de Pasos de Fauna y Vallados Perimetrales” del MMA); señalando también las estructuras (obras de drenaje transversales, viaductos, pasos superiores, pasos inferiores) a diseñar en los proyectos constructivos, considerando su adaptación para la fauna, hasta llegar a un número mínimo de pasos de fauna que estuviese acorde con las indicaciones de las Prescripciones del MMA; e incorporando los corredores faunísticos estimados previamente.
- En campo se visitó cada punto del futuro trazado que contaría con una estructura de paso (fuese para fauna o no), y se caracterizó vegetación existente y el terreno en general. Allí se buscaron también indicios de fauna, apuntando y fotografiando todos aquellos que se encontrasen.
- También se visitaron otras infraestructuras de transporte cercanas y paralelas al futuro trazado (fundamentalmente la autovía A-5 y el antiguo ferrocarril Madrid-Valencia de Alcántara), estudiando el estado de sus obras de paso, para poder tener en cuenta esta información y así evitar sinergias negativas con respecto a la LAV.
- En gabinete se recopiló toda la información obtenida, realizando una base de datos con todas las estructuras a construir analizadas, indicando el curso de agua o infraestructura de transporte que cruzarían, hábitats

alrededor, rastros animales encontrados, posible adecuación como paso de fauna, etc. (Fig. 1)

- Para decidir qué estructuras habría que adaptar como pasos de fauna se escogieron unas ZIF basadas en los datos de la JCCM, en bibliografía, en datos propios de los consultores ambientales y en lo observado en el trabajo de campo. Se consideraron esas ZIF tanto para colocar pasos de fauna, como para diseñar diversas medidas protectoras de la fauna. También se tuvieron en cuenta los resultados de los estudios de avifauna y de lince ibérico que se iban realizando en paralelo. (Fig. 2)
- Se realizó una propuesta inicial de pasos de fauna, con una densidad de pasos de fauna que superaba con creces los mínimos establecidos por las Prescripciones del MMA. Se pasó esta propuesta a las ocho ingenierías que ya estaban diseñando los trazados de cada uno de los subtramos.
- Puesto que cada ingeniería introdujo ligeras modificaciones y correcciones al trazado del EIA, en alzado y número y tipo de estructuras de paso, se realizaron actualizaciones constantes de la propuesta inicial de pasos de fauna de Ineco. La relación entre Ineco y las ingenierías (supervisadas y coordinadas por Ineco), fue dinámica, retroalimentándose en todo momento, y aplicando las ingenierías las indicaciones de Ineco para cumplir con las necesidades de permeabilidad faunística establecidas por la DIA, por la JCCM y por la propia Ineco.
- Se realizó también la propuesta de una serie de medidas protectoras y correctoras para la fauna, tanto para la fase de obra, como para la fase de explotación de la LAV, incluyendo zonas con pasos específicos para anfibios, adaptaciones de tamaño de obras de paso para zonas con especial interés, aplicación de barreras anti-colisión para aves en algunos tramos, etc. (Fig. 3 y 4)

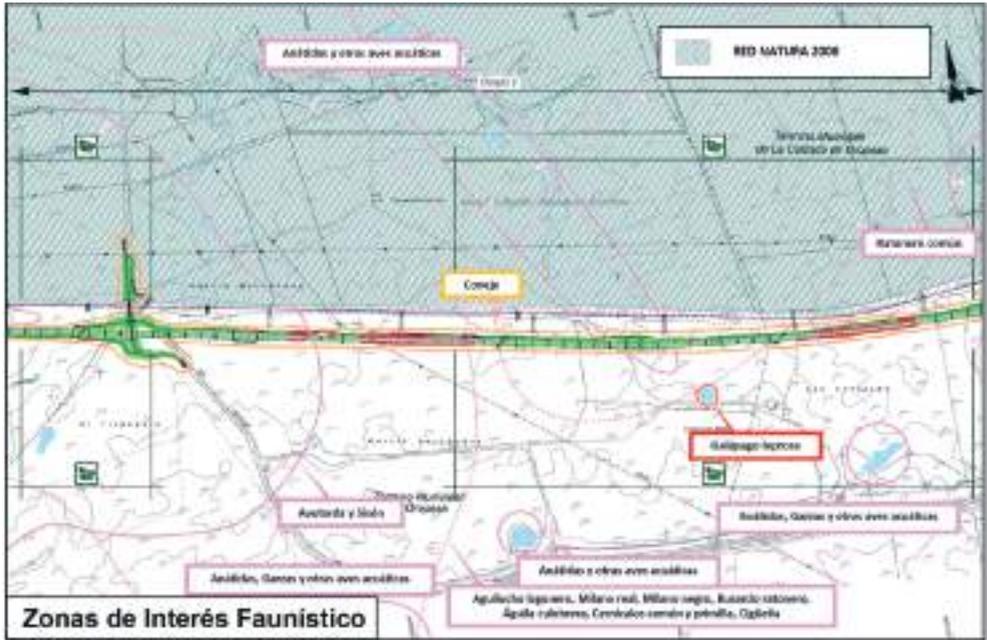
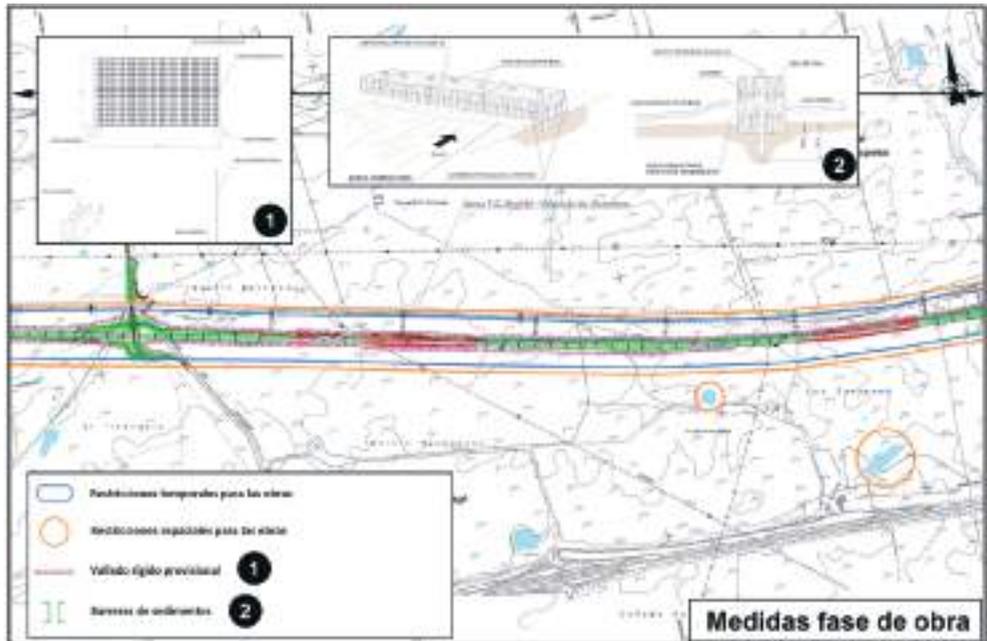


Figura 1. Ejemplo de Zonas de Interés Faunístico resultantes del trabajo de campo



Ilustraciones basadas en las imágenes del documento "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. 2006"

Figura 2. Ejemplo de propuesta de medidas protectoras (fase de obra) en el mismo ámbito mostrado previamente, de acuerdo con las Zonas de Interés Faunístico Detectadas

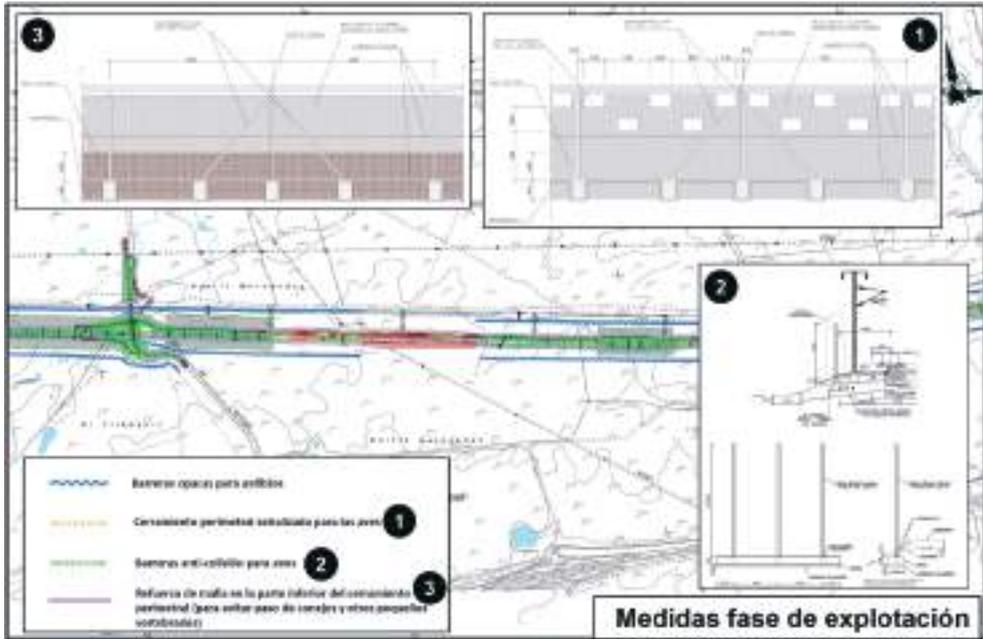


Figura 3. Ejemplo de propuesta de medidas para fase de explotación en el mismo ámbito mostrado previamente, de acuerdo con las Zonas de Interés Faunístico Detectadas

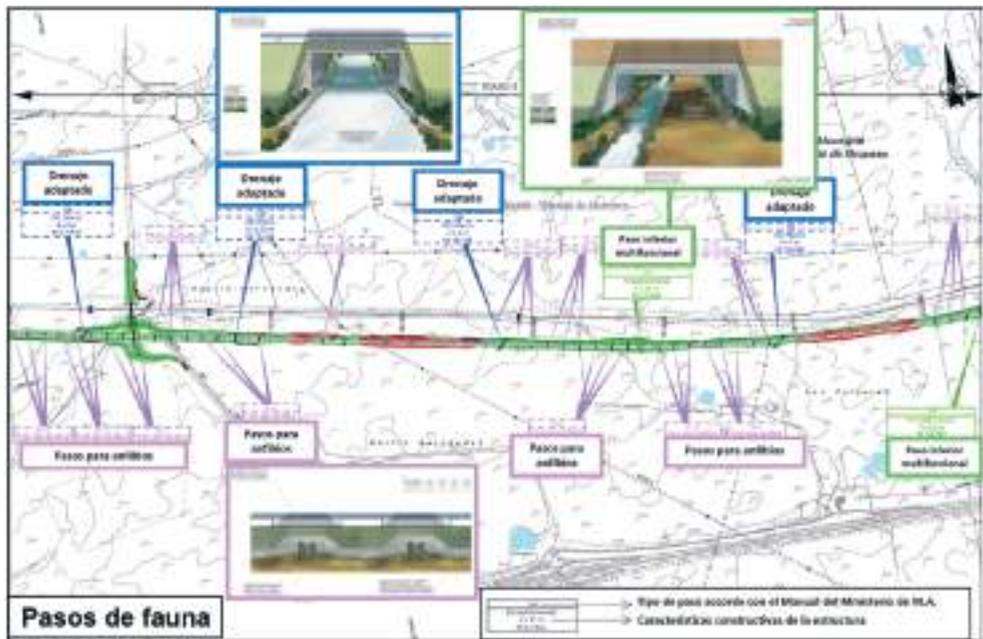


Figura 4. Ejemplo de propuesta de pasos de fauna en el mismo ámbito mostrado previamente, de acuerdo con las Zonas de Interés Faunístico Detectadas

Estudio de Lince ibérico:

- Se coordinó el estudio con la JCCM y el Proyecto LIFE07/NAT/E/000742 “Conservación de especies prioritarias del monte mediterráneo en Castilla-La Mancha”.
- Área de estudio: ZEPA “Valle del Tiétar y Embalses de Rosarito y Navalcán”. Se tuvo en cuenta esta zona considerando las últimas cuadrículas UTM 10 x 10 Km con presencia reciente de Lince ibérico, sitas en las estribaciones norteñas de los Montes de Toledo, al sur del trazado; y la potencialidad de uso por el Lince ibérico del Valle del Tiétar y las estribaciones meridionales de la Sierra de Gredos. (Fig. 5)
- Se realizó un modelo predictivo de la idoneidad del hábitat basado en criterio experto y en revisión bibliográfica sobre la especie. Se tuvieron en cuenta variables ambientales relevantes según ecología del lince (disponibilidad de alimento; cobertura y tipo de vegetación; presencia de zonas urbanizadas e infraestructura del transporte; etc.). Con todos estos datos se determinó un MCB que uniría las UTM indicadas previamente con la zona de las embalses de Rosarito y Navalcán.
- En campo se realizaron varios trabajos, incluyendo:
 - Transectos a pie en una red de cuadrículas de 2,5 x 2,5 km sobre la red UTM de referencia (estratificando el muestreo de acuerdo con zonas de potencial preferencia para el lince), para recoger excrementos y analizarlos genéticamente en el Museo Nacional de Ciencias Naturales, además de para estimar la abundancia de conejo (n° de letrinas/Km).
 - Fototrampeo mediante cámaras automáticas (con sensores de movimiento/calor y flash de infrarrojos) y atracción de animales mediante cebo.

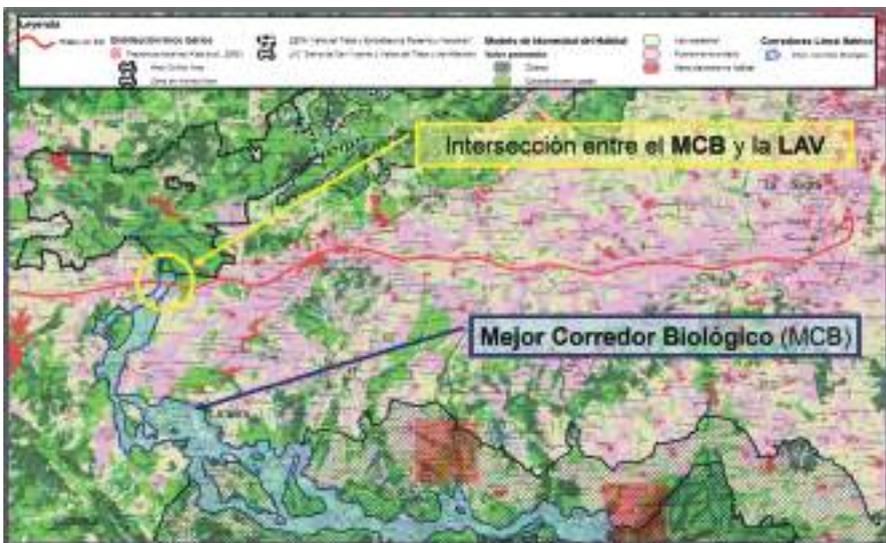


Figura 5. Mejor Corredor Biológico modelado para el lince ibérico en el ámbito del proyecto

Censos de aves esteparias y aves rapaces:

- Área de estudio: IBA "Torrijos" y ZEPA "Llanuras de Oropesa, Lagartera, Calera y Chozas" (Fig. 6)
- Se analizaron datos del EIA y, sobre todo, los censos de aves (principalmente esteparias y rapaces) facilitados por la JCCM, realizados en la IBA y en la ZEPA hasta el año 2011. También se usaron datos propios de los consultores empleados por Ineco. Con esos datos se calcularon áreas de distribución y uso del territorio por parte de las principales especies de aves, mediante áreas kernel al 50% (áreas núcleo) y al 80% (áreas de distribución principal o campeo).
- Ineco realizó nuevos censos en ambos espacios (censos periódicos en vehículos, ajustados a la fenología de cada especie), en el final del invierno de 2011 y en la época reproductiva consecutiva. De acuerdo con la JCCM, la IBA se censó en toda su superficie, mientras que para la ZEPA se consideró una banda de afección de 1 Km a cada lado de la LAV.
- Con esos datos de los nuevos censos se volvieron a calcular áreas kernel para las principales especies (sisón, avutarda, gangas, cernícalos, aguiluchos, etc.).
- Usando las áreas de distribución para los datos recopilados de la JCCM, y las de los censos actuales, se estimaron ZIA, que se trasladaron al "Estudio de movilidad faunística" para la propuesta de medidas protectoras y correctoras.
- Se realizó además un análisis de las áreas conflictivas que presenta una línea de alta velocidad (sobre todo en alzado) con respecto a la avifauna, para poder proponer una serie de medidas anti-colisión, y poder escoger finalmente la más eficaz.



Figura 6. Zonas de Interés para la Avifauna estimadas para la IBA Torrijos

Recuperación de primillares:

- Área de estudio: IBA “Torrijos” y ZEPA “Llanuras de Oropesa, Lagartera, Calera y Chozas”
- Se coordinaron los trabajos con la JCCM.
- Para localizar los primillares más adecuados, se usaron censos e informes facilitados por la JCCM, además de los datos de campo obtenidos con el censo de esteparias y rapaces.
- Se preseleccionaron unas colonias determinadas, teniendo en cuenta su cercanía a la LAV, su tamaño poblacional, el estado de los edificios donde se encontrasen, y la titularidad de los mismos.
- Se realizaron visitas y contactos para asegurar en qué colonias se podría actuar. Finalmente se seleccionaron dos colonias, una por espacio protegido: colonia de la Iglesia de Calzada de Oropesa (IBA “Llanos de Oropesa” y ZEPA “Llanuras de Oropesa, Lagartera, Calera y Chozas”) y colonia de la Iglesia de Huecas (IBA “Torrijos”).
- Basándose en experiencias previas de re-habilitación de primillares, y en bibliografía, se realizó una propuesta de directrices y prescripciones básicas que deberán regir los trabajos y actuaciones a realizar en las colonias seleccionadas para su rehabilitación, además de proponer un presupuesto.

Resultados

Estudio de movilidad faunística:

- Se establecieron 322 pasos de fauna (98 para grandes pequeños vertebrados y 224 para pequeños vertebrados -74 de ellos, pasos para anfibios-).
- Se cumplieron (e incluso en algunos tramos excedieron) las indicaciones del MMA de 1 paso/km para grandes vertebrados y 1 paso/500 m para pequeños vertebrados en hábitats forestales y hábitats de interés; 1 paso/3 Km para grandes vertebrados y 1 paso/km para pequeños vertebrados en zonas transformadas por el hombre (áreas agrícolas, etc.).
- Se indicaron, por puntos kilométricos en todo el trazado, las siguientes medidas a aplicar:
 - ◇ Fase de obra:
 - Cerramientos provisionales rígidos.
 - Restricciones temporales de las obras.
 - Restricciones espaciales de las obras.
 - Aplicación de barreras de retención de sedimentos.
 - ◇ Fase de explotación:
 - Vallas opacas para anfibios (a aplicar en coordinación con los pasos específicos para anfibios).

- Malla metálica de refuerzo del cerramiento de la infraestructura (para prevenir la invasión de la plataforma por lagomorfos y otros pequeños vertebrados).
 - Cerramiento señalizado para aves.
 - Barreras anticolidión para aves.
 - Barreras multifuncionales (barreras anti-ruido adaptadas para prevenir la colisión de avifauna).
- En coordinación con las 8 ingenierías que aplicaron los resultados de los estudios, se consiguió realizar modificaciones de diseño, a favor de la fauna, de manera puntual y precisa, incluyendo sobredimensionamiento de numerosas estructuras de paso (siendo el caso más destacable el de los pasos de Alcañizo), desplazamiento de subestaciones eléctricas para evitar áreas sensibles para la fauna, etc.

Estudio de Lince ibérico:

- Se calculó un Mejor Corredor Biológico MCB de 122,7 Km de longitud y una anchura media de 2,6 Km, que uniría Montes de Toledo con el Valle de Gredos, siendo el punto crítico (por cruzarse con el trazado de la LAV el de los encinares y arroyos de Alcañizo, Las Ventas y Los Muertos. En esos puntos se sobredimensionarán las futuras obras de paso, y se cuidará la restauración ambiental. Esta zona es, además, una de las pocas donde la autovía A-5 presenta pasos con cierto tamaño, lo que evitaría la sinergia negativa entre infraestructuras que se da en varias partes del trazado (por el mal diseño y mantenimiento de los pasos de la A-5).
- Se comprueba que el 60% de los hábitats del ámbito del proyecto no son apropiados para el Lince.
- Tras recorrer 43 cuadrículas, sumando unas 27.000 Hectáreas y unos 200 Km recorridos, no se encuentran indicios de presencia actual del lince. Sin embargo sí se confirma la abundancia de conejo con un claro gradiente de densidad desde el NW hacia el SE. Junto con el MCB, esto indica que la región si tiene potencialidad para albergar poblaciones de Lince.
- Se realizaron 41 estaciones de foto-trampeo, en 7 zonas preseleccionadas (dependiendo de la disponibilidad de conejo y de la preferencia de hábitats), consiguiéndose 1273 fotos con presencia de hasta 17 especies de mamíferos. No se detectó Lince ibérico. Además, sí se detectan varias especies de carnívoros en la zona, lo que confirma que no hay Lince. Si lo hubiese, por competición interespecífica, varias de esas especies no estarían presentes.

Censos de aves esteparias y aves rapaces:

- Se actualiza la información poblacional disponible actualmente para los distintos grupos de aves de esas áreas protegidas.

- Se confirma la abundancia de Avutarda y Sisón en estas áreas.
- Se verifica la presencia de otras especies como Buitre negro, Águila imperial, distintas águilas y aguiluchos.
- Se definen 54 Zonas de Interés para la Avifauna (ZIA):
 - ◊ 9 para aves esteparias.
 - ◊ 23 para rapaces.
 - ◊ 22 para otras aves de interés, como acuáticas, grullas, cigüeñas, etc.
- De acuerdo con las ZIA, se proponen medidas anticolidión: (Fig. 7)
 - ◊ 15 Km de tubos metálicos para terraplenes y viaductos.
 - ◊ 6 Km de vallado perimetral señalado para zonas en ligero desmonte.
 - ◊ 500 m de barreras multifuncionales (pantallas anti-ruído + función anti-colidión).

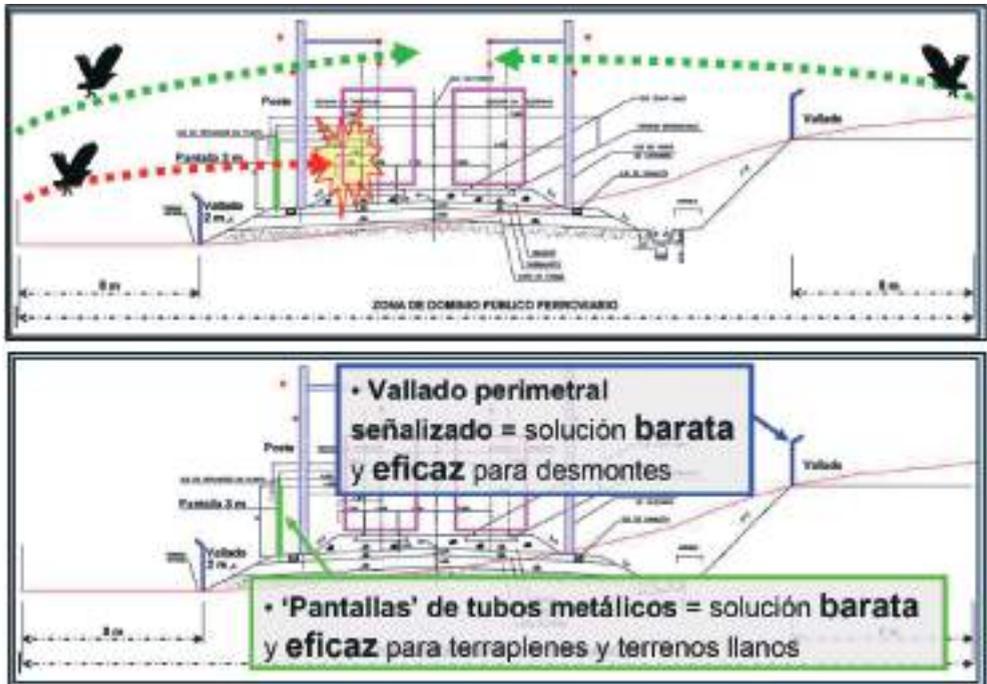


Figura 7. Análisis de zonas conflictivas de colisión de avifauna con trenes, y medidas propuestas para evitar colisiones

Recuperación de primillares:

- Se realiza un Inventario con 33 primillares.
- Solamente 7 primillares están dentro del buffer de 1 Km
- Se hace evidente la tendencia poblacional a la baja del número de primillares.

- En la iglesia de Huecas:
 - ◊ Se repararán 20 mechinales.
 - ◊ Se realizarán reparaciones varias en cubiertas, ventanas, paredes, etc.
- En la iglesia de Calzada de Oropesa:
 - ◊ Se repararán 10 mechinales.
 - ◊ Se instalarán 10 nidales.
 - ◊ Se realizarán reparaciones varias en cubiertas, ventanas, paredes, etc.

Conclusiones

Estos estudios de fauna han servido para conocer mejor la distribución de la fauna en el ámbito del proyecto, y, sobre todo, para establecer una serie de medidas protectoras para la fauna, incluyendo la óptima permeabilización del trazado, venciendo así el gran impacto de la fragmentación del territorio. Además, se han superado los problemas asociados a la complicada interacción constante entre varios 'actores' (Dirección General de Ferrocarriles, JCCM, Ineco, ingenierías), consiguiendo la aplicación real de modificaciones eficaces en los diseños de los trazados y de las estructuras, teniendo en cuenta en todo momento los datos de campo y los resultados de los análisis faunísticos.

Referencias / Bibliografía

- (1) 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) 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. 138 pp. Madrid. Ministerio de Medio Ambiente y Medio Rural y Marino. 2008.
- (3) Prescripciones técnicas para la reducción de la fragmentación de hábitats en las fases de planificación y trazado. Documentos para la reducción de la fragmentación de hábitats causada por infraestructuras de transportes, número 3. O.A. Parques Nacionales. Ministerio de Medio Ambiente y Medio Rural y Marino. 145 pp. Madrid. Ministerio de Medio Ambiente y Medio Rural y Marino. 2010.
- (4) 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., Hlaváč, V., Keller, V., B., Rosell, C., Sangwine, T., Tørsløv, N., Wandall, B. le Maire, (Eds.) 2003.
- (5) Pasos de fauna para vertebrados. Minimización y seguimiento del efecto barrera de las vías de comunicación. Hervás, I., Suárez, F., Mata, C., Herranz, J. y Malo, J.E. CEDEX. 2006.
 - (6) Estudio de las medidas correctoras para reducir las colisiones de aves con ferrocarriles de alta velocidad. Rodríguez Sánchez, J.J., García de la Morena, E. L. y González Nicolás, D. CEDEX. 2008.
 - (7) Manual de prevención y corrección de impactos de las infraestructuras viarias sobre la fauna. Rosell, C. y Velasco, J. M. Documentos de los Cuadernos de Medio Ambiente (Generalitat de Cataluña). 1999.
 - (8) EIM "Impacto Cero." Equipo de Iniciativa y Mejora para el estudio e implementación de nuevas medidas de protección para la avifauna en líneas de alta velocidad. Noviembre de Documento inédito. Administrador de Infraestructuras Ferroviarias. Madrid. 2010.
 - (9) Red de conectores ecológicos para el lince ibérico en la provincia de Huelva. Puerto Marchena, A. y Muñoz Reinoso, J.C. En: Ojeda, J., Pita, M.F. y Vallejo, I. (Eds.), Tecnologías de la Información Geográfica: La Información Geográfica al servicio de los ciudadanos. Secretariado de Publicaciones de la Universidad de Sevilla. Sevilla. 2010.
 - (10) Habitat-related heterogeneity in breeding in a metapopulation of the Iberian lynx. Fernández, N., Delibes, M., Palomares, F. *Ecography* 30, 431-439. 2007.
 - (11) Landscape evaluation in conservation: molecular sampling and hábitat modeling for the Iberian lynx. Fernández, N., Delibes, M., Palomares, F. *Ecological Applications*, 16, 1037-1049. 2006.
 - (12) Modelo de hábitat en los corredores utilizados para la dispersión por el Lince Ibérico. Palomares, F., et al. Consejería de Medio Ambiente de la Junta de Andalucía y Consejo Superior de Investigaciones Científicas (CSIC). 1997.
 - (13) Proyecto LIFE07/NAT/E/000742 "Conservación de especies prioritarias del monte mediterráneo en Castilla-La Mancha"
 - (14) A.M.A. 2009. Conservación y reintroducción del lince ibérico en Andalucía. Proyecto LIFE 02 NAT/E/209. Informe Técnico inédito.
 - (15) Inventario, situación real y plan de recuperación del lince ibérico en Extremadura. Proyecto LIFE, memoria final. Informe técnico inédito. Consejería de Medio Ambiente, Urbanismo y Turismo, Junta de Extremadura. Consultores en Biología de la Conservación, S.L. 1997.
 - (16) Información inédita sobre distribución y movimientos del sisón común en la provincia de Toledo, fruto de la elaboración de la tesis doctoral de Eladio L. García de la Morena (SECIM).

**BLOQUE III:
Evaluación ambiental
de planes y programas**



EL NUEVO DECRETO POR EL QUE SE REGULA LA EVALUACIÓN AMBIENTAL ESTRATÉGICA EN LA CAPV. UN ESFUERZO POR INCORPORAR LA COMPONENTE AMBIENTAL DESDE LAS ETAPAS INICIALES DEL PLANEAMIENTO

OYANGUREN URETA, I; SANTOS HOLGUERAS, R;

HAZI Corporación del Gobierno Vasco para el desarrollo del medio rural y marino;
izoyanguren@hazi.es; Granja Modelo s/n, Arkaute (Araba)

Palabras clave: Evaluación Ambiental Estratégica, Decreto 183/2003 y Decreto 211/2012.

Resumen

A lo largo de la última década HAZI, como entidad adscrita al Departamento de Medio Ambiente, Planificación Territorial Agricultura y Pesca del Gobierno Vasco, ha dado asistencia técnica al órgano ambiental en el procedimiento de evaluación ambiental de planes y programas.

En la CAPV esta evaluación se ha venido desarrollando conforme al Decreto 183/2003 por el que se regulaba el procedimiento de evaluación conjunta de impacto ambiental, que surgió en desarrollo de la Ley 3/1998, General de Protección del Medio Ambiente, adelantándose a las disposiciones de la legislación estatal.

Fruto de la experiencia acumulada en la aplicación del procedimiento, el nuevo Decreto hace un esfuerzo por resolver los principales problemas surgidos en aplicación del anterior, reforzando el carácter preventivo de este instrumento y diseñando un procedimiento más ágil y eficaz.

Introducción

En la CAPV la evaluación ambiental de planes y programas se ha llevado a cabo, hasta noviembre de 2012, conforme al Decreto 183/2003, de 22 de julio, por el que se regulaba el procedimiento de evaluación conjunta de impacto ambiental, que surgió en desarrollo de la Ley 3/1998, de 27 de febrero, General de Protección del Medio Ambiente y la Directiva 2001/42/CE relativa a la evaluación de los efectos de determinados planes y programas en el medio ambiente, adelantándose a las disposiciones de la legislación estatal (Ley 9/2006 sobre evaluación de los efectos de determinados planes y programas en el medio ambiente)(1) .

Habiendo transcurrido casi 10 años desde su entrada en vigor, el Gobierno Vasco se encontraba con la necesidad de adaptar su Decreto a las numerosas disposiciones normativas que desde entonces han surgido.

Así pues, contando con la experiencia acumulada a lo largo de una década en la aplicación del procedimiento, el Gobierno Vasco elaboró el nuevo Decreto 211/2012, de 16 de octubre, por el que se regula el procedimiento de evaluación ambiental estratégica de planes y programas (2), haciendo un esfuerzo por resolver las principales debilidades detectadas hasta ahora, se ha tratado de reforzar el carácter preventivo de este instrumento y de diseñar un procedimiento más ágil y eficaz

Material y Métodos

El nuevo Decreto de EAE debía dar respuesta a las siguientes necesidades:

- 1) Adaptar la normativa autonómica sobre evaluación ambiental estratégica de planes y programas a las disposiciones normativas que han surgido a lo largo de la última década:
 - Ley 9/2006, de 28 de abril, sobre evaluación de los efectos de determinados planes y programas en el medio ambiente.
 - Ley 2/2006, de 30 de julio de suelo y urbanismo de la CAPV.
 - Ley 42/2007, de 13 de diciembre del Patrimonio Natural y de la Biodiversidad.
- 2) Reforzar el carácter preventivo de este instrumento, promoviendo un mayor esfuerzo en las fases iniciales.
- 3) Clarificar y definir de forma más exhaustiva el ámbito de aplicación de la EAE.
- 3) Favorecer la integración de los procesos administrativos (sustantivo y ambiental) de los planes y programas que elaboren las Administraciones públicas de la Comunidad Autónoma, sobre la base de un principio de corresponsabilidad entre los agentes implicados.
- 4) Reforzar la transparencia y la participación ciudadana, estableciendo que la participación se lleve a cabo desde las fases preliminares del proceso planificador cuando estén abiertas todas las opciones y antes de la toma de decisiones.
- 5) Establecer un procedimiento más ágil y eficaz.

Resultados

Con objeto de atender todas las necesidades detectadas, el nuevo Decreto de EAE realiza las siguientes aportaciones:

A. Caso por caso

Como primera relevante novedad con respecto al Decreto 183/2003, se incorpora el caso por caso de la legislación estatal (art. 3 y art.4 de la Ley 9/2006).

El órgano promotor consultará al órgano ambiental sobre la necesidad de que un determinado plan o programa se someta al procedimiento de EAE.

Así, el órgano ambiental determinará si los planes y programas que establecen el uso de zonas de reducido ámbito territorial y las modificaciones menores de planes y programas, deben ser sometidos al procedimiento de EAE, en base a unos criterios específicos, que se recogen en un anexo al Decreto.

B. Iniciación

De cara a la emisión del documento de referencia el promotor debe aportar un documento de inicio, requerimiento que no recoge la Ley 9/2006 ni contemplaba en el Decreto 183/2003.

En este documento de inicio el promotor debe aportar numerosa información, que se estructura en un total de 14 apartados, entre los que cabe destacar:

- Apartado h: Descripción de las características del plan: delimitación espacial de los ámbitos en el que se desarrollarán las actuaciones del plan/programa y del ámbito donde se localicen los elementos que previsiblemente sean afectados ambientalmente de forma significativa. Para el caso del planeamiento urbanístico se señala específicamente la delimitación espacial de los ámbitos propuestos de reclasificación y recalificación urbanística.
- Apartado i: Identificación de los objetivos de protección medioambiental y criterios de desarrollo fijados en las normativas, estrategias y planes de escala internacional, comunitaria, estatal, autonómica y/o local que guarden relación con los probables efectos significativos del plan/programa o con sus objetivos, así como de los indicadores asociados y, en su caso, límites establecidos o propuestos aplicables a tener en cuenta durante la elaboración del plan/programa.
- Apartado j: Definición específica de las alternativas razonables. Descripción de las alternativas de planificación consideradas:
 - a. Descripción y justificación de los criterios de viabilidad técnica en la identificación de las alternativas razonables consideradas: alternativas de localización, de desarrollo técnico y/o desarrollo temporal del plan/programa.
 - b. Justificación de su congruencia y proporcionalidad con los objetivos ambientales de referencia, y medida en la que contribuyen a su desarrollo.

- Apartado k: Aspectos relevantes de la situación actual del medio ambiente, como recursos y espacios amenazados y/o protegidos mediante convenios internacionales y disposiciones normativas de carácter general, así como, en su caso, problemas ambientales del ámbito de evaluación del plan/programa, considerando su probable evolución, en el horizonte temporal del plan, en caso de no aplicarlo.
- Apartado m: Valoración del órgano promotor de si el plan/programa puede afectar o no de forma apreciable a los lugares Natura 2000. Dicha valoración se fundamentará aportando la siguiente información: identificación de todos los proyectos o planes que puedan afectar individual o conjuntamente sobre la Red natura 2000; identificación de los impactos y evaluación de la importancia de los mismos; y características de los lugares Natura 2000 afectados.
- Apartado n: Identificación de ámbitos de afección en otros espacios naturales protegidos según legislación sobre conservación de la naturaleza, humedales Ramsar, paisajes singulares y/o sobresalientes, Montes de Utilidad Pública o Protectores, hábitats de interés comunitario y/o prioritario, formaciones arboladas autóctonas, ámbitos fluviales, y otros ámbitos de calidad y sensibilidad ambiental.

C. Posibilidad de finalizar el procedimiento en una fase temprana

A la vista del documento de inicio remitido por el promotor y a las respuestas de las consultas previas, el órgano ambiental elabora el documento de referencia en el que se determinará la amplitud y nivel de detalle del informe de sostenibilidad ambiental.

No obstante, si analizada toda la documentación, el órgano ambiental determinase la ausencia de impacto ambiental del plan/programa, podrá resolver motivadamente en ese sentido, resolución que finalizará el procedimiento de EAE. Esta posibilidad agiliza considerablemente el procedimiento ambiental.

D. Principios de desarrollo sostenible

El nuevo Decreto de EAE incorpora de los principios de desarrollo sostenible que deben regir la evaluación ambiental:

1. Priorizar la utilización intensiva de suelos ya artificializados, preservando de la urbanización el suelo de alto valor agrológico y el natural.
2. Evitar la segregación y dispersión urbana, así como la movilidad inducida, favoreciendo la accesibilidad mediante la planificación integrada de los usos del suelo y la movilidad y el fomento de estructuras urbanas densas, compactas y complejas.
3. Reducir el sellado del suelo, mediante un uso más sostenible del mismo y que mantenga tantas funciones como sea posible.

4. Fomentar el uso sostenible de recursos naturales: agua, energía, suelo y materiales.
5. Preservar y mejorar los hábitats y las especies, el medio natural y la conectividad ecológica.
6. Conservar y mejorar los paisajes y el patrimonio cultural.
7. Fomentar el ahorro energético, la eficiencia y el uso de energías renovables y la cogeneración.
8. Garantizar un aire limpio y la reducción de la población expuesta a niveles altos de ruido y a contaminación lumínica.
9. Alcanzar un buen estado ecológico de las masas de agua y un uso sostenible del recurso.
10. Favorecer la reducción de la vulnerabilidad al cambio climático mediante la integración de medidas de mitigación y adaptación.
11. Minimizar los riesgos naturales.

E. Esquema homogéneo para los informe que emite el órgano ambiental

Además del contenido del informe de sostenibilidad ambiental y de los criterios para determinar la posible significación de los efectos sobre el medio ambiente (que también se recogen en la Ley 9/2006), se incorporan como anexos el contenido del documento de referencia y el contenido de la memoria ambiental.

Discusión y Conclusiones

El requerimiento del documento de inicio conllevará:

- Una mayor implicación por parte del promotor, que deberá recabar y proporcionar datos de carácter ambiental y realizar una primera aproximación a los posibles impactos ambientales. Hasta ahora, en muchos casos, en los que el promotor realizaba una consulta previa (para la que no se requería información alguna), el primer análisis ambiental lo abordaba el órgano ambiental.
- Realizar un análisis de alternativas real desde la fase incipiente del plan/ programa. Hasta ahora, en muchas ocasiones el análisis de alternativas constituía un simple apartado a cumplimentar en el Informe de Sostenibilidad Ambiental.

Por otro lado, se espera agilizar considerablemente el procedimiento:

- Al suprimir el Informe Preliminar de Impacto Ambiental, gracias a un mayor esfuerzo por parte del promotor en las fases iniciales del plan/programa, el órgano ambiental pasa de emitir 3 informes a 2.
- Al introducir la posibilidad de que el órgano ambiental resuelva finalizar el procedimiento en el caso que determine la ausencia de impacto ambiental.

El desarrollo de los contenidos tanto del documento de referencia como de la memoria ambiental, además de servir de guía, asegurará que los informes que cada órgano ambiental emita dentro del procedimiento de EAE tengan un esquema homogéneo.

Para finalizar, la incorporación en el Decreto de los principios de desarrollo sostenible que deben guiar la evaluación se considera fundamental a la hora de su integración efectiva en el procedimiento.

En definitiva, con este nuevo Decreto se espera hacer de la EAE un instrumento de prevención verdaderamente eficaz, que asegure la integración efectiva de los aspectos ambientales en la toma de decisiones de planes y programas públicos.

Referencias / Bibliografía

- (1) Ley 9/2006 sobre evaluación de los efectos de determinados planes y programas en el medio ambiente. BOE núm. 102, de 29 de abril de 2006.
- (2) Decreto 211/2012, de 16 de octubre, por el que se regula el procedimiento de evaluación ambiental estratégica de planes y programas. BOPV num. 223, de 19 de noviembre de 2012.

EL “SCREENING” Y SU APLICACIÓN A LA EVALUACIÓN AMBIENTAL ESTRATÉGICA DE PLANES URBANÍSTICOS EN LA COMUNIDAD AUTÓNOMA DE ARAGÓN

ABAD GARCÍA, J.

Ecología y Ordenación del Territorio, S.L.P.

jabadgar@telefonica.net

Zaragoza

Palabras clave: Evaluación preliminar, screening, plan, modificación, urbanismo.

Resumen

Se trata de analizar el “screening” realizado en las evaluaciones ambientales estratégicas de planes urbanísticos en Aragón mediante el procedimiento de “caso a caso”, para lo que se ha recurrido a las Resoluciones publicadas en el Boletín Oficial de Aragón por las que el órgano ambiental: Instituto Aragonés de Gestión Ambiental (INAGA) determina someter o no el supuesto a evaluación ambiental integral o completa.

Se han consultado 242 Resoluciones de las que se analizan 239, en un periodo temporal que abarca desde el inicio del procedimiento en el año 2006 hasta el año 2011 inclusive.

Introducción

El término inglés “screening” se acuñó desde los inicios de los procesos de evaluación ambiental (1) y se ha utilizado en muchos países para establecer la necesidad o no de someter a un plan, programa o proyecto a una evaluación integral o completa, para lo que existen dos enfoques básicos que consisten, bien en una clasificación en categorías, o bien en la realización de un estudio o evaluación preliminar que permita esta discriminación inicial.

En el ámbito europeo (2) se establecen una serie de planes y programas sujetos a “evaluación medioambiental” diferenciando una clasificación por categorías, a) fundamentada en usos y actividades económicas entre los que se incluyen “la ordenación del territorio urbano y rural o la utilización del suelo” entre otras y un segundo enfoque b) que atiende al efecto probable que se determinará por los “Estados miembros” mediante estudios “caso por caso” que evalúen previamente los efectos ambientales significativos y la decisión de someter o no el plan o programa a evaluación ambiental integral.

En el ámbito estatal (3), y al margen de las competencias administrativas asociadas a los promotores y órganos sustantivos de titularidad pública, se establece la clasificación de planes y programas sometidos a evaluación ambiental en dos categorías, a) por usos y actividades económicas siguiendo el criterio europeo y otra b) por requerimiento expreso de la normativa reguladora de los espacios naturales protegidos y del patrimonio natural y la biodiversidad. Se incluye además una tercera vía en el supuesto de planes y programas, o sus modificaciones, en la que se prevean efectos significativos en el medio ambiente y sobre los que el órgano ambiental debe determinar si se somete o no a una evaluación ambiental integral; y esta determinación podrá realizarse, bien mediante un estudio "caso por caso", bien especificando tipologías de planes y programas, o incluso combinando ambos métodos.

En el ámbito de la Comunidad Autónoma de Aragón (4) (5) se establecen las tres vías ya mencionadas en el ámbito estatal y, respecto a la correspondiente a los "análisis caso a caso" y en su aplicación a planes urbanísticos, lo sustenta en dos supuestos:

- a) Modificaciones que afecten al suelo no urbanizable, o al suelo urbanizable no delimitado, y de los que puedan derivarse afecciones significativas.
- b) Planes Parciales, cuyo ámbito territorial sea superior a 50 has, que afecten al suelo urbanizable no delimitado y que sean desarrollo de figuras de planeamiento no evaluadas ambientalmente.

La comunicación se centra en el procedimiento de evaluación ambiental de planes urbanísticos en el denominado análisis caso a caso en la Comunidad Autónoma de Aragón que supone el "screening" asociado a una evaluación ambiental estratégica previa en la que, mediante un documento técnico: "Análisis Preliminar de Incidencia Ambiental", se toma la decisión de someter o no un determinado plan de desarrollo o una modificación de planeamiento a evaluación ambiental completa (5) que se determina mediante Resolución del órgano ambiental: Instituto Aragonés de Gestión Ambiental (INAGA).

Material y métodos

Las fuentes de información han sido las Resoluciones publicadas en el Boletín Oficial de Aragón, en el que se determina por el INAGA el sentido del "screening" en los análisis caso a caso de planes urbanísticos en un periodo temporal que abarca desde el inicio del procedimiento en el año 2006 hasta el final del año 2011.

En estos documentos administrativos se resume el tipo de procedimiento, promotor, solicitud, descripción básica de la actuación, documentación presentada, proceso de consultas, ubicación y características, aspectos singulares, potenciales impactos del desarrollo del plan y valoración, resolución

motivada de someter o no a evaluación ambiental y medidas ambientales en su caso. Si se determina someter a evaluación ambiental, se incluye el Documento de Referencia con el alcance que debe adoptar el correspondiente Informe de Sostenibilidad Ambiental y como deben realizarse las modalidades de información y consulta, incorporando la fase de "scoping" en estos casos.

El método empleado ha consistido en resumir la información con tratamiento mediante hoja de cálculo conformando matrices en las que para cada una de las Resoluciones Administrativas, que figura en filas, se establecen los datos ordenados en columnas.

En esta evaluación ambiental preliminar tiene una gran importancia el trámite de consultas y la participación de agentes sociales y organismos competentes y afectados, lo que ha llevado con el mismo método descrito a propiciar matrices en las que figuren en filas las Resoluciones analizadas y en columnas las respuestas, con la siguiente asignación de consultados: Administraciones Estatal, Autonómica, Comarcal y Local; y Agentes Sociales.

Resultados

Se han consultado 242 Resoluciones de las que 239 se analizan, ya que 3 de ellas o se han duplicado o sustituido, y se corresponden con: 1 en el año 2006, 47 en el año 2007, 58 en el año 2008, 69 y máximo en el año 2009, 30 en el año 2010 y 34 en el año 2011.

Entre todos los supuestos, 214 casos (89,5%) se refieren a Modificaciones de planeamiento general, 12 casos (5%) a Adaptaciones-Homologaciones a Plan General de Ordenación Urbana, 8 casos (3,3%) a Planes Parciales, 4 casos (1,7%) a Proyectos de Delimitación de Suelo Urbano y 1 caso (0,4%) a Plan Especial.

Respecto al número total de consultas a administraciones, organismos y agentes sociales, de 2.066 comunicaciones totales que envió el INAGA solicitando participación en el "screening" se recibieron 280 contestaciones, un 13,5% de respuestas del total de requerimientos, con la siguiente distribución:

- *Administración Estatal*: De 236 consultas se recibieron 68 contestaciones (28,8%).
- *Administración Autonómica*: De 492 consultas se recibieron 178 contestaciones (36,2%).
- *Administración Comarcal*: De 150 consultas se recibieron 26 contestaciones (17,3%).
- *Administración Local*: De 234 consultas se recibieron 5 contestaciones (2,1%).
- *Consejo de Protección de la Naturaleza*: De 238 consultas tan solo se formalizaron 3 contestaciones (1,2%).

- *Agentes sociales*: De 716 consultas que equivalen al 34,6% del total de la participación requerida por el INAGA, no hubo ninguna contestación de este grupo de agentes mayoritariamente integrado por asociaciones ecologistas.

En los aspectos referidos al diagnóstico ambiental se ha detectado, en la descripción de un número total de 362 aspectos singulares afectados e incorporados a las resoluciones administrativas, que en un 29,8% de los casos se referían a afecciones sobre especies catalogadas en alguna categoría de amenaza; un 21,8% se correspondían con terrenos sin aspectos singulares; en un 16,6% la afección era sobre espacios naturales protegidos y Red Natura 2000; en un 11,3% se afectaba a Vías Pecuarias; en un 5,8% a terrenos con riesgos naturales por inundación o zonas húmedas; en un 5,5% se afectaba a Montes de Utilidad Pública; en un 4,4% la afección implicaba a bosques y hábitats de interés comunitario; y en un 1,1% de los casos las afecciones eran socioeconómicas o a patrimonio cultural protegido, entre otros aspectos singulares poco definidos que presentaban un porcentaje del 3,6%.

Respecto a los impactos por ocupación del suelo, de las 239 Resoluciones analizadas en 142 (59,4%) el impacto es bajo, en 15 (6,3%) es medio, en 12 (5%) es alto y en 70 (29,3%) no está definido. En relación a estos efectos por ocupación, se acompañan de características que aminoran o incrementan los efectos ambientales previsibles y que tiene su referencia urbanística en la posibilidad de que los nuevos suelos se emplacen dando continuidad a núcleos urbanos o polígonos industriales existentes, o se emplacen en terrenos aislados y sin comunicación con los mismos. En este sentido, 142 Resoluciones (59,4%) se corresponden con nuevos suelos en ampliación y con conexión a núcleos de población existentes, 35 (14,6%) presentan conexión a polígonos industriales existentes, 30 (12,6%) se ubican en situación aislada respecto al sistema de núcleos de población u otras zonas urbanizadas y en 32 Resoluciones (13,4%) no se define o las actuaciones no contemplan ocupación directa de suelos.

En cuanto al resumen de los impactos relacionados con el consumo de recursos, en 148 Resoluciones (61,9%) el impacto es bajo, en 11 (4,6%) el impacto es medio, en 9 (3,8%) el impacto es alto y en 71 (29,7%) no figura en los documentos administrativos.

Con todos estos datos se alcanza el resultado del "screening" para los 239 casos analizados y por el que el INAGA determina que en 14 de ellos (5,9%) la Resolución es de "someter" a evaluación ambiental integral y en 225 (94,1%) se decide "no someter" a esta evaluación estratégica completa.

Si se atiende a los 225 casos en los que en el "screening" se determinó "no someter" a evaluación ambiental completa, en 71 (31,6%) de ellos la Resolución incorpora medidas ambientales específicas y en 154 (68,4%) ni tan siquiera tenían la trascendencia suficiente para incorporar acciones de corrección o protección.

Respecto a las medidas ambientales a cumplir por el promotor e incluidas en esas 71 Resoluciones, un 38,5% de las acciones tenían un carácter socioeconómico y cultural, un 33% regulaban afección a vías pecuarias o montes de utilidad pública, en un 16,5% de las ocasiones atendía a medidas de protección del medio natural, un 5,5% por terrenos con riesgo de inundación, un 3,7% por riesgos ligados a procesos de contaminación y un 2,8% por riesgos de incendios forestales.

Discusión y conclusiones

Entre los supuestos sometidos a análisis caso a caso surgen algunos no incluidos en la legislación de referencia (5) y en cambio se someten a "screening", como las Adaptaciones-Homologaciones a Plan General de Ordenación Urbana, los Proyectos de Delimitación de Suelo Urbano y los Planes Especiales sin una regulación expresa.

Por otra parte, el carácter inicial de estos análisis caso a caso obliga a trabajar con escasa información, lo que, unido a la previsible importancia de los efectos ambientales del planeamiento urbanístico de desarrollo, supone un "screening" en el que toman un peso considerable (6):

- Opiniones de los expertos.
- Directrices y prioridades del órgano ambiental.
- Contribución de los agentes sociales y organismos competentes.

En todo ello tienen un papel crucial los procesos de consultas previas que, si no se desarrollan adecuadamente o no se traducen en respuestas válidas, incrementan el peso en la toma de decisión para el órgano ambiental.

En este sentido, destaca la nula o escasa participación en la fase de consultas en lo que respecta a los agentes sociales y a órganos colegiados de iniciativa popular como el Consejo de Protección de la Naturaleza, y la reducida participación de las Administraciones Locales y Comarcales. El mejor resultado es el correspondiente a la Administración Autónoma y con la exigua cifra de 1 contestación de cada 3 solicitudes.

En la relación existente entre el diagnóstico del inventario y las medidas ambientales impuestas, resalta que frente a un 50,8% de aspectos singulares afectados sobre el medio natural, tan solo se incluyen un 16,5% de medidas de protección específicas; en cambio, con un 1,1% de aspectos singulares referidos a variables socioeconómicas y de patrimonio cultural, el resultado es que se especifican un 38,5% de medidas sobre estas variables. Estos resultados contrastan con los riesgos de inundación en los que, de un 5,8% de aspectos singulares detectados en el diagnóstico, se reflejan un 5,5% de medidas a adoptar al respecto, en un porcentaje más equilibrado.

Resalta a su vez que las actuaciones básicas con promoción pública sometidas a "screening" se centran en ampliaciones de suelos para usos residenciales e industriales con un 66,1% de los casos frente a tan solo un 16,3% de ellos destinados a mejora y ampliación de equipamientos, usos terciarios, infraestructuras, viales y zonas verdes.

Como resultado final se establece que, de 239 casos analizados, solo se sometieron a evaluación ambiental integral 14, 12 si descontamos procedimientos repetitivos, de los que 6, en realidad 4 con las repeticiones, se corresponden con Planes Parciales y 8 con Modificaciones de Plan General de Ordenación Urbana. De estos 12 supuestos sometidos finalmente a evaluación integral que se corresponden con el 5% de todos los casos analizados, la ocupación superficial de ellos supone el 34% del total de Resoluciones supervisadas, indicando la importancia que tiene tanto la figura de planeamiento como la magnitud superficial de la actuación.

Respecto a los 225 supuestos que no se someten a evaluación integral, destaca que tan solo 71 de ellos presenten medidas ambientales específicas, lo que resalta la escasa relevancia de los efectos ambientales de muchos de los supuestos sometidos a "screening".

Como conclusión principal se estima necesario mejorar el "screening" en relación a la planificación urbanística, fundamentado en las siguientes cuestiones:

- Discriminar, reducir y regular los supuestos sometidos a análisis caso a caso para mejorar la eficiencia del procedimiento.
- Profundo cambio de la fase de consultas, sobre todo en lo que respecta a los agentes sociales y Administraciones Local y Comarcal.
- Revisar el contenido del Análisis Preliminar de Incidencia Ambiental encaminándolo a la decisión final del "screening" y a la óptima aplicación de medidas ambientales en los casos de no someter.
- Iniciar un debate en el ámbito de las Administraciones Locales, como promotores de los supuestos analizados.

Referencias/Bibliografía

- (1) Canter, L. W.; Manual de Evaluación de Impacto Ambiental. Mc Graw-Hill (1997).
- (2) 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. Diario Oficial de las Comunidades Europeas de 21 de julio de 2001, pp L197/30 a L197/37.
- (3) Ley 9/2006, de 28 de abril, sobre evaluación de los efectos de determinados planes y programas en el medio ambiente. Boletín Oficial del Estado nº 102 de 29 de abril de 2006, pp 16.820-16.830.

- (4) Ley 7/2006, de 22 de junio, de protección ambiental de Aragón. Boletín Oficial de Aragón nº 81 de 17 de julio de 2006, pp 9.819-9.854.
- (5) Decreto 74/2011, de 22 de marzo, del Gobierno de Aragón, por el que se modifican los anexos de la Ley 7/2006, de 22 de junio, de protección ambiental de Aragón. Boletín Oficial de Aragón nº 68 de 5 de abril de 2011, pp 7.365-7.395.
- (6) Oñate, J. J.; Pereira, D.; Suárez, F.; Rodríguez, J. J. y Cachón, J. Evaluación Ambiental Estratégica. Ediciones Mundi-Prensa (2002).

**BLOQUE IV:
Evaluación ambiental
estratégica y cambio climático**



ASPECTOS PRÁCTICOS DEL CÁLCULO DE LA HUELLA DE CARBONO (APLICACIÓN AL RECICLADO DE VEHÍCULOS)

MAS ALIQUE, P; MUÑOZ JIMÉNEZ, D
Universidad Católica de Ávila,
pedro.mas@ucavila.es,
Ávila

Palabras clave: Huella de Carbono, gases de efecto invernadero, reciclado.

Resumen

El objeto del trabajo es dar a conocer la metodología seguida, las dificultades encontradas y las soluciones dadas para el cálculo de la huella de carbono del reciclado de vehículos.

La metodología consistió en el estudio de la actividad a analizar, la elección del método y de la normativa a utilizar para el cálculo de la huella de carbono y el alcance del mismo, el trabajo de campo en centros autorizados de tratamiento, fabricantes de vehículos, etc., la revisión bibliográfica, el estudio de la información obtenida y la comparación de los datos bibliográficos con información real y la revisión crítica de las conclusiones y de la metodología. En este contexto hubo que tomar decisiones que permitieron resolver las dificultades encontradas y que pueden ser de aplicación general; los puntos clave figuran a continuación

1. Hay que obtener una visión general de la actividad objeto de estudio.
2. Hay que planificar el trabajo de campo.
3. Revisiones bibliográficas y calidad de la información obtenida, qué es utilizable y qué no, cruzar datos.
4. La información oficial no siempre es fiable ni fácil de conseguir.
5. El cruce entre datos reales y obtenidos de la bibliografía permite fijar la información.
6. La elección del método de cálculo de la huella de carbono y del alcance de la misma debe justificarse.
7. Finalmente hay que interpretar los resultados y revisar la metodología empleada.

Introducción

El grupo de investigación Tecnología y Cambio Climático, de la Universidad Católica de Ávila (UCAV), fue becado por la Fundación Mapfre para el estudio del reciclado de vehículos.

A raíz de este trabajo, los autores entraron en contacto con un sector, en general, muy poco tecnificado, que ha hecho un gran esfuerzo para adaptarse a las exigencias de la legislación en vigor (1), que está sintiendo los efectos de la crisis y cuya gestión tiene una gran importancia medioambiental pero que está muy enfocado al mercado, a esto hay que unir el tipo de instalaciones que suelen encontrarse, los muy diferentes tipos de empresas que forman el sector y la ausencia, o escasez, de una bibliografía técnico científica de calidad por lo que, para llevar a cabo el trabajo, los investigadores tuvieron que desarrollar una metodología que les permitiera cumplir los objetivos perseguidos con eficacia y rigor.

Dicha metodología es, en su opinión, aplicable a cualquier trabajo que implique el cálculo de huella de carbono en empresas u organizaciones que no estén familiarizadas con este tipo de actividad y puede ser útil para aquellos investigadores que tengan que seguir un camino similar al que ellos recorrieron.

Material y Métodos

A continuación se van a comentar las distintas acciones llevadas a cabo para el desarrollo del trabajo, según el orden que figura en el resumen,

Obtener una visión general de la actividad objeto de estudio. Ambos autores tienen experiencia en el campo industrial y en instalaciones y uno de ellos tiene experiencia en el sector del automóvil lo que aporta el conocimiento de los componentes y de las tecnologías de fabricación de vehículos, pero ninguno poseía conocimientos sobre reciclado de vehículos, para tener esa primera visión sobre el sector se recurrió al RD (1) que regula la actividad, a estudiar la información de las asociaciones sectoriales, tanto sobre la estructura del sector como los informes técnicos emitidos por ellas, (2) (3) y se revisaron las previsiones hechas en su día por la Administración Central (4). Posteriormente el número real de Centros Autorizados de Tratamiento (CAT) se obtuvo de las listas de gestores de residuos de cada comunidad autónoma.

Planificar el trabajo de campo. Desde el principio los autores entendieron este trabajo como el inicio de un más amplio estudio sobre el análisis de ciclo de vida del automóvil, ello les llevó a tratar de obtener la mayor cantidad posible de información sobre el terreno.

Las principales fases del proceso de reciclado se llevan a cabo en los CAT en los que el vehículo se descontamina y en el que se desmontan todos aquellos componentes susceptibles de venta (parte de estos componentes se venden directamente a cliente y otros van a reconstructores), en las compactadoras que compactan la carrocería con aquellos componentes no vendidos, en las fragmentadoras que reducen a pequeños trozos lo previamente compactado y que hacen una primera separación principalmente en materiales metálicos y no metálicos y en los tratamientos post fragmentación, plantas de medios

densos y separaciones varias, y por fin valorización energética y vertedero. En un principio el trabajo se centró en los CAT, por lo que se planificaron una serie de visitas a distintos CAT, y se recogió información de otros, también se visitó una fragmentadora y un reconstructor, así mismo se visitó un fabricante de vehículos y se entró en contacto con otro para tener una visión más amplia del tema objeto de estudio, los CAT visitados son de muy distinto tipo tanto en volumen de vehículos procesados como en tipo de negocio.

Revisiones bibliográficas y calidad de la información obtenida, se hizo una amplia revisión bibliográfica de artículos de diversa procedencia, de revistas profesionales, información de distintas bases de datos, normalmente oficiales, tanto españolas como europeas y documentación tanto de asociaciones profesionales españolas como internacionales, también se revisó la documentación de la administración española, central y autonómica y de la UE.

Siempre que fue posible se cruzó información entre distintas fuentes para asegurar el rigor de los datos obtenidos.

En una primera fase se hicieron búsquedas directas en internet, posteriormente se utilizó la web of knowledge (5).

Información oficial, los CAT hacen declaraciones anuales de residuos que entregan en la administración autonómica que consolida los datos y los envía al ministerio que consolida a nivel nacional y envía la información a la UE; para obtener esta información se consultaron las páginas web de las distintas autonomías y ministerios así como eurostat (portal estadístico de la UE); para conocer las bajas de vehículos se consultaron las bases de datos de Tráfico, Instituto Nacional de Estadística y eurostat; para comprobar el cumplimiento de los objetivos de reciclado marcados en el RD (1) se consultaron las web de las distintas autonomías y documentos de los ministerios y de la UE, a título de ejemplo se citan el Plan integrado de gestión Residuos de Navarra (6) y la Revisión y actualización del plan integral de residuos de la Generalitat de Valencia (7).

Respecto a los datos de partida para cumplimentar las declaraciones de residuos en lo relativo al peso del vehículo, se consultó el RD que define el peso que figura en la tarjeta ITV (8).

En este apartado cabe incluir la normativa (ISO) existente sobre la clasificación de materiales en peso a efectos de reciclado ISO 22628:2002(E) (9) y la correspondiente información obtenida de un fabricante de vehículos.

El cruce entre datos reales y obtenidos de la bibliografía permite fijar la información, en algunos casos los datos obtenidos en la bibliografía eran erróneos por comparación con las medidas reales.

Elección del método de cálculo de la huella de carbono y del alcance de esta, hay varios estándares para el cálculo de la huella de carbono, definida como una medida de la cantidad total de emisiones de CO₂ y otros gases de efecto invernadero, causados de forma directa e indirecta, por un individuo, actividad,

organización o producto a lo largo del ciclo de vida del mismo (10). La elección de la Especificación Técnica ISO/TS 14067:2013 (11) se basó en el estudio de la evolución de las certificaciones según normas ISO 9001 y 14001, frente a normas BSI, OHSAS 18001, pues el resto de formas de cálculo, en opinión de los autores, cederá terreno frente a la experiencia de ISO y BSI, de los documentos consultados (12) (13) (14) se deduce una clara tendencia a favor de normativa ISO, de ahí la elección de la ISO/TS 14067. Los alcances se limitaron al alcance uno y dos, es decir a la energía adquirida y a los consumos internos.

Interpretar los resultados y someter a crítica la metodología empleada, tras finalizar el trabajo se revisó la metodología, incluyendo las fuentes de información y la cantidad y calidad de la misma y se analizaron los resultados obtenidos así como de la validez y aplicabilidad de dicha metodología.

Resultados

Visión general de la actividad objeto de estudio, con la información aportada por los documentos anteriores se obtuvo una visión previa a la entrada en vigor del RD, el conocimiento del marco normativo, el RD, y una primera aproximación a la situación del sector en volumen de empresas y en resultados de reciclado a partir de los datos de una de las más importantes asociaciones sectoriales.

Trabajo de campo, la planificación del trabajo de campo permitió una óptima utilización del tiempo de los investigadores y conocer de forma rápida y real los principales aspectos de los CAT y la dificultad para entrar en contacto y conseguir información de diversas fuentes, las visitas a distintas empresas y la toma de contacto con otras se reveló como un imprescindible fuente de información que permitió conocer el "hecho real en el sitio real"; los consumos energéticos se obtuvieron en la propia instalación, midiendo aquellos de los que no se tenían datos y estimando los menos importantes a partir de las características de los equipos y del uso de los mismos.

Revisiones bibliográficas y calidad de la información, se obtuvieron datos de las bases de datos existentes, así como de informes técnicos de procedencia diversa, siempre que fue posible cruzando información, las búsquedas directas dieron buen resultado, sobre todo al ir aumentando el conocimiento sobre el tema, en muchas ocasiones hubo que recurrir a informes de asociaciones profesionales y de revistas del sector, no siempre indexadas.

Información oficial, la información oficial, sobre todo la de detalle, no es fácil de conseguir, no todas las comunidades autónomas publican sus resultados de manera clara y la información de las distintas administraciones no siempre es la mejor.

Cruce entre datos reales y obtenidos de la bibliografía permite fijar la información, se detectaron errores en la información bibliográfica que se corrigieron con datos reales.

Elección del método de cálculo de la huella de carbono y del alcance de la misma, no hubo ninguna dificultad al trabajar con la ISO/TS 14067 y con los alcances 1 y 2, se determinó la HdC de los CAT con rigor.

Interpretar los resultados y crítica de la metodología, la metodología descrita funcionó satisfactoriamente.

Discusión y Conclusiones

Visión general de la actividad objeto de estudio, con la información aportada por los documentos citados se obtuvo una visión previa a la entrada en vigor del RD, del marco normativo, el RD, y una primera aproximación a la situación del sector tanto en volumen de empresas como en resultados de reciclado, a partir de los datos de una de las más importantes asociaciones del sector, no obstante los datos de las distintas asociaciones profesionales son incompletos por ceñirse a sus afiliados, de ahí la necesidad de buscar en los registros de empresas información completa. Los datos de las asociaciones hablan de uno 900 o 1000 CAT mientras que los registros de gestores de residuos de las distintas autonomías dan en marzo de 2013 algo más de 1300, como se puede apreciar los datos de asociaciones sirven solamente como primera aproximación mientras que los datos de registros oficiales de empresas dan el dato real.

Trabajo de campo, es imprescindible comprobar el “hecho real en el sitio real”, esto no solo permite conocer la situación del sector, permite establecer una red de contactos para el futuro y obtener datos reales para hacer cálculos fiables.

Revisiones bibliográficas y calidad de la información, es fundamental cruzar datos de distintos orígenes y comprobar, siempre que sea posible, los datos con medidas reales, esto permite mejorar la calidad de la información aportada y corregir errores que se propagan al dar como buena la fuente sin comprobación posterior.

Información oficial, no todas las bases de datos son fiables, las estadísticas de vehículos fuera de uso que figuran en la página del INE son muy confusas, la información reseñada en las declaraciones de residuos de los CAT es aproximada pues no disponen de información para hacerlo con rigor, la información de las distintas administraciones no siempre es la mejor tanto por calidad como por actualización y la información de la UE suele ser útil.

Cruce entre datos reales y obtenidos de la bibliografía, se detectaron errores en la información bibliográfica que se pudieron corregir por medida directa.

Método de cálculo de la huella de carbono y alcance de la misma, el uso de la ISO/TS 14067 para el cálculo de la HdC, alcance 1 y 2, fue satisfactorio, pero para poder comparar empresas de muy distinto tipo hubo que recurrir a ratios (T_m de CO_2 / T_m reciclada) pues la huella de carbono es un magnitud absoluta ligada a la actividad y su uso puede desvirtuar la comparación de la efectividad medioambiental entre empresas distintas.

Interpretar resultados y revisar la metodología, la metodología descrita funcionó perfectamente, y se considera adecuada para otros sectores o investigaciones aplicando los siguientes pasos:

1. Aproximación al sector o actividad objeto de estudio, marco legal, estudios previos y previsiones, volumen de actividad y tipo de empresas.
2. Trabajo de campo, conocer el hecho real en el sitio real.
3. Revisiones bibliográficas amplias y profundas, con sentido crítico y cruzando datos.
4. Obtención de información de fuentes oficiales, revisión y análisis crítico de la misma.
5. Cruce entre datos reales y bibliográficos sea cual sea su origen.
6. Revisión de la metodología para enriquecerla con la experiencia.

Referencias / Bibliografía

- (1) Real Decreto 1383/2002, de 20 de diciembre, sobre gestión de vehículos al final de su vida útil.
- (2) SIGRAUTO, Informe resumen de la prueba de seguimiento de niveles de recuperación de vehículos al final de su vida útil octubre 2009 mayo 2010, fecha del documento 3/09/10.
- (3) SIGRAUTO, Memoria 2012.
- (4) Plan Nacional de Vehículos al final de su vida útil (2001-2006), BOE núm. 248, Martes 16 octubre 2001, p. 37925 – 37941.
- (5) <http://www.accesowok.fecyt.es/>
- (6) Plan integrado de gestión Residuos de Navarra, Diciembre 2010, 4.3. Subprograma de vehículos fuera de uso.
- (7) Revisión y actualización del plan integral de residuos.
- (8) Real Decreto 750/2010, de 4 de junio, por el que se regulan los procedimientos de homologación de vehículos de motor y sus remolques, máquinas autopropulsadas o remolcadas, vehículos agrícolas, así como de sistemas, partes y piezas de dichos vehículos.
- (9) ISO 22628:2002(E), Road vehicles - Recyclability and recoverability - Calculation method.
- (10) LA HUELLA DE CARBONO, Centro Nacional de Información de la Calidad, AEC, 2011.
- (11) Technical Specification ISO/TS 14067:2013, Carbon footprint of products - Requirements and guidelines for quantification and communication.
- (12) Forum calidad. (s.f.). Obtenido de <http://www.forumcalidad.com/>.
- (13) Franceschini, F., Galetto, M., & Cecconi, P. (s.f.). A worldwide analysis of ISO 9000 standard diffusion.
- (14) Heras Saizarbitoria, I., & Casadesús Fa, M. (2006). Los estándares internacionales de gestión. BOLETÍN ECONÓMICO DE ICE N° 2876, 45 - 61.

LA CONSIDERACIÓN DEL CAMBIO CLIMÁTICO EN LA EVALUACIÓN AMBIENTAL DE INFRAESTRUCTURAS DE TRANSPORTE

GARCÍA SÁNCHEZ-COLOMER, MR; RUIZ ARRIAGA, S.
Área de Ingeniería Ambiental del CEDEX, manuel.colomer@cedex.es;
sarah.ruiz@cedex.es . Madrid.

Palabras clave: Cambio climático, evaluación ambiental, biodiversidad, fragmentación.

Resumen

Tanto la Ley 9/2006 como el Real Decreto Legislativo 1/2008 recogen expresamente a los factores climáticos entre aquellos que siempre deben evaluarse en los informes de sostenibilidad en el caso de la evaluación ambiental de planes y programas como en los estudios de impacto ambiental de proyectos. Actualmente hay un amplio consenso sobre la consideración del cambio climático como uno de los aspectos ambientales más importantes a incluir en la evaluación ambiental de planes y proyectos.

La evaluación de planes y programas constituye el marco adecuado para valorar los efectos de las infraestructuras de transporte sobre la biodiversidad en el contexto del cambio climático. Con este motivo se propone como objetivo estratégico el desarrollo de un modelo de infraestructuras sostenibles, acorde con los escenarios de cambio climático, y a partir de éste se desgranar una serie de objetivos operacionales. Los indicadores de impacto deberán ajustarse a las características concretas de las infraestructuras sometidas a evaluación ambiental y de los medios afectados.

Se proponen fuentes bibliográficas que permitan determinar las afecciones sobre la distribución territorial de las especies. Igualmente, se trata sobre la consideración de los corredores de fauna y los espacios naturales protegidos en los estudios de impacto ambiental, ya que la evaluación ambiental debe valorar en qué medida determinado trazado puede intersectar con espacios importantes en el futuro para la pervivencia de las poblaciones, u obstaculizar las vías más probables que podrían utilizar para desplazarse hacia nuevos espacios climáticos.

También se considera la propuesta de medidas correctoras y el seguimiento ambiental de las infraestructuras. Entre las medidas correctoras se consideran

aquellas que mejoran la permeabilidad de las infraestructuras y otras actuaciones menos comunes como la traslocación de ejemplares. En cuanto al seguimiento ambiental, se hace hincapié en la valoración de los plazos dentro de las exigencias que añade la consideración del cambio climático a la hora de la planificación del seguimiento.

Introducción

La aplicación de la Ley 9/2006 sobre evaluación de los efectos de determinados planes y programas en el medio ambiente a los planes y programas de infraestructuras de transporte –y, de manera más general, de los principios que inspiran a la Directiva 2001/42/EC– representa una oportunidad clave para la estrategia climática en España. Conviene tener presente que el transporte representa, junto con la generación de energía, cerca de la mitad de las emisiones de CO_{2eq} generadas en España.

Aunque las emisiones de gases de efecto invernadero (GEI) no se mencionan explícitamente, parece clara la necesidad de considerarlas en el Informe de Sostenibilidad Ambiental, al citar el texto de la Ley a “los factores climáticos” y a “la interrelación entre estos factores”.

También el Real Decreto Legislativo 1/2008 por el que se aprueba el texto refundido de la Ley de Evaluación de Impacto Ambiental de proyectos, determina el contenido mínimo del estudio de impacto ambiental de un proyecto. Entre otros contenidos, deben considerarse “los factores climáticos” y “la interacción entre todos estos factores”.

Resultados

La nueva legislación europea y española sobre evaluación ambiental profundiza en estos requisitos

A la escala de proyecto, la definición y elección de alternativas, la propuesta y diseño de medidas correctoras, etc., precisa de un grado de definición elevado. Simplemente en cuestión de pocas decenas de metros una carretera o una línea de ferrocarril puede afectar a un espacio de la Red Natura 2000 o dejar de hacerlo, cambiando la consideración ambiental de la misma infraestructura y de sus medidas correctoras. Sin embargo las escalas de los datos de partida de la información biológica a escala peninsular o de las proyecciones cartográficas del cambio climático son mucho mayores, por lo que difícilmente pueden utilizarse para la evaluación ambiental de un proyecto.

Por tanto, dada su naturaleza estratégica, la evaluación de planes y programas constituye el marco adecuado para valorar los efectos de las infraestructuras de transporte sobre la biodiversidad en el contexto del cambio climático.

La consideración de las especies en la evaluación ambiental

La evaluación ambiental de las infraestructuras de transporte debería tener en cuenta los posibles cambios de ubicación de las especies, principalmente en la medida que los nuevos trazados intersecten los corredores de fauna.

Se puede abordar este objetivo a partir del extenso trabajo titulado “Impactos, vulnerabilidad y adaptación al cambio climático de la biodiversidad española”, editado en 2011 por el Ministerio de Medio Ambiente y Medio Rural y Marino. En este estudio se realizan proyecciones, por efecto del cambio climático, de las áreas de distribución potencial de la flora amenazada y las especies forestales de la España peninsular (1), así como de la fauna de vertebrados (2).

En <http://158.49.96.156:6969/tracker/> se puede acceder a la descarga masiva de los mapas climáticos de España así como de flora y vegetación de España.

En http://www.magrama.gob.es/es/biodiversidad/temas/inventarios-nacionales/lib_imp_cc_flora_tcm7-176082.pdf se puede acceder al documento completo en pdf.

Para los datos y mapas de la fauna se accede en http://www.ibiochange.mncn.csic.es/atlascc/?page_id=39.

En http://www.ibiochange.mncn.csic.es/atlascc/wp-content/uploads/2011/10/Atlas_cc_espana_fauna_Araujo_et_al.pdf se puede acceder al documento completo en pdf.

La cartografía de una parte de las especies vegetales viene referenciada a la cuadrícula UTM de 1 km y otra parte por el Mapa Forestal de España a escala 1:200.000. Las especies de fauna vertebrada vienen referenciadas a la cuadrícula UTM de 10x10 km procedente de las bases de datos del Inventario Nacional de Biodiversidad del Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente.

La valoración de las alternativas

Las alternativas que actualmente se consideran en la evaluación de impacto ambiental de cualquier carretera o vía de ferrocarril habrá que valorarlas en diferentes combinaciones de escenarios climáticos y horizontes temporales. Por ejemplo:

Cada alternativa de trazado x 2 escenarios de emisiones (a determinar, por ejemplo A2 y B2) x 3 horizontes temporales (por ejemplo, 2011-2040, 2041-2070 y 2071-2100).

Deberá analizarse cómo repercuten los distintos trazados sobre las sucesivas áreas de distribución de las especies con motivo del cambio climático. Se tratará, por tanto, no solo de valorar la fotografía actual del trazado con respecto a los hábitats según su localización actual, sino que habrá que valorar sucesivas

imágenes de ambos aspectos: trazados y localización de los nuevos espacios climáticos, al menos en relación con las especies que sufran un posible detrimento de sus áreas de distribución e incluso, del conjunto de estas especies, las que se encuentran en peligro de extinción o pueden encontrarse de verificarse los escenarios climáticos estimados.

La propuesta de medidas correctoras para facilitar los cambios en la distribución de los organismos

Crterios en relación con la permeabilidad de las infraestructuras

Los nuevos proyectos de infraestructuras deberán tratar con especial atención la corrección de la fragmentación, que es junto con el cambio de usos del suelo que ocupan directamente las propias infraestructuras lineales de transporte, los impactos ambientales más característicos de las mismas.

Por tanto, en la intersección de las infraestructuras con los nuevos espacios climáticos que sucesivamente vayan ocupando los hábitats, las infraestructuras lineales deben contar primero con alternativas efectivas y en segundo lugar con unas medidas correctoras particularmente eficaces, más si las especies a las que se afecta se encuentran actualmente en peligro de extinción.

Debe valorarse, según diferentes características de las especies (grado de protección, rareza, vulnerabilidad, etc.) cuyos hábitats se pueden ver afectados por una nueva infraestructura, la relación entre el coste de las medidas correctoras estructurales (definición de la cota de las rasantes en las infraestructuras, sustitución de puentes por viaductos, construcción de falsos túneles o alargamiento de túneles existentes, aumento del número y de las dimensiones de los pasos de fauna, etc.) y el beneficio medioambiental que pueden producir.

De este modo, en hábitats que están ocupados por especies cuyo estatus de conservación no es preocupante la adecuación medioambiental de la infraestructura no tendría por qué plantearse tan costosa como en las áreas de distribución de las especies en peligro de extinción o de las zonas afectadas por sus planes especiales de protección.

No todas las actuaciones tienen que ser generadoras de grandes inversiones pudiendo proponerse algunas "blandas", mejor en fase de diseño, como son un diseño ajustado a las características de las especies que son el objetivo de la conectividad (las dimensiones de un paso específico para anfibios son muy diferentes de las que precisan los pasos específicos para grandes mamíferos), el diseño correcto de cerramientos perimetrales y de pantallas según los requerimientos de las especies, el adecuado diseño de la revegetación de los pasos prestando la atención debida a la elección de las especies teniendo en cuenta el cambio climático y su correcto mantenimiento los primeros años tras la siembra o plantación, etc.

Medidas de gestión directa sobre las poblaciones

La *traslocación* consiste en tomar ejemplares de determinada especie en su hábitat y disponerlas en lo que se prevé que será su nuevo espacio climático. Se trata de una medida controvertida y discutida por especialistas, ya que produce una fuerte manipulación de las poblaciones naturales, priorizándose las medidas menos intrusivas. Esta medida se toma cuando el hábitat actual y el nuevo espacio climático se encuentran incomunicados. Sin embargo su aplicación provoca algunas incertidumbres, como que se conviertan en invasoras en su nuevo hábitat y lleguen a perjudicar a las especies existentes o produzcan impactos económicos en su nueva área de distribución. Esta medida no debe emplearse aisladamente sino que debe integrarse con otras como son la mejora de la conectividad y la conservación genética (en bancos de material genético).

Hay casos en los que resultaría interesante esta medida, como por ejemplo cambios muy rápidos para ciertas especies, como la destrucción del hábitat, la competencia con especies invasoras, los desastres causados por incendios o inundaciones y la propia alteración aguda del régimen de perturbaciones. Normalmente debe aplicarse sobre poblaciones que cuentan con pocos ejemplares, con capacidad de colonización y de adaptación restringidos y en hábitats con muy baja conectividad.

Conviene valorar el riesgo de amparar la viabilidad ambiental de un proyecto sobre medidas como la colonización asistida cuyos resultados no se conocen realmente.

El seguimiento de los efectos sobre el medio ambiente

Normalmente el seguimiento ambiental alcanza los primeros años de la ejecución del plan o programa o la puesta en servicio del proyecto. Sin embargo, en correspondencia con las proyecciones sobre las que se apoya el análisis del cambio climático, los tiempos de aplicación del seguimiento ambiental deberían sincronizarse con estas predicciones. Por tanto sería apropiado incluir en el seguimiento ambiental, de cara a valorar la efectividad de las medidas propuestas en la evaluación ambiental, un programa que alcance diferentes periodos tras la ejecución del plan o proyecto de infraestructura. Una programación apropiada para cubrir este objetivo podría ser una revisión de la evolución temporal de los indicadores seleccionados, por ejemplo cada 10 años, lógicamente en función de la propia duración del plan o programa.

Respecto a los contenidos de estos seguimientos ambientales “a largo plazo”, sería muy relevante desde el punto de vista de la biodiversidad que se incluyeran entre los indicadores de valoración el estado de las poblaciones afectadas por las infraestructuras, al menos de las especies en peligro de extinción, tanto en el momento de realizarse la evaluación ambiental del plan o del proyecto de infraestructura como en el momento de alcanzarse cada plazo (en cada “vencimiento” de los plazos o escenarios temporales) del seguimiento ambiental.

Indicadores de impactos sobre la biodiversidad en un contexto de cambio climático como ayuda a la evaluación ambiental de planes y proyectos de infraestructuras.

En la evaluación ambiental de las infraestructuras, en relación con los impactos sobre la biodiversidad en un contexto de cambio climático, se podría establecer, como objetivo estratégico, el desarrollo de un modelo de infraestructuras sostenibles, acorde con los escenarios de cambio climático.

Los objetivos operacionales que se proponen, adoptados a partir de las Líneas de actuación del Plan Nacional de Adaptación en Biodiversidad, contenidas en el Plan Nacional de Adaptación al Cambio Climático (y que a su vez proceden de los compromisos adquiridos al amparo de la Convención Marco de Naciones Unidas sobre Cambio Climático)., podrían ser los siguientes:

1. Valoración del impacto de las infraestructuras sobre los bienes y servicios que proporcionan los ecosistemas en los escenarios de cambio climático.
2. Evaluación de la vulnerabilidad de los hábitats y taxones afectados por las infraestructuras en un contexto de cambio climático.
3. Evaluación de la conectividad entre las redes de espacios naturales protegidos (incluida la Red Natura 2000) y las "áreas de reserva" destinadas a reducir el impacto asociado al cambio climático, etc. en territorios afectados por infraestructuras.
4. Estimación de las respuestas de las especies y comunidades, basadas en modelos de conectividad del territorio, en las proyecciones de los modelos regionales del clima.

Estos objetivos operacionales pueden desgranarse en sus correspondientes indicadores de impacto. Los indicadores son muy específicos del tipo de hábitats, especies, infraestructuras, etc. que se evalúan. A continuación se ofrecen algunos objetivos e indicadores tomados de trabajos realizados con anterioridad. No necesariamente tienen que adoptarse los valores calculados ni todos los indicadores citados en estos trabajos, pero pueden orientar para la elaboración de los propios.

Es muy aconsejable tomar como punto de partida los indicadores recogidos en el Informe técnico de la Agencia Europea de Medio Ambiente No 11/2012 titulado "Streamlining European biodiversity indicators 2020: Building a future on lessons learnt from the SEBI 2010 process" (4). Los indicadores ofrecidos en este documento ya han sido filtrados por comités científicos en orden a responder a las exigencias de diferentes Directivas, como por ejemplo, la Directiva marco sobre la estrategia marina (Directiva 2008/56/CE), o también el Marco Común de Seguimiento de los Planes de Desarrollo Rural (Reglamento CE nº 1698/2005). Será un trabajo relevante de cara a la evaluación ambiental la puesta a punto para la aplicación de estos indicadores a los procedimientos de infraestructuras en un contexto del cambio climático.

Referencias / Bibliografía

- (1) Felicísimo, Á. M. (coord.). 2011. *Impactos, vulnerabilidad y adaptación al cambio climático de la biodiversidad española. 2. Flora y vegetación*. Oficina Española de Cambio Climático, Ministerio de Medio Ambiente y Medio Rural y Marino. Madrid, 552 pág.
- (2) Araújo, M.B., Guilhaumon F., Neto D. R., Pozo, I., y Calmaestra R. 2011. *Impactos, Vulnerabilidad y Adaptación al Cambio Climático de la Biodiversidad Española. 2 Fauna de Vertebrados*. Dirección General de Medio Natural y Política Forestal. Ministerio de Medio Ambiente, y Medio Rural y Marino. Madrid, 640 páginas.
- (3) Calderón Balanzategui, Enrique J. 2007. Evaluación Ambiental Estratégica de Planes y programas de transporte. Monografías del CEDEX (M-93). 170 pp.
- (4) EEA Technical report / No 11/2012. Streamlining European biodiversity indicators 2020: Building a future on lessons learnt from the SEBI 2010 process. 45 pp. (URL: <http://www.eea.europa.eu/publications/streamlining-european-biodiversity-indicators-2020>).

**BLOQUE V:
Evaluación, vigilancia
y control proyectos**



ANÁLISIS SOBRE LA RECUPERACIÓN DEL LOBO IBÉRICO EN LA COMUNIDAD DE MADRID

FERNÁNDEZ DOMÍNGUEZ, E¹; MATEO SÁNCHEZ, MC¹;
IGLESIAS MERCHÁN, C^{1 Y 2}

(1) Universidad Politécnica de Madrid, Madrid,
mc.mateo@upm.es

(2) ESC – Environmental Studies Consultants, Tres Cantos,
carlos.iglesias@escon.es

Palabras clave: Lobo ibérico, fragmentación de hábitats, conectividad ecológica, corredores ecológicos.

Resumen

El objetivo de esta comunicación es la evaluación de la disponibilidad de hábitat y su conectividad para la recuperación de las poblaciones lobo ibérico (*Canis lupus* L.) en la Comunidad de Madrid, en base a factores ecológicos, demográficos y socioeconómicos. Los resultados obtenidos permiten definir zonas prioritarias a la hora de llevar a cabo actuaciones de cara al mantenimiento y conservación de esta especie en el área de estudio.

Para ello se realiza una caracterización del hábitat potencial existente para la especie y se analizan la matriz del paisaje y los potenciales corredores del lobo en el área de estudio. El empleo de sistemas de información geográfica y otras herramientas que introducen métodos cuantitativos en ecología del paisaje permiten llevar a cabo análisis espaciales y de estructuras de grafos que ayudan a identificar las rutas óptimas para la expansión de esta especie por el territorio de la Comunidad de Madrid.

Además se incluye un resumen del actual estado de protección de los potenciales corredores identificados, y un resumen de las principales amenazas y oportunidades que implica la gestión de esta especie en un ámbito geográfico tan particular.

Introducción

La conectividad del paisaje se adopta como característica fundamental que defina la facilidad de movimiento y dispersión de las especies, su capacidad de intercambio genético así como otros flujos ecológicos a través de las zonas de hábitat existentes en el territorio (1).

Es un consenso científico que la conectividad del paisaje debe ser estudiarse desde un punto de vista funcional. Para ello es necesario partir de información geográfica y ecológica que permita la caracterización del hábitat potencial para las especies así como de la matriz del paisaje. Una vez definidas éstas, mediante diferentes herramientas basadas en desarrollos conceptuales que permiten obtener resultados eminentemente prácticos para la gestión como apoyo en la toma de decisiones en la planificación del paisaje (2 y 3). En este contexto, el análisis de la disponibilidad y conectividad del hábitat cobra especial importancia e interés en el caso de la recuperación del lobo ibérico en la Comunidad de Madrid. Durante los últimos años se han sucedido, cada vez con mayor frecuencia, las noticias sobre el previsible retorno del lobo ibérico (*Canis lupus* L.) a la Comunidad de Madrid así como su reproducción en estado salvaje aproximadamente después de medio siglo de su desaparición (4)

La metodología propuesta en este estudio permite identificar las teselas de hábitat más importantes para el mantenimiento y mejora de la conectividad de la especie, así como los potenciales corredores del lobo en la Comunidad de Madrid que discurren por la mitad septentrional de la región y conectan con sus provincias limítrofes. Los resultados espacialmente explícitos obtenidos así como la consideración de los aspectos ecológicos, económicos y sociales de las zonas definidas permiten una evaluación rigurosa sobre las posibilidades de recuperación de la especie en este ámbito geográfico.

Material y Métodos

Caracterización del hábitat de la especie

Se realizó un modelo cuantitativo que integraba los factores ambientales de índole topográfica, de usos del suelo y antrópica considerados de importancia para los requerimientos ecológicos de la especie. Este modelo define la disponibilidad actual de hábitat para el lobo existente en la Comunidad de Madrid.

Caracterización de corredores prioritarios para la especie

La georreferenciación de citas de la especie en el entorno de la Comunidad de Madrid, y la oportuna caracterización de la permeabilidad de la matriz del paisaje a los desplazamientos del lobo basada en la cobertura del suelo, permitieron realizar análisis de densidades de mínimo coste mediante el programa UNICOR (3), lo que permitió definir las rutas más probables de dispersión para la especie e identifican las rutas óptimas para su expansión por el territorio madrileño en un Sistema de Información Geográfica (Figura 1).

Identificación de elementos conectores

La caracterización del hábitat realizado y otros aspectos relacionados con la capacidad de dispersión de la especie permiten realizar un análisis

espacialmente explícito desu red ecológica basado en la teoría de grafos (2 y 5) mediante la herramienta informática Conefor (6) y así cuantificar la contribución de cada tesela para mantener o restaurar la conectividad funcional del lobo en la Comunidad de Madrid, y que por tanto posee un carácter prioritario de cara a su recuperación (Figura 2).

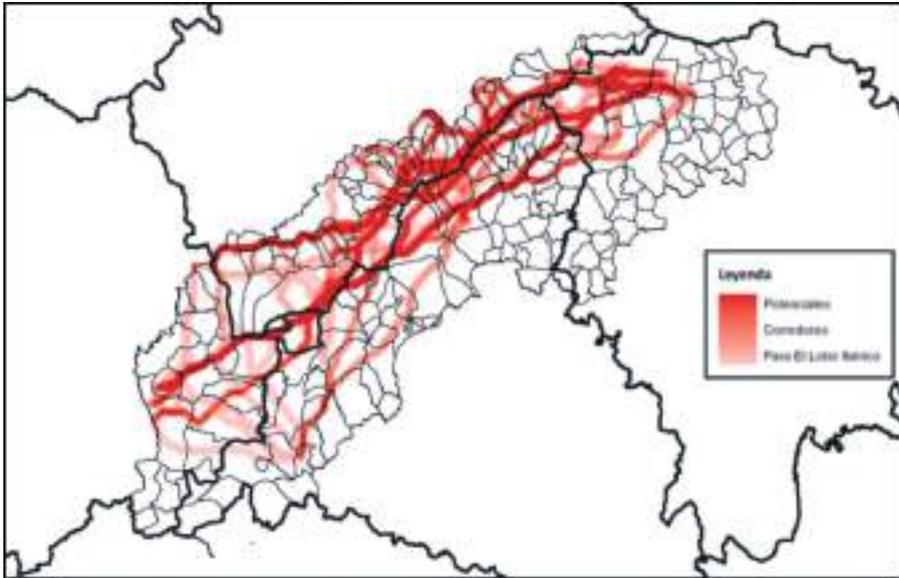


Figura 1. Identificación de rutas óptimas para la expansión de *Canis lupus* en la Comunidad de Madrid.

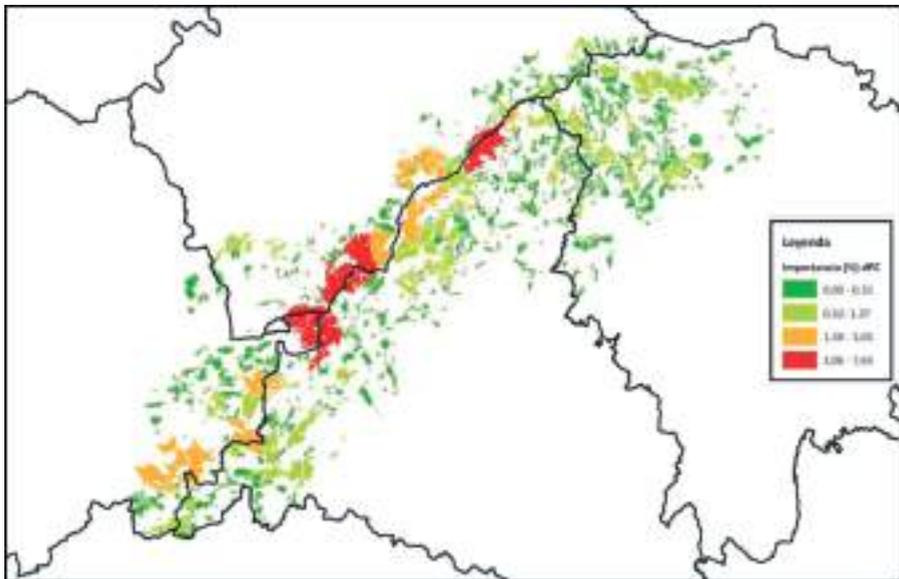


Figura 2. Evaluación de la importancia para la conectividad de las teselas de hábitat para *Canis lupus* en la Comunidad de Madrid

Resultados

El análisis de la matriz del paisaje y de los corredores más probables para el lobo ibérico en la Comunidad de Madrid revela la potencial existencia de tres rutas principales que, de manera sensiblemente paralela se distribuyen de norte a sur desde el límite administrativo de la región con la comunidad autónoma de Castilla y León.

La consideración adicional del estado de protección de los potenciales corredores identificados junto con la localización de infraestructuras lineales, también permiten localizar las principales barreras a los movimientos de la especie (Figura 3). La existencia de infraestructuras de transporte de alta capacidad y trazado transversal a los corredores identificado, así como la acumulación de otras infraestructuras de menores dimensiones, definen dos zonas principales de conflicto en el entorno de los corredores de comunicación definidos por las autovías A-1 (Autovía del Norte) y A-6 (Autovía del Noroeste) en sus tramos no subterráneos.

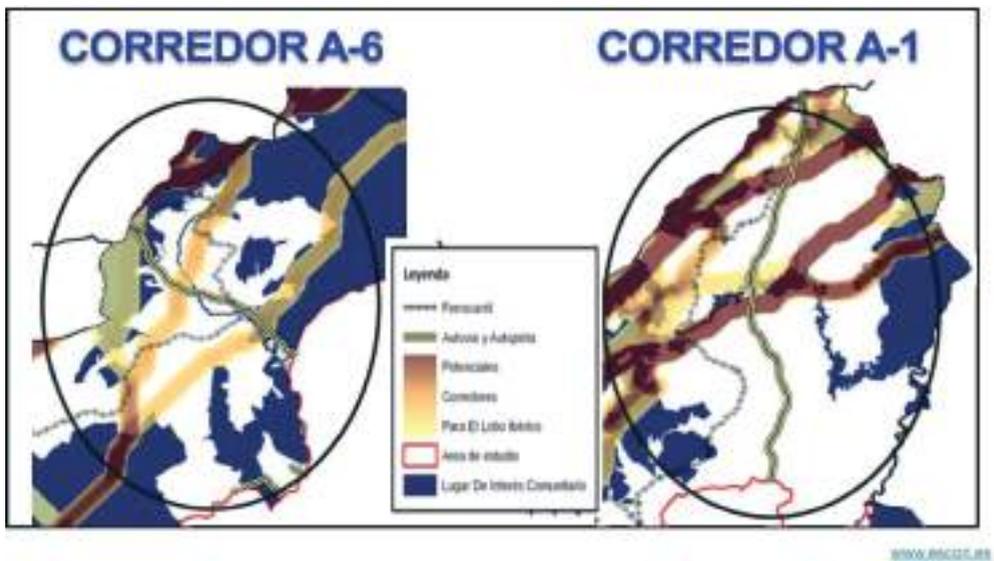


Figura 3. Identificación de zonas críticas para la conectividad

Discusión y Conclusiones

La gestión del superpredador en el medio natural va a requerir, por parte de todos los actores interesados, un gran esfuerzo de colaboración que permita definir una estrategia consensuada sobre la especie en un ámbito geográfico tan particular. Singular no sólo porque existan casi 7 millones de habitantes en la región, aunque con escasa densidad poblacional en las zonas de potencial distribución de la especie, sino también por el reducido número de explotaciones ganaderas, a la par que crece la densidad de ungulados silvestres, etc. Lo

cual incide directamente en la orientación que pueda darse a la gestión de tradicionales conflictos ligados a la presencia de esta especie y distintos actores socioeconómicos locales (7).

Aunque constituya una noticia positiva desde el punto de vista de la conservación de la naturaleza, o como oportunidad para el turismo ligado a la misma, no hay que obviar los riesgos de introgresión por hibridación con perros asilvestrados de estos individuos en expansión o poblaciones periféricas (8) en un ámbito geográfico tan particular como el de la Comunidad de Madrid.

Referencias / Bibliografía

- (1) Taylor, P; Fahrig, L; Henein, K; Merriam, G. 1993. Connectivity is a vital element of landscape structure. *Oikos* 68, 571-573.
- (2) Saura, S; Pascual-Hortal, L. 2007. A new habitat availability index to integrate connectivity in landscape conservation planning: comparison with existing indices and application to a case study. *Landscape and Urban Planning* 83, 91-103.
- (3) Landguth E, Hand B, Glassy J et al (2012) UNICOR: a species connectivity and corridor network simulator. *Ecography*
- (4) Alonso, O; Laso, R; Martín, D. 2012. El lobo cría en la Comunidad de Madrid. *Quercus* 321, 16-25.
- (5) Saura, S. y Rubio, L. 2010. A common currency for the different ways in which patches and links can contribute to habitat availability and connectivity in the landscape. *Ecography* 33, 523-537.
- (6) Saura, S; Torné, J. 2009. Conefor Sensinode 2.2: a software package for quantifying the importance of habitat patches for landscape connectivity. *Environmental Modelling and Software* 24, 135-139.
- (7) BOCM. 2011. Orden 3041/2011, de 13 de septiembre, por la que se establecen las bases reguladoras de las ayudas para compatibilizar la actividad ganadera con la existencia de poblaciones de lobos y perros asilvestrados en la Comunidad de Madrid y se aprueba la convocatoria para 2011. *Boletín Oficial de la Comunidad de Madrid*. 238, 36-46.
- (8) Godinho, R; Llana, L; Blanco, JC; Lopes, S; Álvares, FA; García, EJ; Palacios, V; Cortés, Y; Talegón, J; Ferrand, N. 2011. Genetic evidence for multiple events of hybridization between wolves and domestic dogs in the Iberian Peninsula. *Molecular Ecology* 20, 5154–5166.

CONCLUSIONES DEL PLAN DE VIGILANCIA AMBIENTAL DESARROLLADO ENTRE 2004 Y 2012 EN EL PARQUE EÓLICO PENOUTA (BOAL, ASTURIAS)

SÁNCHEZ ARANGO, M.¹; GRANERO CASTRO, J.¹;
FERRANDO SÁNCHEZ M.²; MONTES CABRERO, E.¹;
RODRÍGUEZ GARCÍA, J.¹ VIÑUELA ÁLVAREZ, A.³

¹ Área de Medio Ambiente y Sostenibilidad; ² Área de Consultoría
TAXUS MEDIO AMBIENTE - Oviedo, ASTURIAS
E-mail: msanchez@taxusmedioambiente.com

³ Electra Norte Penouta S.L.U. E-mail: avinuela@electra.es

Palabras clave: Parque Eólico, Vigilancia Ambiental, Impacto, Colisiones, Ruido, Restauración vegetal.

Resumen

El Parque Eólico Penouta, ubicado en el occidente asturiano, está llevando a cabo las actuaciones relativas al Plan de Vigilancia Ambiental fijadas en su día por la Declaración de Impacto Ambiental.

El presente trabajo analiza las conclusiones extraídas durante los 8 años en que se ha venido desarrollando el Seguimiento Ambiental de este parque eólico. En él se presentan las afecciones detectadas sobre los siguientes elementos:

- Seguimiento de colisiones contra las infraestructuras (aerogeneradores y línea eléctrica).
- Niveles de presión sonora.
- Seguimiento de la restauración vegetal.
- Seguimiento de fauna en general, y de avifauna y herpetofauna en particular.

Los datos obtenidos hasta el momento han permitido analizar la evolución del medio durante la explotación de las instalaciones, detectar la aparición de nuevos impactos y tendencias poblacionales y adoptar las medidas de conservación necesarias.

Introducción

El Parque Eólico Penouta, ubicado en el occidente asturiano, ha llevado a cabo, durante el periodo Noviembre 2004 – Noviembre 2006, las actuaciones relativas al Plan de Vigilancia Ambiental fijadas en su día por la Declaración de Impacto Ambiental (DIA)(1). Una vez concluido dicho Plan de Vigilancia, Parque Eólico Penouta S.L.U. adoptaba con carácter voluntario la decisión de continuar indefinidamente con las actuaciones desarrolladas, con el fin de conocer las repercusiones ambientales reales de su instalación.

El presente trabajo analiza las conclusiones extraídas durante los primeros 8 años del citado Seguimiento Ambiental: 2004-2012.

Material y Métodos

El parque eólico consta de 7 aerogeneradores de 67 m de altura y 52 m de diámetro de rotor, un edificio de control y una línea eléctrica aérea de evacuación.



Figura 1. Panorámica de las instalaciones del Parque Eólico Penouta

El Plan de Vigilancia Ambiental se compone, hasta el momento, de 61 campañas de muestreo: 49 visitas quincenales en el periodo 2004-2006 y 12 visitas semestrales entre 2007 y 2012.

A continuación se analiza de forma independiente la metodología desarrollada para el seguimiento de los elementos del medio más susceptibles:

Seguimiento de la Fauna

Los efectos negativos que los Parques Eólicos generan sobre la fauna, principalmente mamíferos, reptiles y anfibios, son consecuencia de los siguientes impactos:

- Pérdida directa de hábitat.
- Molestias ocasionadas por la explotación y presencia de este tipo de instalaciones (trasiego de gente o maquinaria, desbroces, etc.).

No obstante las afecciones potenciales de mayor relevancia son aquellas que se producen sobre la avifauna, siendo tres los principales impactos que actúan sobre ella:

- Mortalidad por colisión con las palas de los aerogeneradores y la línea eléctrica.
- Electrocutión por contacto con la línea eléctrica: la cual puede producirse por contacto simultáneo del ave con un conductor y con el poste no aislante o por contacto del ave con dos conductores.
- Pérdida directa de hábitat (ocupación del terreno por la base de los aerogeneradores y sus infraestructuras asociadas; localización de estas instalaciones en las proximidades de zonas de cría, zonas de alimentación o rutas habituales de vuelo o migración, etc.).

Para el seguimiento de las afecciones ocasionadas sobre la fauna a consecuencia de la explotación de las instalaciones se realizó un seguimiento del Parque Eólico y sus infraestructuras:

- Observación directa: Se trata de un método de estimación de la población basado en la observación directa de los animales, utilizado para obtener el número de especies presentes en la zona de estudio.
 - Itinerarios: Se han diseñado itinerarios alrededor de los aerogeneradores y entre los mismos.
 - Estaciones de observación: Adaptación del método de transectos lineales consistente en la selección de varios puntos de muestreo y la prospección, con la ayuda de prismáticos, de un círculo de territorio alrededor de cada uno.
 - Visitas a charcas, para el control de anfibios.
- Búsqueda de indicios: Se trata de un método indirecto de estima de la población, basado en la localización de indicios de presencia: Huellas, Excrementos, Plumas, Madrigueras, Cantos (en el caso de las aves), Puestas (en el caso de los anfibios), Mudas (en el caso de los reptiles), etc.

Paralelamente para el estudio del grupo de mayor interés, las aves, la metodología comentada se completó con un estudio de mortalidad. La búsqueda de ejemplares colisionados se realizó mediante el desarrollo de transectos espirales de 50 m de radio alrededor de cada aerogenerador y recorrido en zig-zag entre ellos. (Superficie total muestreada = 3,14 ha).



Figura 2. Metodología de muestreo para el seguimiento de colisiones

Seguimiento del ruido ambiental

El ruido producido por los aerogeneradores de un Parque Eólico tiene su origen en dos fuentes distintas:

- El ruido aerodinámico de las palas en su interacción con el viento: Las palas del rotor (que deben frenar el viento para transferir la energía al rotor) producen un ligero sonido silbante, “ruido blanco”, que puede oírse en las proximidades de un aerogenerador a velocidades de viento relativamente bajas. La mayor parte del ruido se origina en el borde de salida posterior de las palas, ya que el que produce la superficie de la pala es casi imperceptible gracias a su diseño aerodinámico. Este ruido será mayor cuanto mayor sea la intensidad del viento.
- El ruido mecánico proveniente de los componentes giratorios: El multiplicador, la transmisión, el generador, etc. Este ruido será menor cuanto mejor sea el mantenimiento del aerogenerador, y prácticamente imperceptible desde el suelo en las máquinas fabricadas actualmente.

Para llevar a cabo una evaluación adecuada del nivel de ruido ambiental se establecieron 20 estaciones de muestreo, cuyo objeto era el estudio de la incidencia del ruido en las localidades de Penouta y Casas de Riba, estableciendo dos series de medidas desde los aerogeneradores más cercanos (Nº 7 y Nº 2 respectivamente): cada 50 m durante las primeras cinco medidas y a partir de los 200 m de distancia cada 200 m. El equipo utilizado ha sido un sonómetro Clase I.

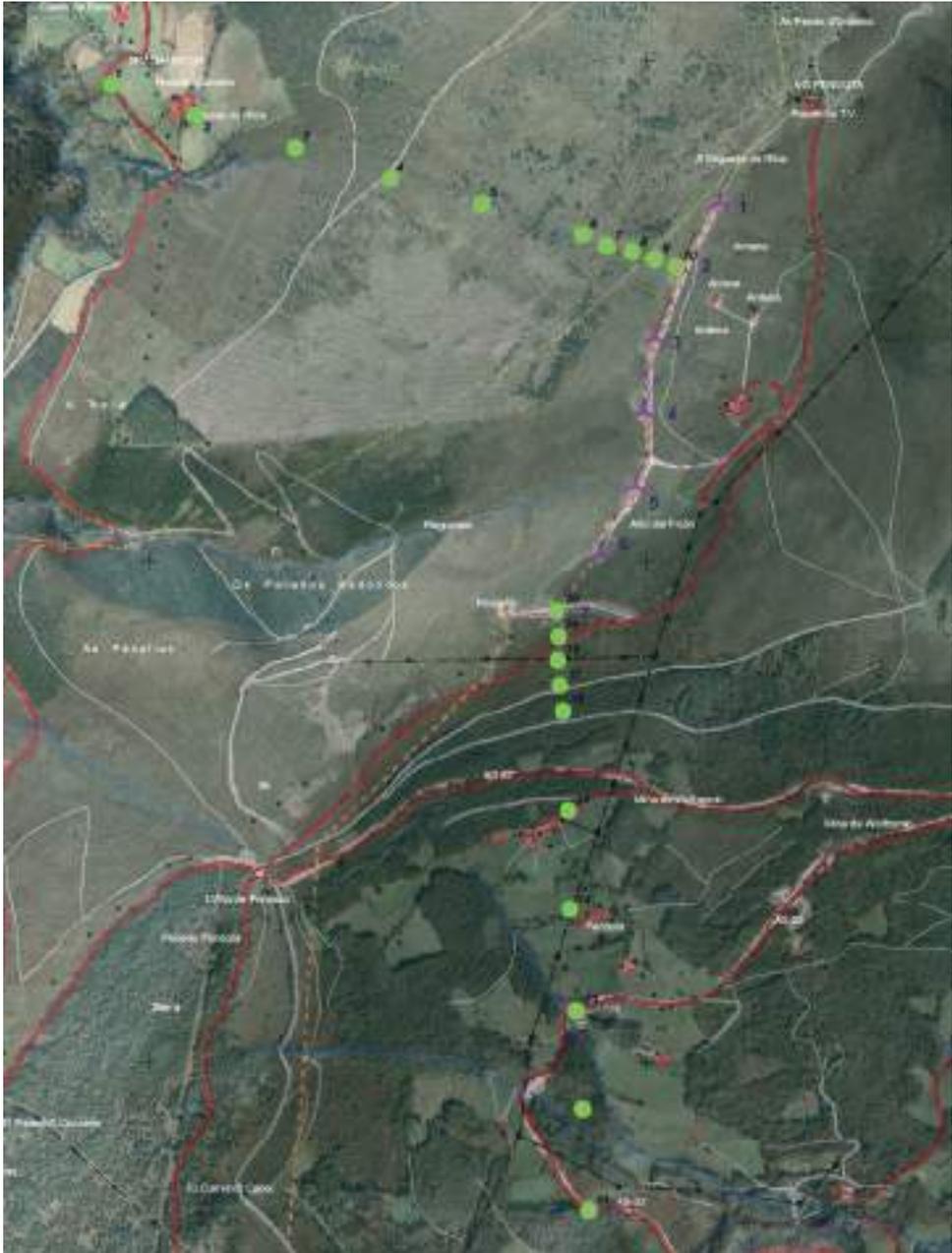


Figura 3. Localización de las estaciones de muestreo del ruido ambiental

Seguimiento de la Regeneración de la cubierta vegetal

Para llevar a cabo una evaluación adecuada del grado de recuperación de la cubierta vegetal, y tal como queda reflejado en la Declaración de Impacto Ambiental del parque, se realizó un reportaje fotográfico del proceso de avance de la cubierta vegetal, así como de los distintos aspectos paisajísticos.

Los resultados del proceso se obtuvieron comparando las fotografías realizadas durante el mes octubre de 2006 (fecha en la que finalizó restauración) y las realizadas en el plan de seguimiento de los años posteriores: 2007, 2008, 2009, 2010, 2011 y 2012.

Resultados

Se presentan a continuación los resultados obtenidos para cada uno de los elementos del medio potencialmente afectados:

Seguimiento de la Fauna

Durante todo el periodo de estudio (2004-2012) se han observado 70 especies diferentes, pertenecientes a 39 familias, de las cuales 23 corresponden a aves (44 especies observadas), 3 a anfibios (7 especies), 2 a reptiles (6 especies) y 11 a mamíferos (13 especies). El total de individuos observados es de 2.784 ejemplares, de los cuales 1.974 corresponden a aves, 98 a anfibios y reptiles y 712 a mamíferos.

Las especies más abundantes a lo largo de todo el periodo de estudio fueron, dentro de la avifauna el bisbita arbóreo (*Anthus trivialis*), dentro de los anfibios el tritón ibérico (*Lisstriton boscai*); la lagartija común (*Podarcis hispanica*) dentro de las reptiles y entre los mamíferos el caballo (*Equus caballus*).

En cuanto a su estatus de protección, únicamente el bisbita arbóreo y el tritón ibérico, están incluidos en el Catálogo Español de Especies Amenazadas, en el "Listado de Especies Silvestres en Régimen de Protección Especial"(2). Ninguna de estas especies más abundantes se encuentra protegida en Asturias (3)(4).

Las imágenes siguientes representan gráficamente los resultados obtenidos por campaña de muestreo:

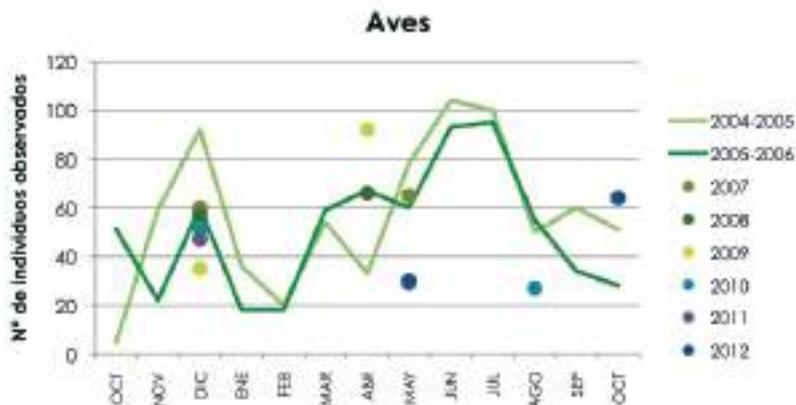


Figura 4. Resultados del seguimiento de avifauna (periodo 2004-2012)



Figura 5. Resultados del seguimiento de mamíferos (periodo 2004-2012)

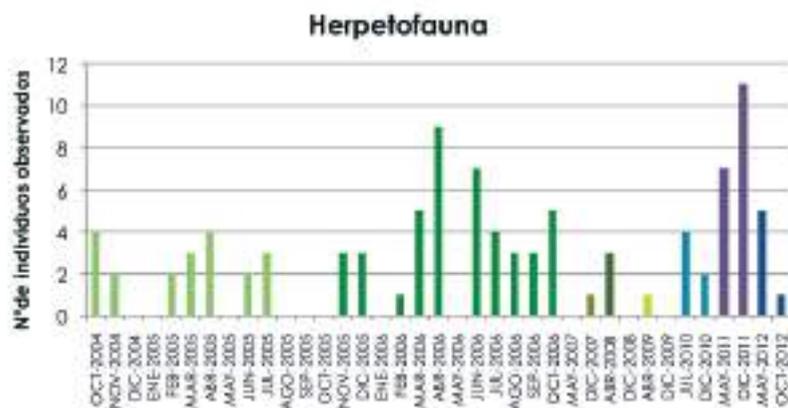


Figura 6. Resultados del seguimiento de herpetofauna (periodo 2004-2012)

Seguimiento de Colisiones

Durante todo el periodo analizado se detectaron 9 aves colisionadas, de 5 especies diferentes:

Tabla 1. Especies colisionadas contra las infraestructuras (periodo 2004-2012)

Especie	Fecha	Ubicación
<i>Turdus philomelos</i>	16/11/2004	Tendido eléctrico
<i>Turdus philomelos</i>	11/01/2005	
<i>Garrulus glandarius</i>	23/06/2005	
<i>Coturnix coturnix</i>	23/06/2005	
No identificado	22/09/2005	
<i>Turdus philomelos</i>	26/12/2008	
<i>Buteo buteo</i>	23/05/2005	Aerogenerador N° 6
<i>Turdus philomelos</i>	07/07/2005	
<i>Alauda arvensis</i>	04/05/2007	

La tasa de colisión para el periodo 2004-2006 (muestreos quincenales) fue de 0,143 aves por aerogenerador y año, siendo de 2,500 aves al año para el tendido eléctrico. No obstante, considerando que todas las colisiones contra los aerogeneradores han sido detectadas en las proximidades del N° 6, se estima para éste una tasa de colisión total de 0,375 aves por año. Ello podría ser debido a que se ubica en un plano ligeramente superior al resto.

Considerando todo el periodo analizado: 2004-2012 (muestreos quincenales y semestrales) estos valores disminuyen considerablemente: 0,054 aves al año por aerogenerador y 0,750 aves/año para el tendido eléctrico.

Tabla 2. Tasas de colisión obtenidas para el parque eólico (periodo 2004-2012)

Periodo anual	AEROGENERADORES (colisiones/aero/año)	TENDIDO ELÉCTRICO (colisiones/año)
2004-2005	0,286	5
2005-2006	0	0
MEDIA 2004-2006	0,143	2,500
2007	0,143	0
2008	0	1

Tabla 2. (Continuación) Tasas de colisión obtenidas para el parque eólico (periodo 2004-2012)

Periodo anual	AEROGENERADORES (colisiones/aero/año)	TENDIDO ELÉCTRICO (colisiones/año)
2009	0	0
2010	0	0
2011	0	0
2012	0	0
MEDIA 2007-2012	0,024	0,167
MEDIA 2004-2012	0,054	0,750

Seguimiento del ruido ambiental

Únicamente en 8 ocasiones entre 2004 y 2012 se ha superado el límite de 65 dB(A) establecido como límite por la Declaración de Impacto Ambiental, concentrándose las mediciones en las proximidades de la base de los aerogeneradores y en tres únicas fechas: diciembre de 2004, abril de 2005 y marzo de 2006.

La imagen siguiente representa gráficamente los valores obtenidos en cada campaña de medición frente al límite impuesto por la DIA.

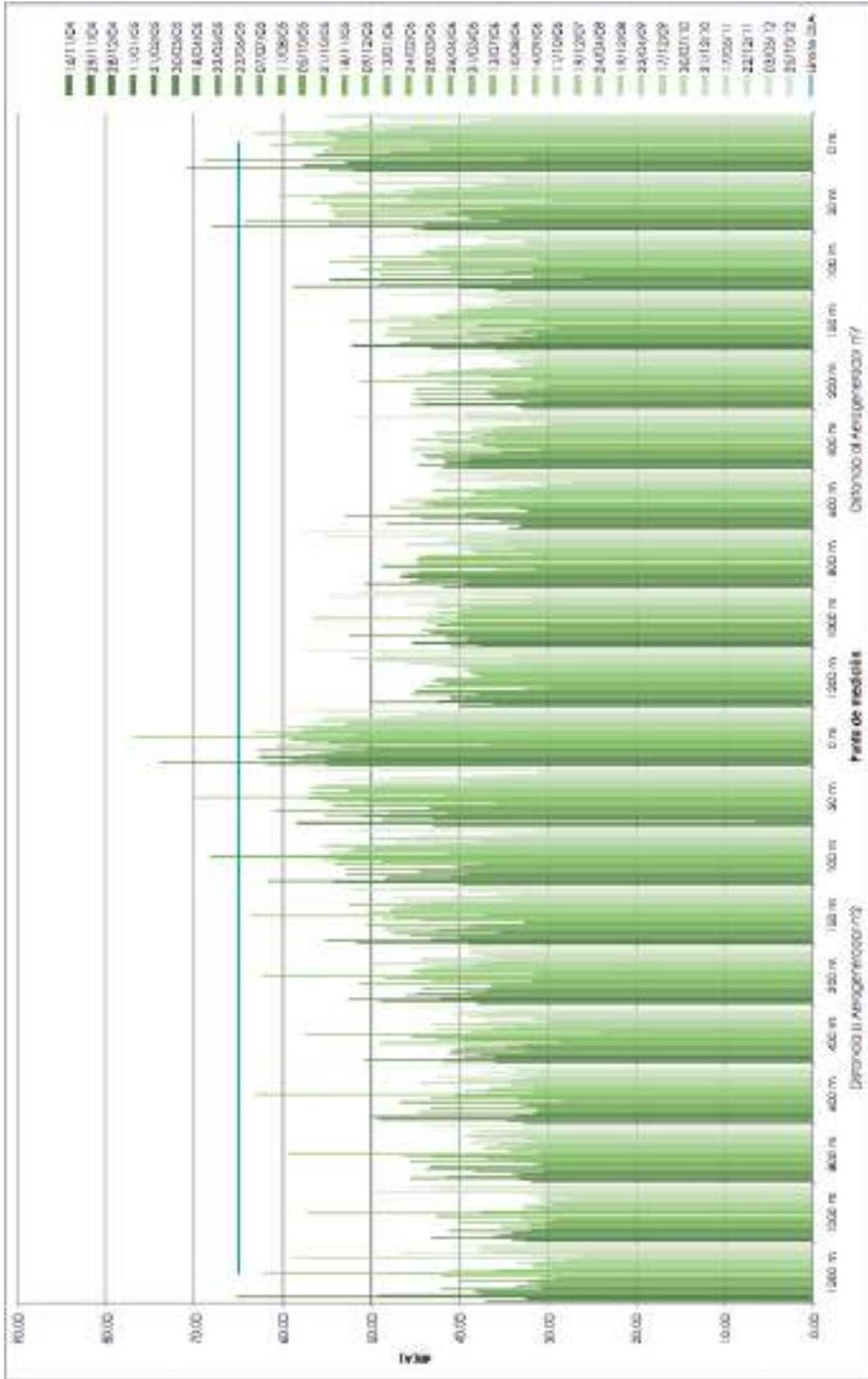


Figura 7. Resultados gráficos del seguimiento de ruido ambiental (periodo 2004-2012)

Seguimiento de la Regeneración de la cubierta vegetal

La comunidad vegetal ha evolucionado favorablemente y continúa esta tendencia. No obstante, existen zonas en las que este proceso está más avanzado que en otras. La explicación para esta divergencia en el grado de desarrollo vegetal reside en la diferente exposición al viento de los puntos analizados, así como a la inclinación del terreno y la presión ganadera. Parque Eólico Penouta S.L.U. desarrolla revegetaciones e hidrosiembras periódicas para compensar este hecho.



Figura 8. Evolución de la restauración vegetal (periodo 2006-2012)

Conclusiones

Las 61 campañas de muestreo desarrolladas hasta el momento (2004-2012) dentro del Seguimiento Ambiental del Parque Eólico Penouta permiten concluir lo siguiente:

- No existen afecciones sobre la fauna en relación a su etología y número poblacional, como consecuencia de la explotación de las instalaciones.
- El tendido eléctrico presenta una tasa de colisión (periodo 2004-2006) muy superior al de los aerogeneradores: 2,5 aves/año frente a 0,143 aves por aerogenerador/año.
- Entre los aerogeneradores, el N° 6 es el que supone una mayor afección sobre la avifauna, ya que, debido a su posición (ligeramente elevada sobre el resto), presenta una tasa de colisión de 0,375 aves por año.

- Las instalaciones no suponen una disminución significativa de la calidad acústica de su entorno, observándose los valores más elevados en la base de los aerogeneradores.
- La restauración vegetal de los terrenos afectados por las instalaciones ha sido eficiente: la comunidad vegetal ha evolucionado favorablemente y continúa esta tendencia.

Referencias / Bibliografía

- (1) Declaración de impacto ambiental del Proyecto de instalación del Parque Eólico "Penouta", en el concejo de Boal, promovido por la empresa Electra del Norte, S.A. Expediente: IA-IA-048/0.
- (2) Real Decreto 139/2011, de 4 de febrero, para el desarrollo del Listado de Especies Silvestres en Régimen de Protección Especial y del Catálogo Español de Especies Amenazadas.
- (3) Decreto 32/1990, de 8 de marzo, por el que se crea el Catálogo Regional de Especies Amenazadas de la Fauna Vertebrada del Principado de Asturias y se dictan Normas para su Protección (Modificado por Acuerdo de 28 de julio de 2005, del Consejo de Gobierno por el que se aprueba definitivamente el cambio de categoría de la especie *Tetrao urogallus* (urogallo)).
- (4) Decreto 38/1994, de 19 de mayo que desarrolla el "Plan de Ordenación de los Recursos Naturales de Asturias" (PORN).

¿CONOCEMOS LOS COSTES DE LA EVALUACIÓN DE IMPACTO AMBIENTAL?: UN ANÁLISIS DE LA NATURALEZA Y ALCANCE ECONÓMICO DE LA INTEGRACIÓN AMBIENTAL EN PROYECTOS DE OBRA PÚBLICA

CASADO MORILLO, R.; FERNÁNDEZ SÁNCHEZ, G.;
MARTÍNEZ OROZCO, J.M.

Dpto. Ingeniería Civil, Universidad Europea de Madrid,
jmiguel.martinez@uem.es. Madrid

Palabras clave:

Carreteras, costes, Evaluación de Impacto Ambiental, ferrocarriles, medidas correctoras, medidas preventivas.

Resumen

El análisis de los costes ligados a la Evaluación de Impacto Ambiental (EIA) constituye una medida frecuente de la eficacia del proceso. Habitualmente, esta valoración se ha abordado mediante análisis coste/beneficio que suelen incorporar aspectos temporales y económicos. La información relativa a la cuestión resulta sin embargo fragmentaria e inconsistente.

El presente trabajo aporta evidencia adicional sobre el alcance y efecto económico que puede tener la evaluación ambiental de proyectos de infraestructura lineal de transporte, considerando para su análisis una muestra de proyectos de carreteras y ferrocarriles sometidos a EIA en España en los últimos años.

Se analizan en los mismos las partidas presupuestarias destinadas tanto a medidas clásicas de prevención y corrección, como a otros elementos de naturaleza diversa que con frecuencia afectan a la esencia del diseño de la vía, pero que se exigen para minimizar los efectos a niveles admisibles. Los resultados obtenidos revelan una influencia desigual de la EIA en los proyectos, pudiendo alcanzar gran peso en el presupuesto en algunos casos, así como una notable diferencia en la consideración del medio ambiente entre distintas fases del proyecto.

Introducción

Existen en el ámbito de la EIA diferentes planteamientos dirigidos a la valoración de la eficacia del proceso. Entre ellos, cabe señalar las evaluaciones mediante

análisis coste-beneficio, en la asunción, con frecuencia implícita, de que los beneficios del proceso superan con creces los costes.

En el caso específico de los costes, la evidencia sobre su naturaleza y alcance resulta, en España y en otros países, parcial y fragmentaria. Existe no obstante cierto consenso internacional (1, 2, 3) en la distinción de dos grandes capítulos:

- Costes "directos," derivados de la preparación del Estudio de Impacto Ambiental (EsIA) u otros estudios específicos, pago de fianzas, gestión de la participación pública u otros trámites del proceso.
- Costes "indirectos," relativos a posibles retrasos en el procedimiento de autorización, incertidumbres regulatorias, e inversiones en medidas de integración ambiental.

Buena parte de la evidencia disponible se dirige a la valoración de los costes "directos," basada en estimaciones genéricas o cálculos más o menos precisos realizados en ciertos países y regiones. Este coste, expresado habitualmente como proporción respecto del coste total del proyecto, tiende a situarse, en general, en valores medios modestos de entre 0,1 y 1%, siendo infrecuentes costes superiores (Tabla 1). Entre el 50 y 90% de dicho coste se atribuye, según diversos autores (3, 4, 5, 6, 7), al EsIA, observándose asimismo tendencias al incremento de costes en proyectos controvertidos situados en lugares sensibles (6), o en los que no se ha realizado correctamente la EIA (4), así como en proyectos de menor tamaño (3, 6).

La disponibilidad de datos relativos a los costes "indirectos" ligados a medidas de integración ambiental resulta llamativamente escasa, siendo España uno de los pocos países en los que se ha abordado su análisis con cierta precisión (Tabla 1). Las interpretaciones sobre la forma de cuantificar estos costes resultan, sin embargo, divergentes. Conforme a la interpretación "clásica" del término (8, 9, 10), el cálculo considera medidas preventivas y correctoras habituales en los proyectos, situando el coste de tales medidas en el 1-5% del presupuesto del proyecto.

Para el caso de las líneas de alta velocidad, el Administrador de Infraestructuras Ferroviarias (ADIF) ha acuñado el concepto de "coste ambiental," entendido como "conjunto de medidas correctoras y obras de justificación puramente ambiental" (11). Incluye por tanto modificaciones estructurales (ajustes de trazado, viaductos, túneles, etc.) en proyectos, normalmente exigidas en la Declaración de Impacto Ambiental (DIA) correspondiente. Conforme a esta interpretación, el alcance económico de la adecuación ambiental se sitúa entre el 10 y 20%, superando incluso el 30% en algunos casos (11, 12). En términos absolutos, el coste ambiental representa una inversión sostenida creciente, que alcanza la sorprendente cifra de entre 200 y 300 millones de euros/año en el periodo 2007-11 para el conjunto de líneas en ejecución (13).

En relación, por tanto, al alcance económico de las medidas de integración ambiental existe evidencia contradictoria en su definición (escasa uniformidad

en los tipos a considerar) y cuantificación (estimaciones genéricas o contabilidad de partidas presupuestarias, con resultados bien distintos). El presente trabajo pretende por ello aportar evidencia adicional en relación con estos aspectos mediante el estudio de los costes en medidas ambientales en proyectos de obra civil.

Tabla 1. Antecedentes relativos a la estimación de costes

<i>Costes "directos": estudios, tasas, gestión del procedimiento</i>				
<i>País/Región</i>	<i>Fecha</i>	<i>Descripción</i>	<i>Coste (% coste proyecto)</i>	<i>Fuente</i>
UE	1996	Estimación. Valor medio para la región	0,01 – 2,56	(4)
	2008	Estimación. Valor medio basado en encuestas a 6 Estados Miembros	0,1 – 1	(5)
	2010	Estimación. Valor medio basado en encuestas a 17 Estados Miembros	0,01 – 2,37	(6)
Reino Unido	1997	Origen de datos desconocido	0,1 – 0,5	(14)
Holanda	2003	Estimación genérica	< 1	(15)
Islandia	2003	Estimación en proyectos de carreteras	0,5 – 3	(7)
Noruega	2005	Cálculo sobre 11 proyectos	0,1 – 2,2	(16)
España	2006	Origen de datos desconocido	2,5	(17)
Sudáfrica	2009	Datos contables detallados de 148 EIAs	0,01 – 8	(3)
<i>Costes "indirectos": medidas preventivas/correctoras/compensatorias</i>				
<i>País/Región</i>	<i>Fecha</i>	<i>Descripción</i>	<i>Coste (% coste proyecto)</i>	<i>Fuente</i>
España	2002	Cálculo basados en el análisis de 36 EsIA	1 – 6	(8)
	2006	Estimación. Valor medio basado en encuestas a 24 órganos sustantivos	1 – 5 (según 45% consultado)	(9)
	2006	Estimación. Valor medio basado en encuestas a 70 empresas de ingeniería	2 – 3	(10)
	2006-11	"Coste ambiental" en líneas de alta velocidad	10 – 20	(11- 13)

Material y Métodos

Para la realización del estudio se ha seleccionado una muestra de proyectos de carreteras y ferrocarriles sometidos a EIA en España en los últimos años. La selección afecta a las fases de proyecto en que se incluye el análisis ambiental:

- Fase de Estudio Informativo: momento del análisis y selección de alternativas, y también de sometimiento a EIA.
- Fase de Proyecto de Construcción: momento posterior a la emisión de la DIA, que implica el desarrollo del condicionado de la misma.

En total se han seleccionado 7 Estudios Informativos y 10 Proyectos de Construcción (Tabla 2). El análisis de los mismos se ha basado, primeramente, en la identificación de las medidas propuestas en el EsIA o exigidas en la DIA recogidas en el proyecto (memoria, anejos, y planos), así como en el estudio de los precios unitarios y presupuestos parciales asociados a cada medida. Éstas pueden ser:

- Medidas clásicas de prevención, corrección, compensación y vigilancia.

- Medidas de distinta naturaleza que afectan a la esencia del proyecto pero que se exigen en la DIA para minimizar los efectos a niveles admisibles. Para su determinación, se ha calculado el coste diferencial entre lo previsto inicialmente en el proyecto, y lo proyectado finalmente para cumplir con el condicionado.

En la consideración de este segundo grupo de medidas se han descartado todas aquellas que carecen de justificación ambiental alguna. Esto afecta, por ejemplo, a ciertos capítulos del "coste ambiental" recogido por ADIF en sus proyectos, y cuya consideración ambiental resulta, cuando menos, cuestionable.

El conocimiento de estos costes se emplea para realizar diversas valoraciones. Por una parte, se analiza el papel de los costes ambientales en la selección de alternativas en los Estudios Informativos. Por otra, se identifica la tipología de las medidas de integración planteadas en Proyectos Constructivos, y el impacto presupuestario de las mismas. Finalmente, se determinan los presupuestos totales en medidas de integración ambiental en Estudios y Proyectos, realizando una valoración comparada entre ambas fases.

Tabla 2. Relación de proyectos seleccionados

<i>Estudios Informativos</i>	<i>Long (km)</i>
LAV Eje Atlántico de Alta Velocidad. Tramo A Coruña - Betanzos	21,259
LAV Madrid - Asturias. Tramo León - Variante de Pajares	20,582
LAV Palencia - Santander. Tramo Villaprovedo - Reinosa	17,413
Autovía de conexión San Cibrao y Barreiros (Lugo)	33,500
Eje A-67. Cortiguera - Tagle. Tramo Suances - Requejada (Cantabria)	2,770
Variante de Ordés de la N-550 (La Coruña)	13,525
Variante de Cabezueta del Valle (Cáceres)	1,974
<i>Proyectos Constructivos</i>	
LAV Madrid - Extremadura. Tramo Cañaverl - Embalse de Alcántara	6,492
LAV Madrid - Extremadura. Grimaldo - Casas de Millán	6,600
LAV Madrid - Galicia. Tramo Zamora-Lubián. Subtramo Pedralba de la Pradería - Túnel de Padornelo	11,005
Autovía SE-40. Tramo Enlace SE-648 (Almensilla) - Enlace A-49 (Huelva)	7,700
Autovía IV Centenario. Tramo I Ciudad Real - Granátula de Calatrava	30,360
A-7 Autovía del Mediterráneo y Nuevo Acceso a Puerto de Motril. Gorgoracha - Enlace N-340 actual	8,752
Autopista GC-1. Tramo Puerto Rico - Mogan	6,200
Interconexión de Carretera CM-3201 con la Autovía A-31. Tramo I Pozoamargo - Quintanar del Rey	29,238
Variante de población de la AC-550 a su paso por Noia (La Coruña)	5,000
Acondicionamiento del Puerto de El Querol N-232 (Castellón)	8,600

Resultados

1) Variaciones en la consideración de costes entre Estudios Informativos y Proyectos Constructivos

En primer lugar se ha analizado el diferente tratamiento presupuestario de las medidas ambientales según la fase de proyecto considerada, mediante la consideración de cuatro indicadores: número de medidas ambientales consideradas, coste de las medidas por kilómetro de proyecto, porcentaje que ese coste representa sobre el Presupuesto Básico de Licitación (PBL)

del proyecto y coste por kilómetro total del proyecto. La Tabla 3 muestra los resultados analíticos de la comparación.

El número de medidas ambientales definidas varía escasamente entre Estudios Informativos y Proyectos de Construcción (16%). Sin embargo, el coste por kilómetro de la integración ambiental se incrementa en un 159% entre estas dos fases, pasando de los 213.903 € registrados para los Estudios Informativos a los 552.852 € en los Proyectos Constructivos. Estos montantes llegan a representar como media hasta un 7,2% del PBL en Proyectos Constructivos frente al 2,99% en Estudios Informativos. Esta diferencia en el peso sobre el PBL representa un incremento 141% entre ambas fases. En contraste, el coste por kilómetro total del Proyecto vuelve a mostrar una variación sensiblemente menor entre fases (10% de incremento en los Proyectos de Construcción).

Tabla 3. Comparación presupuestaria del tratamiento de las medidas ambientales

<i>Estudios Informativos</i>			
Número de Medidas Ambientales	Coste por kilómetro de Medidas Ambientales (€)	% sobre Presupuesto Básico de Licitación	Coste por kilómetro total del Proyecto (€)
15	213.903	2,99	7.153.947
<i>Proyectos Constructivos</i>			
Número de Medidas Ambientales	Coste por kilómetro de Medidas Ambientales (€)	% sobre Presupuesto Básico de Licitación	Coste por kilómetro total del Proyecto (€)
17,4	552.852	7,20	7.736.622
Incrementos			
+ 16 %	+ 159 %	+141 %	+ 10 %

2) Papel del coste ambiental en la selección de alternativas

De los siete estudios informativos revisados el rango de porcentaje del presupuesto destinado a las actuaciones medioambientales previstas, considerando todas las alternativas propuestas, se encuentra entre el 1,21% y 6,10%. Analizando el coste de cada alternativa y la selección efectuada en los estudios informativos cabe destacar que generalmente se escoge la de menor coste absoluto (en cuatro casos) o un coste medio con apenas diferencias significativas (en dos casos). Únicamente en un caso se escoge la solución de mayor coste. En algunos casos aunque el coste ambiental es menor el porcentaje respecto al PEM (Presupuesto de Ejecución Material) aumenta al resultar también menor el presupuesto del proyecto. Atendiendo a las alternativas finalmente escogidas, el coste ambiental en el estudio informativo se encuentra entre 48.688 y 317.821 €/kilómetro.

Cabe destacar en la estimación del presupuesto de estas medidas que en dos de los estudios informativos el coste ambiental figura como una única unidad de obra estimada como partida alzada. En el resto las estimaciones se hacen por mediciones estimadas o también por partidas alzadas de las diferentes unidades de obra.

3) Naturaleza de las medidas propuestas

La práctica totalidad del presupuesto de las medidas previstas en Proyectos Constructivos se destina a prevención y corrección de impactos (Figura 1). Llamativamente, se observa en la muestra un esfuerzo económico similar en medidas preventivas y correctoras (46,0 y 49,8% del presupuesto de integración ambiental, respectivamente).

La inversión en labores de vigilancia y medidas de compensación resulta muy desigual, y comparativamente escasa (3,8 y 0,2%, respectivamente). Sólo ocho proyectos presupuestan algún tipo de medida de vigilancia ambiental, normalmente con escaso impacto presupuestario, siendo aún más escaso el monto en compensación, reducido a modestas medidas en cuatro de los proyectos estudiados.

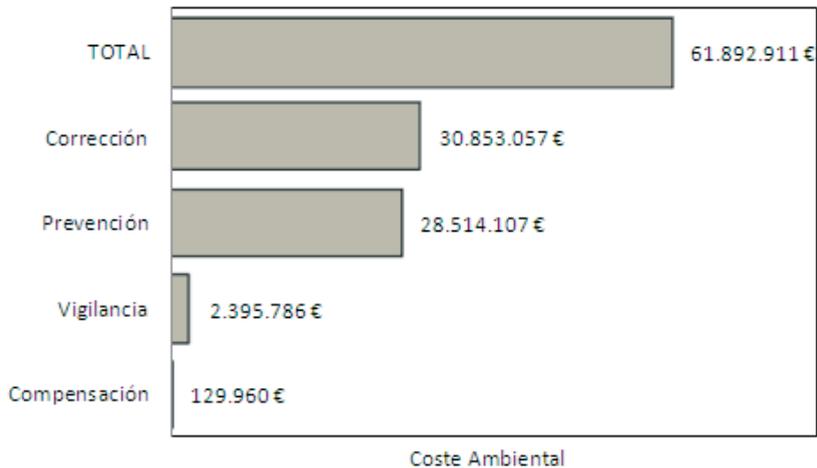


Figura 1. Distribución de los costes en medidas de integración ambiental

4) Tipología de las medidas de integración ambiental

Los proyectos analizados recogen una amplia variedad de medidas, tanto preventivas como correctoras (Figura 2). El impacto presupuestario de estas medidas resulta, sin embargo, muy desigual.

El mayor coste se concentra en determinadas propuestas de prevención para evitar afecciones a la vegetación de ribera, el patrimonio cultural o el paisaje, consistentes en la incorporación o adecuación de estructuras de grandes luces (viaductos) planteadas en algunos de los proyectos estudiados a partir de las exigencias establecidas en la DIA. Sólo estas medidas constituyen el 42,4% del

total presupuestado para adecuación ambiental, lo que en términos absolutos representa algo más de 26 millones de euros.

Resulta notorio igualmente el importante peso económico de ciertas medidas correctoras, destacando algunas ampliamente extendidas (gestión del suelo, plantación) junto a otras singulares de aplicación sólo a ciertos proyectos (dispositivos anticolidión de aves previstas en viaductos).

Las cinco medidas preventivas y correctoras señaladas constituyen, en conjunto, aproximadamente las dos terceras partes del coste de la integración ambiental (68,2%). El presupuesto restante se reparte entre un amplio elenco de soluciones preventivas y correctoras, en proporciones muy variadas.

La realización de planes completos de seguimiento, por su parte, presenta escaso impacto económico en la muestra (2,1 % del total en integración ambiental). No obstante, en ausencia de estos planes, es común en los proyectos (8 casos) habilitar partidas para trabajos específicos (trabajos arqueológicos) con un efecto presupuestario similar (1,7%).

Finalmente, la consideración de medidas compensatorias se reduce en la muestra a medidas de escaso alcance en algunos proyectos (observatorio ornitológico -0,09%-, restauración de bosque de ribera -0,09%-, cajas nido en viaductos -0,03%-, y muy modesta intervención en el presupuesto.

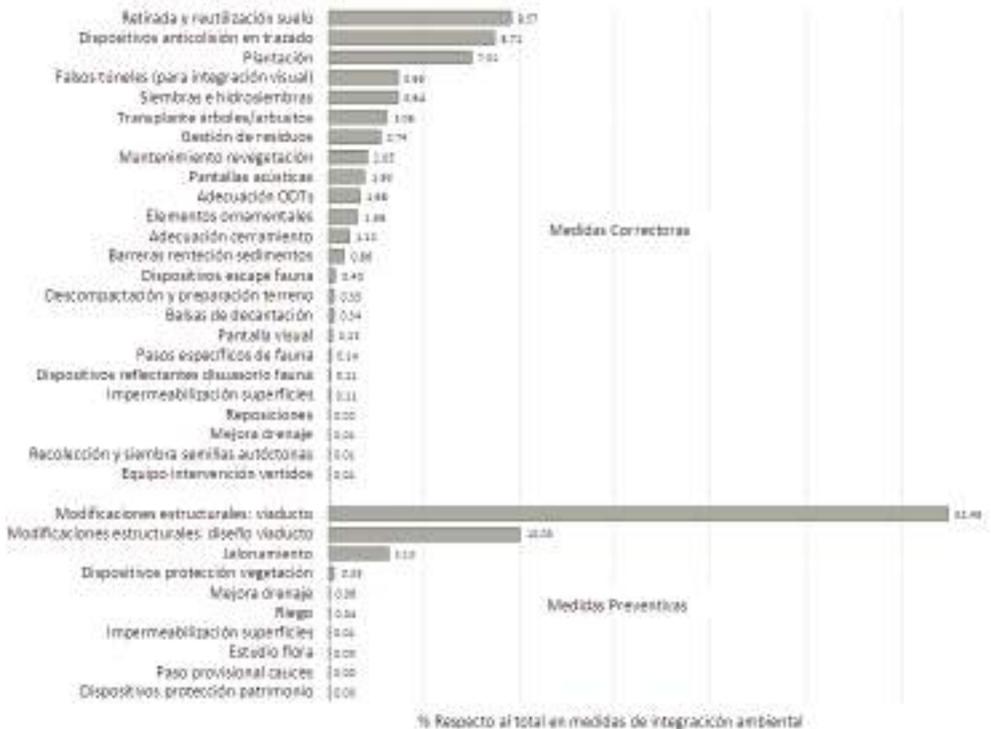


Figura 2. Tipología de las medidas preventivas y correctoras valoradas en los proyectos

5) El desigual efecto económico de las medidas ambientales: Ejemplos significativos

El análisis de los proyectos considerados ha permitido constatar la existencia singular de ciertas medidas preventivas o correctoras de fuerte impacto económico, que pueden constituir un elemento para la reflexión sobre su viabilidad en términos de adecuación ambiental y racionalidad en el gasto, en particular en tiempos de crisis y moderación presupuestaria. Estos son algunos ejemplos:

- Pantalla anticolidión de aves en viaducto (LAV Madrid-Extremadura. Tramo Cañaveral-Embalse de Alcántara): Con objeto de minimizar el impacto sobre la avifauna del lugar, este Proyecto Constructivo contempla la incorporación de pantallas anticolidión sobre el viaducto, según lo establecido en la Declaración de Impacto Ambiental del Proyecto, para un valor total de 2.124.517 €.
- Distanciamiento de pilas en viaducto (LAV Madrid-Galicia. Tramo Pedralba-Túnel de Padornelo): En este caso, las condiciones de la DIA definían una separación adicional en los pilares de apoyo de los viaductos del Proyecto, tal que se estableciese en todo momento una distancia de al menos cinco metros sobre el límite del bosque ripario, medida que supuso sobrecostes de hasta 6.204.898 € en viaductos singulares.
- Trasplante de arbolado (LAV Madrid-Extremadura. Tramo Grimaldo-Casas de Millán): El transcurso de la LAV Madrid-Extremadura por las inmediaciones del embalse del Cañaveral suponía la interceptación de varias masas de arbolado, que según las directrices de la DIA debían ser transportadas y transplantadas en una nueva ubicación cercana. Este proceso supuso un coste de 703.304 €.
- Ajuste de trazado para minimizar impacto visual (Autovía de Conexión entre San Cibrao y Barreiros, Lugo): La afección paisajística que la construcción de esta Autovía produciría sobre la Iglesia de San Martiño fue considerada en la evaluación ambiental del proyecto, disponiendo la ejecución de un nuevo trazado, que incluía modificaciones en viaductos y túneles, con un sobrecoste total de 5.900.000 €.

Discusión y Conclusiones

Los resultados obtenidos revelan el papel importante de la EIA en el presupuesto de carreteras y ferrocarriles, y su creciente peso conforme avanza la definición y detalle del proyecto. La influencia económica resulta mayor de la establecida conforme a los enfoques tradicionales en la materia. Resulta no obstante muy alejada de las estimaciones realizadas por ADIF en líneas de alta velocidad, confirmando la escasa justificación ambiental de muchas de las partidas consideradas en el cálculo del "coste ambiental".

Resulta asimismo destacable la sustancial diferencia en detalle y dimensionamiento de las medidas de integración ambiental entre Estudios Informativos y Proyectos Constructivos, que tiene como consecuencia un sustancial incremento del presupuesto entre ambas fases, estimado en los casos estudiados en unas 2,5 veces.

En este sentido, puede afirmarse que en los Estudios Informativos la consideración del proceso de integración ambiental resulta a menudo insuficiente y alejada de las necesidades reales de los proyectos, llegándose a presentar casos de su simple incorporación mediante partidas alzadas sin mayor definición adicional.

Estos hechos permiten concluir que es preciso mejorar la coordinación en el tratamiento ambiental de los proyectos para su fase de Estudio Informativo, y por ende en el proceso global de EIA de los mismos. Una deficiente labor de consideración de los aspectos ambientales en fases previas produce sobrecostes adicionales en la ejecución final del proyecto.

Sobre la naturaleza de las medidas ambientales consideradas destaca el importante papel de aquellas relacionadas con la prevención, que pasan a tener una relevancia presupuestaria, en Proyectos Constructivos, equiparable a las tradicionales medidas correctoras. El contraste con lo recogido en los Estudios Informativos resulta, en tal sentido, muy notorio.

Finalmente, las medidas de compensación y vigilancia ambiental presentan escasa importancia económica, a gran distancia de las destinadas a prevención y corrección. Especialmente destacable es la escasa consideración de medidas de vigilancia ambiental en Estudios Informativos.

Referencias / Bibliografía

- (1) Hart, S. The costs of environmental review: Assessment methods and trends. En Hart, Enk, & Hornick (eds.): *Improving Impact Assessment: Increasing the Relevance and Utilisation of Scientific and Technical Information*. Westview Press, Boulder, 1984.
- (2) Gilpin, A. *Environmental Impact Assessment (EIA): Cutting Edge for the Twenty-First Century*. Cambridge University Press, Cambridge, 1996.
- (3) Retief, F. & Chabalala, B., 2009. The Cost of Environmental Impact Assessment (EIA) in South Africa. *Journal of Environmental Assessment Policy and Management*, 11(1): 51–68.
- (4) Commission of European Communities, 1996. *EIA: A Study on Costs and Benefits*. Commission of European Communities, Brussels.
- (5) GHK, 2008. *Evaluation on EU Legislation - Directive 85/337/EEC (Environmental Impact Assessment, EIA) and associated amendments*. Final Report. GHK, Technopolis. Brussels.

- (6) GHK, 2010. Collection of information and data to support the Impact Assessment study of the review of the EIA Directive. Final Report. GHK, Technopolis. Brussels.
- (7) Haraldsson, H. & Guðmundsdóttir, A., 2003. The Environmental Impact Assessment of Icelandic road projects. En: Proceedings from the 5th Nordic Environmental Assessment Conference, 25-26 agosto 2003. Reykjavik, Iceland.
- (8) Cantó, S. & Riera, P., 2003. La vertiente socioeconómica de los estudios de impacto ambiental. *Ciudad y Territorio. Estudios Territoriales*, 138: 539-550.
- (9) Arce, R.M., Aizpurúa, N. & Gómez, A., 2006. Análisis de las medidas preventivas, correctoras y compensatorias de las infraestructuras lineales de transporte desde el punto de vista de los órganos ambientales y sustantivos. III Congreso de Ingeniería Civil, Territorio y Medio Ambiente, 25-27 octubre 2006, Zaragoza.
- (10) Arce, R.M., Gómez, A. & Aizpurúa, N., 2006. Análisis de las medidas preventivas, correctoras y compensatorias de las infraestructuras lineales de transporte desde el punto de vista de las ingenierías y constructoras. III Congreso de Ingeniería Civil, Territorio y Medio Ambiente, 25-27 octubre 2006, Zaragoza.
- (11) Domínguez M.L., 2006. Principales actuaciones de ADIF en nuevas líneas de alta velocidad y sostenibilidad ambiental. 8º Congreso Nacional de Medio Ambiente, 27 noviembre - 1 diciembre, 2006. Madrid.
- (12) Hungría, R. & Prats, M., 2008. Sostenibilidad ambiental en el diseño y construcción de la línea de alta velocidad a Levante. 9º Congreso Nacional de Medio Ambiente, 1-5 diciembre, 2008. Madrid.
- (13) ADIF, 2012. Informe de sostenibilidad 2011. Memoria medioambiental. ADIF, Ministerio de Fomento, Madrid.
- (14) Zetter, J., 1997. Environmental Impact Assessment: Has it had an Impact?. En: J. Holder (ed.). *The Impact of EC Environmental Law in the United Kingdom*. John Wiley and Sons.
- (15) Kessel, H., Boer, T., Roelofs B. & Klein, K., 2003. Evaluatie MER 2003. Novio Consult. Nijmegen.
- (16) Institute for Environmental Studies, 2007. Costs and benefits of the EIA Directive. Final report. European Commission, Brussels.
- (17) BIO, 2006. Cost and benefits of the implementation of the EIA directive in Spain. Citado en: Institute for Environmental Studies, 2007. Costs and benefits of the EIA Directive. Final report. European Commission, Brussels.

DIRECTRICES PARA EL DISEÑO DE PROGRAMAS DE VIGILANCIA AMBIENTAL DE INSTALACIONES OFFSHORE

SÁNCHEZ ARANGO, M.¹; GRANERO CASTRO, J.¹;
RODRÍGUEZ GARCÍA, J.¹; PUENTE MONTIEL, A.¹

¹ Área de Medio Ambiente y Sostenibilidad
TAXUS MEDIO AMBIENTE - Oviedo, ASTURIAS;
E-mail: msanchez@taxusmedioambiente.com

Palabras clave: *Offshore*, Vigilancia Ambiental, Directiva Marco sobre la Estrategia Marina, Directiva Marco del Agua.

Resumen

Las energías marinas son una alternativa renovable emergente, que a largo plazo, tiene el potencial para cubrir gran parte de la demanda energética mundial.

Independientemente de la tecnología aplicada, la implantación de este tipo de instalaciones implicará un gran número de impactos sobre el medio marino que deberán ser evaluados y monitorizados a medio/largo plazo, con el fin de asegurar un equilibrio sostenible, convirtiendo la instalación en un proyecto ambientalmente viable.

El objetivo del presente trabajo es establecer una metodología que identifique los elementos potencialmente afectados por una instalación *offshore* tipo, estableciendo un sistema de vigilancia que permita analizar su evolución en el tiempo, lo cual a su vez permitirá establecer medidas preventivas o correctoras para la minimización o corrección de los impactos ambientales detectados.

Introducción

Las Energías Renovables Marinas constituyen un conjunto de fuentes energéticas que posee un ingente potencial. Las más relevantes en la actualidad se clasifican en energía de las olas (undimotriz), energía de las mareas (mareomotriz), energía eólica, energía de las corrientes marinas (inerciales) y el gradiente térmico oceánico (OTEC).



Imagen 1. Ejemplos de instalaciones para el aprovechamiento de la energía marina

Independientemente de la tecnología aplicada, la implantación de este tipo de instalaciones implicará un gran número de impactos sobre el medio marino que deberán ser evaluados y monitorizados a medio/largo plazo, con el fin de asegurar que la instalación sea ambientalmente viable.

La metodología que a continuación se presenta identifica los elementos potencialmente afectados por una instalación *offshore* tipo, estableciendo un sistema de vigilancia que permita analizar su evolución en el tiempo.

Metodología

Para la evaluación del impacto ocasionado sobre el medio por una instalación concreta es necesario el análisis continuado de éste en tres fases:

- Fase preoperacional: características del entorno potencialmente afectado, previamente al desarrollo de la nueva actividad.
- Fase de construcción: la comparación de resultados con la fase anterior permitirá detectar las afecciones producidas por las obras y establecer medidas correctoras adecuadas.
- Fase de explotación: la comparación de resultados con las fases anteriores permitirá analizar los efectos sobre el medio ocasionados por la presencia y funcionamiento de las nuevas instalaciones.

En el caso del medio marino las directrices para el desarrollo de este seguimiento vienen establecidas en la Directiva 2008/56/CE(1), por la que se establece un marco de acción comunitaria para la política del medio marino. Ésta describe la necesidad de caracterizar el “estado medioambiental” en función de los parámetros que se incluyen en la siguiente tabla. No obstante, incide en que estos análisis tendrán en cuenta los elementos relacionados en las disposiciones correspondientes de la legislación comunitaria vigente y, en particular, de la Directiva 2000/60/CE(2), por la que se establece un marco comunitario de actuación en el ámbito de la política de aguas. La tabla que se presenta a continuación relaciona los parámetros considerados en ambas Directivas:

Tabla 1. Relación de características del medio a analizar según las Directivas 2008/56/CE y 2000/60/CE

	Directiva Marco sobre la Estrategia Marina (DMEM) Directiva 2008/56/CE	Directiva Marco del Agua (DMA) Directiva 2000/60/CE	
Características hidromorfológicas	Topografía y batimetría del fondo marino	Condiciones morfológicas	<ul style="list-style-type: none"> - Variación de la profundidad - Estructura y sustrato del lecho costero - Estructura de la zona intermareal
	Velocidad de las corrientes, oleaje y mezcla	Régimen de mareas	<ul style="list-style-type: none"> - Dirección de las corrientes dominantes - Exposición al oleaje
Características físico-químicas	Distribución espacial y temporal de la salinidad	Generales	<ul style="list-style-type: none"> - Transparencia - Condiciones térmicas - Condiciones de oxigenación - Salinidad
	Distribución espacial y temporal de oxígeno		
	Perfiles de pH y presión parcial de CO ₂		
	Régimen anual y estacional de temperaturas		
Características químicas	Distribución espacial y temporal de nutrientes (compuestos de nitrógeno, fósforo y carbono)	Generales	<ul style="list-style-type: none"> - Condiciones relativas a los nutrientes
	Sustancias químicas (sedimentos y biota)	Contaminantes específicos	<ul style="list-style-type: none"> - Sustancias prioritarias - Otras sustancias vertidas en cantidades significativas
Tipos de hábitat	Tipos de hábitat que prevalecen en el fondo marino y en la columna de agua (características físicas y químicas, profundidad, régimen de temperaturas del agua, corrientes, salinidad, estructura y composición de sustratos del lecho marino)		
	Censo y cartografía de los tipos de hábitats especiales, en particular los reconocidos por la Directiva Hábitats (Directiva 92/43/CE(3))		
	Hábitats de zonas que merecen una mención específica por sus características, localización o importancia estratégica		

Tabla 1. (continuación) Relación de características del medio a analizar según las Directivas 2008/56/CE y 2000/60/CE

	Directiva Marco sobre la Estrategia Marina (DMEM) Directiva 2008/56/CE	Directiva Marco del Agua (DMA) Directiva 2000/60/CE
Características biológicas	Descripción de comunidades biológicas asociadas al fondo y a la columna de agua (especies y variabilidad)	Composición abundancia y biomasa de fitoplancton Composición abundancia de otro tipo de flora acuática Composición y abundancia de la fauna bentónica de invertebrados
	Fauna bentónica de angiospermas, macroalgas e invertebrados (especies, biomasa y variabilidad)	
	Poblaciones de peces (abundancia, distribución, estructura y edad/tamaño)	
	Aves marinas (dinámica de la población, distribución natural y estado)	
	Otras especies amparadas por la legislación comunitaria	
	Especies alóctonas o exóticas (presencia, abundancia y distribución)	
Otras	Cualesquiera otras características típicas o específicas de la región marina	

A continuación se define la metodología específica para el análisis de cada uno de los elementos citados en la tabla anterior:

Características hidromorfológicas

La presencia o funcionamiento de las instalaciones *offshore* podría condicionar la dinámica sedimentaria de su entorno inmediato, modificando en consecuencia la topografía original del medio.

Con el fin de analizar este potencial impacto y siguiendo las directrices establecidas en las Directivas comentadas, se procederá al análisis de la batimetría y topografía de los fondos marinos, así como de la dinámica de corrientes y oleajes.

Estas mediciones se desarrollarán mediante sondas batimétricas mono- o multihaz (batimetría y topografía) y correntímetros (velocidad y dirección del oleaje).

Se propone, no obstante, el desarrollo de un estudio hidrodinámico tridimensional con *software* específico que permita analizar la evolución del medio, así como

modelizar los cambios en la dinámica sedimentaria, producidos por la presencia de las instalaciones.

Las tecnologías renovables consideradas en este estudio no precisan el vertido de sustancias al medio. No obstante, será imprescindible el análisis de las características físico-químicas y químicas tanto del agua como del sedimento, ya que éstas condicionarán la evolución de los parámetros biológicos.

Características físico-químicas

Para el análisis de la transparencia se empleará el disco de Secchi.

La sonda multiparamétrica o el CTD (Acronimo de *Conductivity, Temperature and Depth*) permitirán el análisis del resto de parámetros en la columna de agua.

Durante la realización del perfil vertical se determinará dónde se encuentra la termoclina y por tanto, si la masa de agua se encuentra estratificada o no (lo cual condicionará la distribución del resto de parámetros físicos y biológicos).

Características químicas

Tal como define la Directiva Marco del Agua (2), el buen estado químico se alcanza cuando las concentraciones de contaminantes no superan las normas de calidad ambiental establecidas en la Directiva 2008/105/CE(4)(5), para sustancias prioritarias y para otros contaminantes.

Para su análisis se seguirán las indicaciones sobre toma de muestras, manipulación y análisis establecidos en las respectivas normas internacionales: ISO (*Internacional Standard Organisation*). De forma general serán consideradas las normas de la familia ISO 5667:

- UNE-EN ISO 5667-1:2007. Calidad del agua. Muestreo. Parte 1: Guía para el diseño de los programas de muestreo y técnicas de muestreo. (ISO 5667-1:2006).
- UNE-EN ISO 5667-3:2013. Calidad del agua. Muestreo. Parte 3: Conservación y manipulación de las muestras de agua. (ISO 5667-3:2012).
- UNE-EN ISO 5667-15:2010. Calidad del agua. Muestreo. Parte 15: Guía para la conservación y manipulación de muestras de lodo y sedimentos. (ISO 5667-15:2009).
- UNE-EN ISO 5667-19:2004. Calidad del agua. Muestreo. Parte 19: Guía para el muestreo de sedimentos marinos (ISO 5667-19:2004).

Tipos de hábitats y macroalgas

La presencia de las instalaciones condicionará el desarrollo de las comunidades bentónicas de los fondos sobre los que se asiente. Para la caracterización de éstos se emplearán cámaras subacuáticas o un equipo de buzos expertos que

analizará la comunidad, elaborando una cartografía bionómica de las especies presentes, y establecerá unas celdas de seguimiento en zonas específicas donde *a priori* se concentren más afecciones. Ello permitirá analizar la evolución del medio frente a la actividad.

En el caso de que la instalación se encuentre cercana a tierra será necesario además el análisis de la zona intermareal. Para ello se aplicará el índice CFR (Calidad de Fondos Rocosos) (Juanes et al, 2006)(6).

En ambos casos cobrará especial relevancia la caracterización y seguimiento de los hábitats de interés comunitario protegidos por la Directiva 92/43/CEE(3) (Directiva Hábitats).

Características biológicas

La modificación de los parámetros antes comentados implicará afecciones sobre las comunidades biológicas. Se establecen metodologías específicas para cada una de ellas:

- FITOPLANCTON: Las muestras del perfil vertical se obtendrán mediante botella hidrográfica, Roseta (*Carousel Water Sampler*) o Redes de Arrastre Vertical. La identificación se realizará siguiendo las directrices de la norma UNE-EN 15204:2007. Calidad del agua. Guía para el recuento de fitoplancton por microscopía invertida (técnica de Utermöhl).
- CLOROFILA "a" (directamente relacionada con la cantidad de fitoplancton suspendido): Se determinará en laboratorio mediante la rotura celular, la extracción del pigmento y una lectura espectrofotométrica posterior.
- PECES: Mediante técnicas de hidroacústica se obtendrán datos sobre densidad y talla de las especies presentes. No obstante será igualmente interesante el análisis de las posibles mermas en las capturas de las cofradías de pescadores cercanas; ello permitirá evaluar el impacto de la nueva instalación sobre esta actividad socioeconómica y sobre la población biológica.
- AVES MARINAS: Se desarrollará un censo mixto mediante la combinación de transectos desde embarcación y puntos de observación. Además, en el caso de Parques Eólicos se analizarán las alturas de vuelo, con el fin de determinar el potencial riesgo de colisión mediante la aplicación del *Scottish Natural Heritage Collision Risk Model* (Band et al, 2007)(7) y la posible existencia de rutas migratorias.
- INVERTEBRADOS BENTÓNICOS: Para la recogida de muestras se empleará una draga Van Veen o Box Corer. Éstas serán analizadas mediante estereomicroscopio, calculándose finalmente índices específicos como el AMBI (Azti Marin Biotic Index) y el M-AMBI (Multivariate AMBI)(8).

En todos los grupos anteriores cobrará especial importancia la posible presencia de especies alóctonas y/o invasoras.

Otras

Resultará igualmente relevante la medición de la posible contaminación electromagnética causada por el funcionamiento de las instalaciones y la modificación en la etología de los cetáceos por interferencias en sus señales de ecolocación.

Conclusiones

El análisis de todos los parámetros anteriores a lo largo del tiempo (fase preoperacional, fase de obra y fase de explotación) permitirá caracterizar de forma específica el medio marino afectado por una instalación *offshore*, así como establecer un sistema de vigilancia cuyo objetivo final será estudiar su evolución en el tiempo. Ello a su vez permitirá desarrollar medidas preventivas o correctoras para la minimización o corrección de los impactos ambientales detectados, asegurando con ello que la instalación analizada sea un proyecto respetuoso con su entorno y por tanto ambientalmente viable.

Referencias / Bibliografía

- (1) Directiva 2008/56/CE, de 17 de junio de 2008, por la que se establece un marco de acción comunitaria para la política del medio marino (Directiva marco sobre la estrategia marina - DMEM). Transpuesta al ordenamiento jurídico español por la Ley 41/2010.
- (2) Directiva 2000/60/CE, de 23 de octubre de 2000, por la que se establece un marco comunitario de actuación en el ámbito de la política de aguas (Directiva Marco del Agua – DMA). Transpuesta al ordenamiento jurídico español mediante el artículo 129 de la Ley 62/2003.
- (3) Directiva 92/43/CEE del Consejo, de 21 de mayo de 1992, relativa a la conservación de los hábitats naturales y de la fauna y flora silvestres (Directiva Hábitats). Transpuesta al ordenamiento jurídico español mediante el Real Decreto 1997/1995.
- (4) Directiva 2008/105/CE, de 16 de diciembre de 2008, relativa a las normas de calidad ambiental en el ámbito de la política de aguas, por la que se modifican y derogan ulteriormente las Directivas 82/176/CEE, 83/513/CEE, 84/156/CEE, 84/491/CEE y 86/280/CEE del Consejo, y por la que se modifica la Directiva 2000/60/CE. Transpuesta al ordenamiento jurídico español por el Real Decreto 60/2011.
- (5) Directiva 2013/39/UE, de 12 de agosto de 2013, por la que se modifican las Directivas 2000/60/CE y 2008/105/CE en cuanto a las sustancias prioritarias en el ámbito de la política de aguas.

- (6) Juanes, J.A.; Guinda, X.; Puente, A.; Revilla, J.A. 2008. Macroalgae, a suitable indicator of the ecological status of coastal rocky communities in the NE Atlantic. *Ecological Indicators*. Volumen 8, 4º Edición. 351–359.
- (7) Band, W.; Madders, M.; Whitfield, D.P. Birds and Wind Farms. Risk Assessment and Mitigation. Developing field and analytical methods to assess avian collision risk at wind farms. 1º Edición. Editorial Quercus, Madrid, 2007. 259-275.
- (8) 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*. Volumen 40, 1100-1114.

EVOLUCIÓN DE LAS MEDIDAS COMPENSATORIAS EN LOS PROCEDIMIENTOS DE EVALUACIÓN DE IMPACTO AMBIENTAL

ÁLVARO ENRÍQUEZ DE SALAMANCA SÁNCHEZ-CÁMARA
Y MARIA JOSÉ CARRASCO GARCÍA

DRABA Ingeniería y Consultoría Medioambiental, S.L.

Palabras clave: Medidas compensatorias, Evaluación de impacto ambiental.

Resumen

La aplicación de compensaciones ambientales se ha desarrollado en España desde la implantación de la evaluación de impacto ambiental, aunque ha tenido una verdadera expansión a partir de la promulgación de la Directiva 92/43/CEE, cuando comienza la aplicación de medidas compensatorias por la afección a espacios de la Red Natura 2000. En este estudio se han analizado todas las declaraciones de impacto ambiental emitidas por la Administración General del Estado, desde el inicio del procedimiento hasta finales de 2011, seleccionando aquellas que contemplan compensaciones ambientales, y analizándolas en función del tipo de medidas propuestas y los motivos para su aplicación.

Introducción

El concepto de compensación aparece asociado a la evaluación ambiental desde la implantación de este procedimiento. Ya en la Directiva 85/337/CEE se indica la necesidad de incluir en los estudios “una descripción de las medidas previstas para evitar, reducir y, si fuere posible, compensar los efectos negativos importantes del proyecto sobre el medio ambiente”. Este mismo concepto se recoge en la posterior Directiva 2001/42/CE.

Estados Unidos y Alemania tienen la experiencia más larga en la aplicación de medidas compensatorias, desde la década de 1970, seguidas, más recientemente, por Holanda, Inglaterra y Australia, sobre todo a partir de la década de 1990 [1, 2]. En Estados Unidos, a partir de 1983 comenzaron a implantarse bancos de mitigación para cumplir las compensaciones por pérdida de zonas húmedas establecidas en la Clean Water Act [3]. En Australia, las compensaciones ambientales son un concepto incorporado a distintas políticas nacionales, como la protección de la vegetación natural, el comercio de CO₂ o la política forestal. En las décadas de 1980 y 1990, en Australia Occidental se aplicaron compensaciones por la afección a humedales, pero en los últimos años

se ha ampliado el enfoque, utilizando compensaciones para contrarrestar las emisiones o los impactos en zonas protegidas, vegetación, humedales, hábitats y en general a la biodiversidad [4]. Las compensaciones se han extendido ya a numerosos países [5].

Las medidas compensatorias son un grupo más de actuaciones ambientales, junto a las medidas preventivas y correctoras, cuya aplicación debería ser habitual en la evaluación e integración ambiental. El término inglés *mitigation measures* abarca todos estos tipos de medidas.

La aplicación de compensaciones se ha desarrollado en España desde la implantación de la evaluación de impacto ambiental, aunque de forma irregular, y principalmente asociadas al patrimonio forestal y pecuario. En otras ocasiones las compensaciones se han empleado en el marco de negociaciones con Administraciones locales, para facilitar acuerdos o lograr una buena aceptación social de los proyectos.

La verdadera expansión en la aplicación de medidas compensatorias tiene su origen en las disposiciones de la Directiva 92/43/CEE. En su artículo 6 indica que los planes o proyectos que sin tener relación directa con la gestión de lugares de la Red Natura 2000 puedan afectarlos se someterá a una evaluación de sus repercusiones, y si a pesar de las conclusiones negativas debiera realizarse, el Estado miembro tomará cuantas medidas compensatorias sean necesarias. Esta Directiva marca un punto de inflexión en la aplicación de las medidas compensatorias, al recogerlas como una obligación, en los supuestos de afección a la Red Natura 2000, y no solo como algo deseable, como ocurría en la Directiva 85/337/CEE. La complejidad en la aplicación de las indicaciones de este artículo, y en la comprensión de algunos términos empleados ha llevado a la Comisión Europea a publicar varias guías explicativas [6, 7].

A partir de mediados de la década de 1990, comienza la aplicación en España de medidas compensatorias por la afección a espacios de la Red Natura 2000. Estas medidas tienen la particularidad de estar reguladas por una normativa específica, la Directiva 92/43/CEE y la Ley 42/2007, de 13 de diciembre, del Patrimonio Natural y de la Biodiversidad, y de requerir una tramitación específica, que puede incluir su comunicación a la Comisión Europea.

Coexisten, en consecuencia, medidas compensatorias derivadas del cumplimiento de la Directiva 92/43/CEE (y la Ley 42/2007), con otras que no tienen relación con la Red Natura 2000. Como solución, en los últimos años se ha optado por denominar medidas compensatorias a las asociadas a la Red Natura 2000, y medidas complementarias a las que no surgen del cumplimiento de esta norma. Se trata de una convención adoptada en España, pero no así en el resto del mundo, ni siquiera de Europa, donde el concepto de medidas compensatorias es más amplio.

La tipología de medidas compensatorias aplicadas es muy amplia, incluyendo medidas directas e indirectas, in-situ y ex-situ, en especie o no en especie. Dentro

de estas categorías la variedad es muy amplia, y en ocasiones difícilmente defendibles como verdaderas medidas compensatorias. Esta es una de las razones por las que la Comisión Europea se vio obligada a aclarar el concepto de medida compensatoria [7], excluyendo, por ejemplo las medidas habituales requeridas para la protección y la gestión de los lugares Natura 2000.

Metodología

El estudio se basa en el análisis de todas las declaraciones de impacto ambiental (DIA) emitidas por la Administración General del Estado, desde los comienzos de la aplicación de la evaluación de impacto ambiental hasta final de 2011. Entre ellas, se han extractado aquellas donde se plantean medidas compensatorias, entendidas de forma amplia, es decir, cualquier tipo de compensación social o ambiental. En total se han seleccionado 197 DIA, con algún tipo de compensación.

Se pretende recopilar de forma sistemática las compensaciones ambientales planteadas en procedimientos de evaluación de impacto ambiental competencia de la Administración General del Estado, lo que permite analizar la evolución en la aplicación de este tipo de medidas, los tipos de proyectos que más habitualmente las llevan asociadas, y la proporción de compensaciones que se aplica por la afección significativa a la Red Natura 2000 o por otras causas.

Para cada DIA con algún tipo de medida de compensación, se ha realizado una ficha individual, donde se recoge la siguiente información:

- Datos del proyecto (título, tipo, ubicación, promotor, órgano sustantivo).
- Datos de la DIA (resolución, número de BOE y fecha).
- Causas de la adopción de compensaciones ambientales, indicando si se derivan o no de la afección a espacios de la Red Natura 2000 y si es significativa.
- Valores naturales que motivan la adopción de medidas compensatorias, cuando se explicitan.
- Medidas propuestas distinguiendo las que implican de forma directa la compra o gestión de territorio, las que lo implican de forma indirecta y otras.

Resultados

Evolución general de la aplicación de medidas compensatorias

La evaluación de impacto ambiental se incorporó al marco jurídico español mediante el Real Decreto Legislativo 1302/1986 (actualmente derogado, estando vigente la Ley 21/2013, de 9 de diciembre, de evaluación ambiental).

La primera DIA se publica en el Boletín Oficial del Estado (BOE) de 2 de septiembre de 1989. La primera referencia a una compensación ambiental

aparece en una DIA publicada en el BOE de 17 de febrero de 1990, sobre una autovía, y los motivos de compensación, poco definidos, son socioeconómicos, por productividad de los suelos. En estas primeras DIA es frecuente la aparición de compensaciones de tipo socioeconómico. Sin embargo, en la DIA de la presa de Itoiz (BOE 06-09-1990), la tercera con compensaciones, ya se proponen compensaciones ambientales, como la restauración de las riberas de dos ríos no afectados y la construcción de frezaderos artificiales.

La primera compensación ambiental que tiene asociada la adquisición de terrenos aparece en la DIA de la conexión de la N-I con la N-VI en Madrid, la autovía M-40 (BOE 18-01-1991), donde se plantea estudiar la posibilidad de incorporar al Monte de El Pardo una superficie de terreno colindante equivalente a la aislada por el trazado de la autovía, como compensación a la ocupación de terrenos, medida que se ratifica en otra DIA posterior (04-02-1994).

Pese a estos dos casos singulares, Itoiz y El Pardo, hasta comienzos del año 1994 lo habitual es que las compensaciones sean por aspectos socioeconómicos.

A partir de febrero de 1994, las compensaciones pasan a ser principalmente ambientales, en general derivadas de la afección a vegetación singular o a especies de fauna amenazadas.

La primera compensación asociada a la Red Natura 2000 aparece en 1995, en la DIA de la autopista R-2, entre Madrid y Guadalajara (BOE 7-04-1995), modificada cuatro años después. Se establece una compensación superficial, y se emplaza al promotor a documentar las razones imperiosas de interés público de primer orden, incluidas razones de índole social o económica del proyecto. Es por tanto un caso claro de aplicación del artículo 6.4 de la Directiva 92/43/CEE.

En los siguientes años comienzan a proponerse medidas compensatorias, sobre todo en proyectos que afectaban a la Red Natura 2000, pero sin entrar a definir si la afección era significativa. La sola afección a un espacio Natura 2000 daba lugar a la aplicación de medidas compensatorias, creando confusión sobre si la compensación se aplicaba por ser una afección significativa, y en consecuencia se saba cumplimiento al artículo 6.4 de la Directiva Hábitats, o no.

Esta situación, unida a la propuesta en muchos países de la Unión de medidas compensatorias que dudosamente compensaban la afección a la Red Natura 2000, llevó a la Comisión Europea a publicar varios documentos explicativos sobre el alcance del artículo 6.4 de la Directiva Hábitats [6, 7] donde se acota la necesidad de estas medidas a las afecciones significativas sobre la Red Natura 2000, y se detallan los requisitos que deben cumplir estas medidas.

A partir del año 2003 empiezan a aparecer DIA donde se emplean los conceptos medidas "complementarias" o "adicionales," para referirse a medidas compensatorias que no se aplicaban en cumplimiento del artículo 6.4 de la Directiva Hábitats. Pese a que el empleo de esos términos confusos se ha

generalizado, ocasionalmente sigue hablándose de medidas compensatorias no necesariamente asociadas a la Red Natura 2000.

Cada vez los aspectos formales en la aplicación de medidas compensatorias en cumplimiento de la Directiva Hábitats son más claros. Siempre que se afecta un espacio Natura 2000 se solicita informe al órgano ambiental autonómico, sobre si los impactos son significativos, y si son precisas medidas compensatorias. Las medidas compensatorias se van asociando al cumplimiento de la Directiva Hábitats, o exigencias de órganos ambientales autonómicos.

Parece existir una tendencia a reducirse las medidas compensatorias, por quedar asociadas al artículo 6.4 de la Directiva. Aunque esa norma marca un supuesto donde la aplicación de medidas compensatorias es obligada, no es el único supuesto donde pueden adoptarse. Es decir, que las medidas compensatorias sean obligatorias en la afección significativa a la Red Natura 2000 no debe llevar a que solo se apliquen en ese caso.

En los últimos años se observan numerosas actuaciones (carreteras, ferrocarriles, líneas eléctricas, gasoductos...) que tienen asociados pequeños impactos en la Red Natura 2000, y que por no considerarse significativos, no se aplican compensaciones. Si se analiza de forma acumulativa, supone una considerable pérdida de hábitats dentro de la Red Natura 2000.

También son numerosos los proyectos con impactos sobre hábitats de interés comunitario o de especies de interés fuera de la Red Natura 2000, donde salvo algún caso excepcional, no existen compensaciones. La pérdida de biodiversidad acumulada es muy significativa

Evolución anual

El primer resultado estadístico del análisis de las DIA es la evolución total a lo largo de los años, desde la primera compensación en 1990 hasta diciembre de 2011, es decir, el número de DIA anuales con alguna compensación (Fig. 1). Se observa una tendencia estable hasta 1999, pasando a crecer hasta 2003, cuando sufre una caída, seguida de una recuperación paulatina.

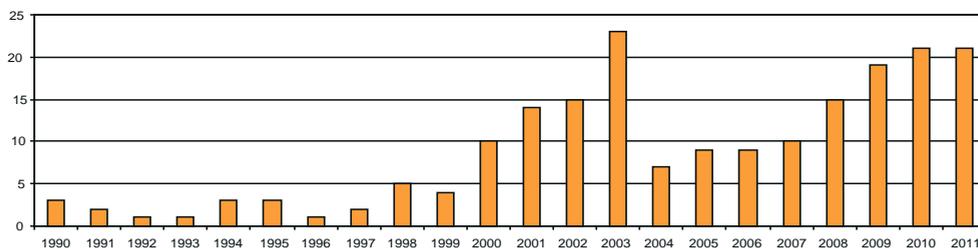


Figura 1. Número de DIA con medidas de compensación por años.

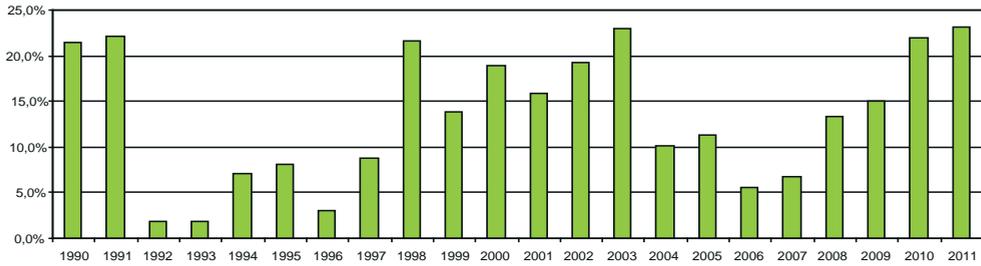


Figura 2. Porcentaje de DIA con medidas de compensación por años

El número de DIA con compensaciones es un dato relativo, ya que depende del total anual de resoluciones. Se han relacionado ambos factores (Fig. 2), expresando el porcentaje anual de DIA con algún tipo de compensación. Aunque los resultados tienen similitud con la figura 1, existe un periodo importante entre 1998 y 2003 (los años 1990 y 1991 son poco significativos por el escaso número anual de resoluciones), coincide la caída en 2004, y también la actual recuperación.

Distribución regional

Un segundo análisis estadístico interesante es la distribución de las DIA con compensaciones ambientales por comunidades autónomas (Fig. 3). Aunque las compensaciones recogidas no están necesariamente asociadas a la afección a la Red Natura 2000, en la mayoría de los casos es la razón final por la que se proponen, de forma explícita, o más velada. Para valorar de forma general la distribución regional de las compensaciones, se ha comparado con la distribución superficial de la Red Natura 2000 en las comunidades autónomas (Fig. 4).

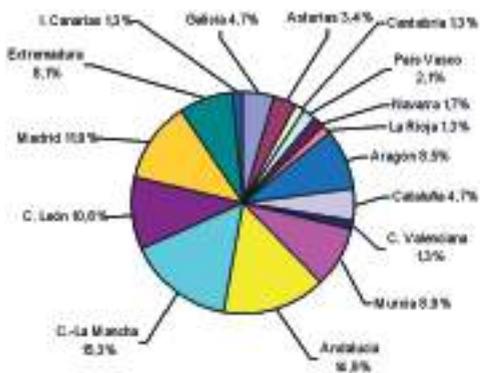


Figura 3. DIA con medidas de compensación por CC.AA

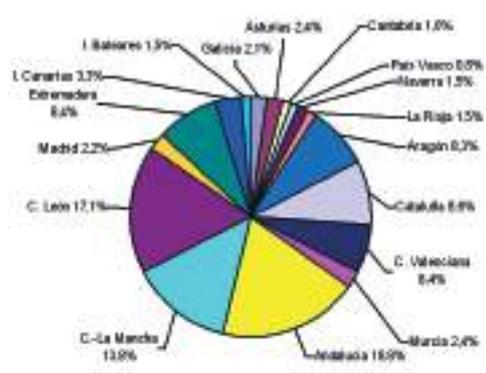


Figura 4. Superficie de la Red Natura 2000 por CC.AA

Comparando estas dos figuras, se diferencian tres grupos de comunidades autónomas:

- Comunidades donde la media de compensaciones se aproxima a su contribución a la Red Natura 2000 (Cantabria, Navarra, La Rioja, Aragón y Extremadura).
- Comunidades donde la media de compensaciones es superior a su contribución a la Red Natura 2000 (Galicia, Asturias, País Vasco, Castilla-La Mancha, Madrid y Murcia).
- Comunidades donde la media de compensaciones es inferior a su contribución a la Red Natura 2000 (Cataluña, Andalucía, Canarias, Baleares, Comunidad Valenciana y Castilla y León).

Destaca un exceso proporcional de compensaciones en Madrid y Murcia, considerando su aportación a la Red Natura 2000, si bien la primera región ha concentrado importantes obras en el periodo estudiado. Existe un déficit de compensaciones en varias regiones. En Castilla y León el déficit es fuerte, aunque hay 25 resoluciones con medidas de compensación. En la Comunidad Valenciana, sin embargo, las compensaciones son testimoniales, solo tres en una comunidad con fuerte desarrollo en estos años. Las compensaciones aplicadas en Cataluña son escasas para su contribución a la Red Natura 2000, y para el número de actuaciones desarrolladas. Parece existir un desequilibrio territorial en la aplicación de las compensaciones ambientales.

Distribución por tipo de proyectos

Otro análisis interesante es la distribución de las DIA con medidas de compensación por tipología de proyectos evaluados (Fig. 5). Existe una dominancia de medidas de compensación en proyectos de carreteras, sobre todo autovías y autopistas, con más de una tercera parte del total. Aunque el número de proyectos de carreteras es importante en el periodo, parece que a igualdad de afecciones la probabilidad de aplicar compensaciones en estas infraestructuras es mayor. La tendencia decrece en el tiempo, como la construcción de carreteras. En ferrocarriles la tendencia es opuesta, creciente en el tiempo, aunque el total de DIA con compensaciones es del 14%.

Los aeropuertos y aeródromos suponen el 8%, pero considerando el reducido número de proyectos de este tipo, la frecuencia con que se plantean compensaciones es muy elevada. Los proyectos de puertos son escasos, y también las compensaciones, un 2% de casos.

Las obras hidráulicas, con un 18% de los casos, ocupan el segundo lugar, lógico por el número de proyectos y por tener a menudo asociadas importantes ocupaciones e impactos apreciables. En la energía, las compensaciones propuestas, un 13% de casos, es muy inferior al número de proyectos evaluados. Las líneas eléctricas tienen casi un 7% de las propuestas de compensación.

El resto de tipologías son menos representativas, aunque pueden destacarse regadíos (4% de casos) y depuración y desalación (3% dividido entre ambos tipos).

En los últimos años se detecta gran número de proyectos de energía, sobre todo líneas eléctricas pero también gasoductos, que pese a cruzar espacios de la Red Natura 2000 no incluyen ninguna medida de compensación, al considerar que la afección es poco significativa.

Con carácter general, puede afirmarse que a igualdad de afecciones, sobre todo en la Red Natura 2000, es más probable que se plantee durante la evaluación ambiental algún tipo de compensación en una infraestructura de transporte que en un proyecto de transporte de energía.

Distribución por promotor

Respecto a los promotores (Fig. 6), destaca la Dirección General de Carreteras, seguida, a cierta distancia, por empresas, donde destacan las del sector energético, sobre todo Enagas y Red Eléctrica de España. Son destacables también la Dirección General de Ferrocarriles y la Dirección General del Agua y Confederaciones, a los que se sumarían además la Mancomunidad de Canales del Taibilla y las sociedades públicas creadas para la gestión del agua.

Distribución por órgano sustantivo

Se ha analizado también las DIA según órganos sustantivos (Fig. 7). En la mayor parte de obras públicas coincide promotor y órgano sustantivo, como las Direcciones General de Carreteras y Ferrocarriles. En otros casos, como la gestión del agua puede variar el órgano sustantivo.

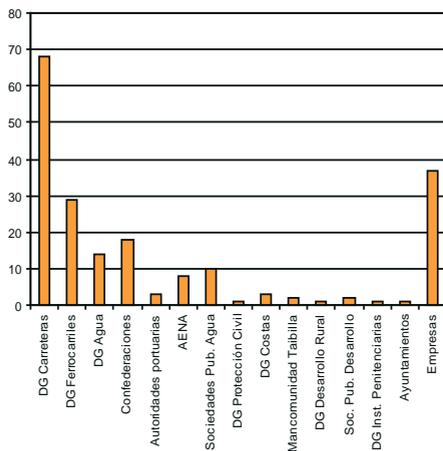


Figura 6. DIA con medidas de compensación por promotor.

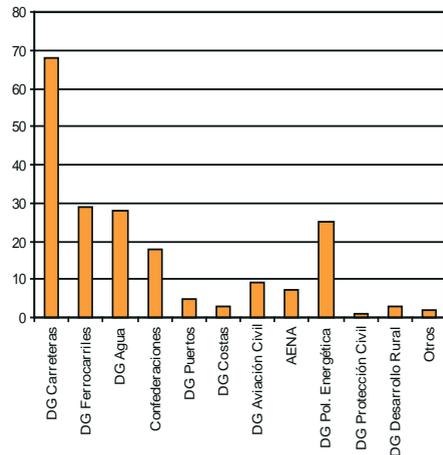


Figura 7. DIA con compensaciones por órgano sustantivo.

Compensación en la Red Natura 2000

En los primeros años analizados la compensación no tiene relación con la Red Natura 2000, aún inexistente, pero a partir de la aprobación de la Directiva 92/43/CEE comienzan a relacionarse. En una primera etapa se proponen medidas de compensación siempre que se afecta un espacio Natura 2000, con independencia de la importancia de los efectos. Posteriormente, se hace una aplicación más rigurosa del artículo 6.4 de la Directiva, aplicando medidas compensatorias solo cuando la afección es significativa, aunque siguen planteándose compensaciones con otros nombres (medidas complementarias o adicionales). En los últimos años se ha tendido a una aplicación excesivamente rígida de la Directiva, minimizando la aplicación de compensaciones.

Los casos en que se reconoce explícitamente que se aplican medidas compensatorias por afección a la Red Natura 2000 son escasos, pero en la práctica lo más frecuente es que las compensaciones se deriven precisamente de esa afección. Poco más de la mitad de los casos en que se plantean compensaciones están relacionados con la Red Natura 2000 (Fig. 8).

Un aspecto interesante es si las compensaciones se aplican por afección significativa a los espacios Natura 2000, sin son medidas compensatorias en el sentido estricto de la Directiva. Con frecuencia en la evaluación ambiental no queda claramente expuesto si la afección es significativa, al menos en las resoluciones más antiguas, ya que actualmente si se tiende a explicitar.

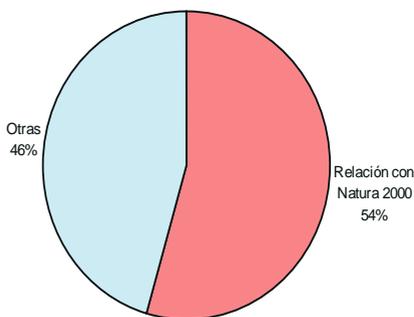


Figura 8. Relación de las compensaciones propuestas con la Red Natura 2000.

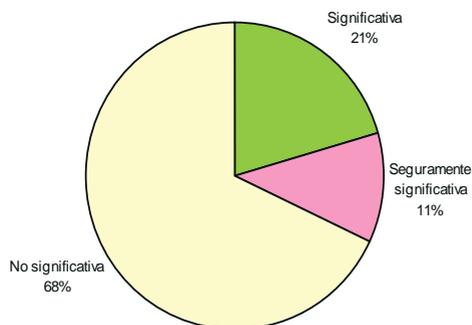


Figura 9. Relación de las compensaciones propuestas en la Red Natura 2000 con la importancia de las afecciones.

En un tercio de los casos parece que la afección es significativa, aunque no queda muy claro en un 11% de los casos (Fig. 9). Es destacable el gran número de casos en que no se reconocen impactos significativos pero se aplican compensaciones ambientales. La mayor parte de impactos significativos está en

los proyectos más antiguos, cuando se hacía una interpretación más amplia de la Directiva 92/43/CEE, considerando que cualquier efecto sobre la Red Natura 2000 debía dar lugar a la aplicación de medidas compensatorias. Sin embargo, en los últimos años se hace una aplicación más estricta, valorando si los efectos son o no significativos, y proponiendo medidas compensatorias únicamente cuando lo son. En la mayor parte de los proyectos, los promotores consideran que los impactos no son significativos, y por lo general las comunidades autónomas refrendan esa opinión, y en consecuencia no se proponen medidas.

Compensación fuera de la Red Natura 2000

En las medidas de compensación no derivadas de afecciones a la Red Natura 2000 lo más habitual es que los motivos sean ambientales, resultando menos frecuentes los socioeconómicos, comunes en los primeros expedientes analizados, u otros como recreativos o culturales (Fig. 9).

Justificación de la compensación

Un aspecto interesante es la justificación de las compensaciones propuestas. En un 16% de los casos no se recoge ninguna justificación para las compensaciones propuestas (Fig. 10).

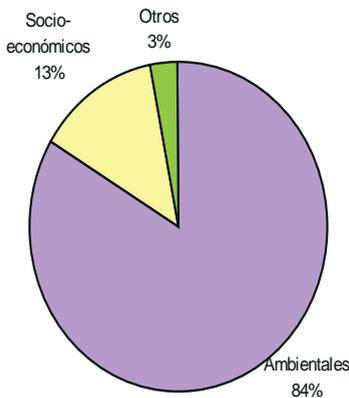


Figura 9. Motivo de las compensaciones fuera de Natura 2000.

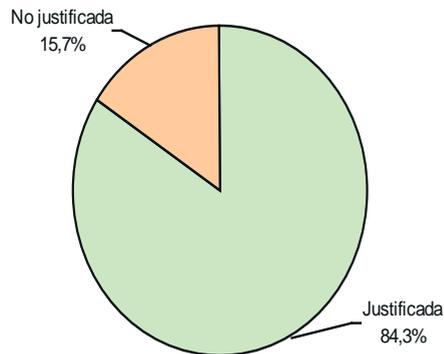


Figura 10. Justificación de las compensaciones en las DIA.

Con respecto a las justificaciones aportadas (Fig. 11) destaca como argumento en la compensación la afección a un espacio natural, en general un espacio Natura 2000, aunque también otro tipo de espacios protegidos, catalogados o inventariados. A menudo la afección a esos espacios se alega como única justificación de la compensación, sin citar las especies de flora o fauna, hábitats u otros valores concretos afectados, o que realmente se quiere compensar.

Sigue en importancia la compensación por afección a vegetación y hábitats de interés comunitario, aspectos muy ligados. En las resoluciones más antiguas es frecuente la compensación por afección a vegetación singular, sobre todo bosques y vegetación de ribera, existiendo una tendencia creciente con el tiempo a compensar solo afecciones a hábitats de interés comunitario.

Las compensaciones por afección a especies de fauna son importantes, mientras que las asociadas a especies de flora son menos representativas, al menos de forma explícita, ya que de forma implícita se incluyen en la vegetación y hábitats. Las causas socioeconómicas son escasas, y sobre todo se dan en las DIA antiguas, compensando la ocupación de suelos productivos.

Discusión y conclusiones

La compensación ambiental es una práctica muy deseable, que se está generalizando en todo el mundo como forma de contrarrestar los efectos negativos del desarrollo, en especial los impactos residuales, y para evitar una pérdida neta de biodiversidad. El alcance de esta compensación varía de unos países a otros, centrado en aspectos concretos como humedales, bosques o hábitats de peces, o aplicado de forma extensiva a todos los impactos residuales.

En España, la posibilidad de aplicar medidas compensatorias está recogida en la normativa de evaluación de impacto ambiental, pero solo es obligatoria en los casos de afección significativa a la Red Natura 2000, según indica el artículo 6.4 de la Directiva 92/43/CEE y artículo 45 de la Ley 42/2007, de patrimonio natural y biodiversidad.

Inicialmente, se aplicaron medidas compensatorias en buena parte de los proyectos que afectaban a la Red Natura 2000, y algunos otros casos particulares. Esto creaba confusión sobre si la compensación se aplicaba por asumirse una afección significativa a los espacios Natura 2000, y en consecuencia se adoptaban en cumplimiento de la Directiva Hábitats, o si se aplicaban con carácter general para compensar impactos residuales, aunque no fueran significativos.

La asociación de medidas compensatorias al cumplimiento del artículo 6.4 de la Directiva Hábitats ha llevado a que el empleo de este término se limite, para evitar confusiones, o por temor a que posibles compensaciones propuestas se asocien a efectos significativos sobre la Red Natura 2000. Surgen términos como medidas complementarias o adicionales, que en la práctica son compensaciones ambientales. A menudo estas medidas surgen de peticiones de Administraciones autonómicas, que pese a reconocer que no se producen impactos significativos sobre la Red Natura 2000, consideran adecuado establecer compensaciones.

En otros casos se aplican compensaciones por afección a recursos singulares como hábitats o especies, aunque se sitúen fuera de la Red Natura 2000, una práctica muy adecuada. La Comisión Europea ha detectado una pérdida neta de biodiversidad en la Unión, sobre todo por afección a hábitats y especies fuera de

la Red Natura 2000, planteando la conveniencia de extender las compensaciones ambientales más allá de los requerimientos de la Directiva Hábitats.

Sin embargo, el temor a que el planteamiento de una compensación ambiental, sea cual sea su nombre, se asocie a una afección significativa a la Red Natura 2000 está llevando en los últimos años a una menor adopción de este tipo de medidas, incluso en casos donde se afectan hábitats de interés comunitario, incluidos los prioritarios, dentro o fuera de la Red Natura 2000, situaciones en las que sería deseable una compensación para evitar la pérdida neta de biodiversidad. Existe un riesgo de pérdida de biodiversidad por acumulación de pequeños impactos. Aunque los efectos de un proyecto no sean significativos, la suma de sucesivos proyectos puede ir produciendo una gradual pérdida de hábitats. La aplicación de compensaciones con carácter general, fuera del marco del artículo 6.4 de la Directiva Hábitats, podría evitar este efecto indeseable.

En consecuencia, ese recelo que se está asentando en España hacia el concepto de compensación ambiental puede llevar a una tendencia contraria a la existente en el resto del mundo, y a las recomendaciones de la Comisión Europea. La solución a este problema pasa por una regulación, o una explicación clara, de la compensación ambiental, y por que existan posibilidades de compensación fuera de los requisitos del artículo 6.4 de la Directiva 92/43/CEE.

Un segundo aspecto detectado son las diferencias a la hora de aplicar compensaciones ambientales según comunidades autónomas y tipos de proyectos, e incluso entre proyectos similares y en un mismo territorio. Mientras unos proyectos establecen compensaciones por afección a hábitats fuera de la Red Natura 2000, en otros no se compensan aunque sean prioritarios y estén en Natura 2000, por considerar que la afección no es significativa. También las ratios de compensación son variables, incluso para el mismo recurso y tipo de proyecto. Estas disparidades a la hora de aplicar compensaciones, y en la forma de cuantificarlas, están muy condicionadas por lo que indican los estudios de impacto ambiental, las exigencias que pueden establecer las comunidades autónomas, y la presión que ejerzan.

Se plantea un doble riesgo. Si las DIA solo recogen compensaciones ambientales cuando las proponen los estudios de impacto ambiental, los promotores pueden optar por no proponerlas nunca, como de hecho ocurre con algunos promotores y tipos de proyectos. Los estudios de impacto ambiental más rigurosos, donde se plantean compensaciones, pueden ser penalizados, a ojos del promotor, por exigírseles que se cumplan dichas compensaciones.

Por otra parte, existe un riesgo de desequilibrio territorial y sectorial en la política de compensaciones. Territorial, por aplicarse compensaciones de forma más habitual en unas regiones que en otras, y sectorial por ser más estrictos los requisitos para unos tipos de proyectos que para otros, aunque tengan impactos similares. Para una misma región y tipo de afección, en unos casos se ha aplicado

compensación y en otros no. Esto puede llevar a que en lugar de generalizarse la solución deseable, la compensación, se generalice la contraria, no compensar.

Recomendaciones

De las conclusiones del estudio se derivan una serie de recomendaciones generales, para mejorar la aplicación de las compensaciones ambientales:

- Aclarar el concepto de compensación ambiental, diferenciando cuando se aplica de forma preceptiva y cuando no. Se debe evitar la tendencia a limitar las medidas compensatorias al cumplimiento de la Directiva 92/43/CEE . Para evitar confusiones basta con llamar “medidas compensatorias Natura 2000” a las aplicadas en cumplimiento de la Directiva [8].
- Hacer una aplicación más generosa de la compensación ambiental, fuera de las estrictas exigencias de la Directiva 92/43/CEE, para evitar que pequeños impactos residuales, que son acumulativos, terminen por generar una importante pérdida neta de biodiversidad. Un primer paso puede ser la compensación de toda afección a hábitats y especies de interés comunitario.
- Establecer criterios generales sobre cuándo deben aplicarse compensaciones, para evitar desviaciones regionales o sectoriales. Sería deseable que se aplicasen en todas las Administraciones, pero al menos debería haber homogeneidad en la Administración General del Estado.
- Proponer criterios y ratios de compensación, aunque sea de forma flexible y aproximada, para evitar las grandes disparidades que se producen.

Referencias / Bibliografía

- (1) MEMON, A. & P. SKELTON (2004). *The practice of environmental compensation under the Resource Management Act 1991: A comparison with international experience*. Resource Management Law Association of New Zealand <www.rmla.org.nz>
- (2) RUNDCRANTZ, K. & E. SKÄRBÄCK (2003). Environmental compensation in planning: a review of five different countries with major emphasis on the german system. *European Environment* 13: 204-226.
- (3) EPA (2011). *Mitigation Banking Factsheet*. U.S. Environmental Protection Agency. <www.epa.gov/owow/wetlands/facts/fact16.html>
- (4) ENVIRONMENTAL PROTECTION AUTHORITY (2006). *Environmental offsets*. Position Statement 9. <<http://edit.epa.wa.gov.au>> Government of Western Australia.
- (5) MADSEN, B., N. CARROLL & K. MOORE BRANDS (2010). *State of biodiversity markets report: offset and compensation programs worldwide*. <www.ecosystemmarketplace.com>

- (6) COMISIÓN EUROPEA (2000). *Gestión de espacios Natura 2000. Disposiciones del artículo 6 de la Directiva 92/43/CEE sobre hábitats*. Comisión Europea.
- (7) COMISIÓN EUROPEA (2007). *Documento orientativo sobre el apartado 4 del artículo 6 de la "Directiva sobre hábitats" 92/43/CEE. Clarificación de los conceptos de soluciones alternativas, razones imperiosas de interés público de primer orden, medidas compensatorias, coherencia global y dictamen de la Comisión*. Comisión Europea.
- (8) SÁNCHEZ GUISANDEZ, M. (2010). *Medidas compensatorias en el marco de la Directiva Hábitats. Jornadas sobre medidas compensatorias de proyectos de infraestructuras viarias que afectan a la Red Natura 2000*. Gijón 18 y 19 de noviembre de 2010.

LOS PROGRAMAS DE VIGILANCIA AMBIENTAL EN LA EJECUCIÓN DE PROYECTOS DE DESALACIÓN

DELGADO ACOSTA, P., GONZÁLEZ SÁNCHEZ, E.
Aguas de las Cuencas Mediterráneas, S.A. (Acuamed),
pdelgado@acuamed.es , c/ Albasanz, 11, 28037 Madrid

Palabras clave: Desalación, IDAM, desaladora, salmuera, fanerógamas, salinidad.

Resumen

La desalación es un proceso mediante el cual se obtiene agua apta para diferentes tipos de consumo a partir de agua de mar. En las últimas décadas se ha considerado como una posible solución al problema del déficit hídrico en regiones costeras, caracterizadas por un consumo irregular, con una acusada demanda en períodos de baja pluviosidad.

Las plantas desaladoras que Acuamed tiene encomendadas basan su proceso productivo en la tecnología de ósmosis inversa, obteniéndose un agua producto con valores óptimos para su consumo. De este proceso se genera un efluente hipersalino, que retorna al mar con una concentración que casi duplica la salinidad natural de éste.

Para facilitar la dilución en el medio marino de este efluente, los proyectos plantearon su vertido mediante emisario submarino, con un tramo final de bocas difusoras, con inclinación y diámetros diseñados para esta función.

Durante la fase de diseño, este sistema difusor de vertido fue modelizado mediante herramientas de simulación para asegurar la menor afección posible al medio biótico; en concreto, a las praderas de las fanerógamas marinas *Posidonia oceanica* y *Cymodocea nodosa* (hábitat incluidos en la Directiva hábitat 92/43/CEE).

Los proyectos de desalación fueron sometidos al procedimiento de Evaluación de Impacto Ambiental y cuentan con su respectiva Declaración de Impacto Ambiental (DIA) positiva. Estas DIAs recogen las medidas preventivas y correctoras, así como las bases del Programa de Vigilancia Ambiental; además de condiciones específicas establecidas por el Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente.

Con esta comunicación se pretende dar a conocer la experiencia de Acuamed en la ejecución y evaluación de la eficacia de las medidas preventivas y correctoras

y de los Programas de Vigilancia Ambiental (PVA) en el medio marino en sus proyectos de las instalaciones de agua de mar (IDAMs).

Introducción

La desalación en España surgió en los años 60 [1] en las Islas Canarias como una garantía en el suministro de agua en cantidad y calidad suficientes. Estas primeras plantas empleaban el sistema de evaporación para la producción de agua dulce a partir de la del mar, pero esta tecnología se sustituyó a comienzo de los 80 por la ósmosis inversa, incrementándose el número de instalaciones de desalación considerablemente desde ese momento. Actualmente, existen más de 700 plantas desaladoras en España, que producen más de $5,2 \cdot 10^6 \text{ m}^3$ al día y la sitúan en el cuarto país en términos de desalación [2].

Acuamed, como Sociedad Estatal tutelada por el Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente, a la que se le encomendó el diseño, la construcción y la explotación de las obras hidráulicas declaradas de interés general, prioritarias y urgentes por la Ley 11/2005, en las cuencas mediterráneas de España, cuenta con numerosas instalaciones de desalación por ósmosis inversa en el litoral mediterráneo, entre las que se encuentra la desaladora con mayor capacidad de producción de Europa.

El proceso de ósmosis inversa obtiene como producto un agua dulce, apta para su consumo tras su acondicionamiento, y un efluente hipersalino (también conocido comúnmente como "salmuera"). Este efluente se caracteriza por tener una salinidad de unos 68-69 psu (practical salinity units), que es muy superior a la del agua de mar, cuyo valor medio es de 37,5 psu. Su elevada concentración en sales hace que tenga una mayor densidad que la del medio marino receptor y que, por tanto, tienda a irse al fondo. Estas características del efluente pueden suponer un impacto negativo para aquellas especies menos tolerantes a los aumentos de salinidad, como la fanerógama *Posidonia oceanica* o los equinodermos, ambos indicadores de calidad biológica de las masas de agua. Es en este aspecto donde se centran principalmente los esfuerzos por minimizar el impacto negativo de las plantas desaladoras: en la dilución más inmediata del efluente desde su punto de vertido. Para ello, no sólo debe realizarse un control y vigilancia exhaustivos del vertido y del medio marino receptor durante la fase de operación de las instalaciones, si no que es fundamental adoptar las medidas más garantes durante las fases de diseño y construcción.

Material y Métodos

Con el objetivo de reducir el impacto del vertido de las IDAMs en el medio receptor, es necesario ejecutar medidas específicas dependiendo del momento del desarrollo del proyecto. Por eso es necesario diferenciar estas fases:

1) Fase de diseño del proyecto. Evaluación de alternativas y selección de la solución óptima.

De forma global, la magnitud de los impactos ambientales derivados de los proyectos de instalaciones de desalación de agua de mar dependerá de la selección de la ubicación de las plantas, la presencia o ausencia de hábitat protegidos y de especies o catalogadas de especial interés y/o protección, y de las condiciones oceanográficas y físicas del ámbito marino objeto del proyecto [3].

Por eso, es fundamental considerar estos aspectos desde el momento de la concepción del proyecto en sus diferentes alternativas de ubicación. Las IDAMs comprenden las siguientes infraestructuras:

- Obra de captación mediante toma abierta en el mar o con pozos playeros.
- Conducción de inmisario desde la captación hasta la planta. Consta de tramo marino y tramo terrestre.
- Planta desaladora, en la que se realiza el proceso de ósmosis inversa.
- Conducción de emisario, cuyo tramo terrestre conecta la planta desaladora con el tramo submarino para verter el efluente de rechazo del proceso. La conducción marina consta en su tramo final de un sistema de bocas difusoras para facilitar la dilución del vertido en el medio.

En la figura siguiente se muestran los componentes de estas instalaciones.



Figura 1. Esquema de componentes de una IDAM (Desaladora de Águilas, Murcia).

El principal problema en los diseños de proyectos de desalación es que no existe ninguna metodología a seguir para determinar los factores clave a tener en cuenta, los impactos potenciales o para analizar las afecciones al medio cuando se construye y se explota la planta. No obstante, empiezan a encontrarse informes a modo de manual para estos proyectos [4].

De la experiencia en la redacción de proyectos de desalación, puede determinarse qué aspectos requieren ser estudiados y con qué medios, para garantizar el menor impacto ambiental posible:

- 1) Bionomía y espacios naturales protegidos: en primer lugar se analiza la existencia de hábitat catalogados en la Directiva 92/43/CE: "Directiva relativa a la conservación de los hábitats naturales y de la fauna y flora silvestres" y de los Lugares de Importancia Comunitaria de la Red Natura 2000, mediante la revisión de la cartografía disponible.
- 2) Topografía del fondo marino: que será condicionante de la dirección de la pluma de vertido. Se estudia la batimetría de los fondos mediante trabajo de campo (normalmente empleando sonar de barrido lateral), ya que no es fácil disponer de información de detalle de todo el litoral mediterráneo español.
- 3) Clima marino: la dirección y velocidad de las corrientes, así como la determinación de la termoclina facilitará la predicción del comportamiento del vertido. Esta información puede extraerse de bases de datos existentes.
- 4) Modelización numérica del comportamiento del vertido: mediante la aplicación de programas de simulación capaces de prever el comportamiento del chorro del vertido, según las características de éste y el tipo de dispositivo por el cual sale al medio.

Estos estudios se recogen en el Proyecto Informativo de las plantas desaladoras y su Estudio de Impacto Ambiental. Dependiendo de éstos, se diseñan una serie de medidas preventivas y correctoras del impacto previsto -centradas principalmente en la fase de ejecución-, así como un PVA que cubre fundamentalmente la explotación del proyecto. Tanto las medidas como el PVA son recogidos en las resoluciones DIA, siendo los aspectos contemplados más frecuentes:

- Medidas preventivas durante la ejecución de la obra:
 - o Colocación de pantallas antiturbidez.
- Condicionantes en el PVA en medio marino durante la explotación:
 - o Medidores autónomos de salinidad para medición en continuo (10')
 - o Correntímetro.
 - o Medición de calidad del agua (pH, oxígeno disuelto, turbidez, nitratos).
 - o Requisitos de calidad en los puntos de muestreo: umbrales de salinidad respecto a un porcentaje de observaciones en los puntos de control de fanerógamas.

- < 38.5 psu en el 25 % en *P. oceanica* (40 psu en el 5%)
- < 39.5 psu en el 25% para *C. nodosa* (41 psu en el 5%)

- Seguimiento de las praderas de fanerógamas marinas.
- Validación del modelo de predicción de simulación del efluente.
- Inspección del emisario.
- Protocolo de corrección del exceso de salinidad, en caso de superarse los umbrales.

2) Fase de ejecución de la obra

Para poder analizar el efecto sobre el medio que produce la ejecución de la obra marina de los proyectos de desalación, es fundamental realizar una “foto” de su estado antes de producirse la intervención, así como estudiar el medio una vez finalizadas las obras.

Este estudio del “estado cero” del medio marino afectado requiere, para tener una comparación coherente y capaz de dar información de los impactos reales ocurridos, el análisis de los mismos parámetros mediante la misma metodología y en los mismos puntos que aquellos a realizar una vez finalizada la obra.

Por ello, durante esta fase, se llevan a cabo tres estudios del medio: antes, durante y después de la ejecución de la obra -de forma previa al comienzo de la explotación-. El contenido de estos estudios es el siguiente:

- Medición de salinidad en aquellas estaciones donde en fase de explotación se realice un control en continuo con equipos autónomos.
- Medición de la salinidad y temperatura mediante equipos CTD (conductividad, temperatura y profundidad) a lo largo de la columna de agua en una serie de puntos a los que potencialmente puede llegar la pluma hipersalina.
- Medición de las corrientes locales.
- Medición de parámetros bioquímicos de calidad del agua en puntos de control trimestral (pH, oxígeno disuelto, turbidez, nitratos, clorofila a, nitrógeno y fósforo total, etc).
- Sedimentos e infauna en la zona potencial de influencia del vertido
- Evaluación del estado de las praderas de fanerógamas marinas (*Posidonia oceanica*, *Cymodocea nodosa*).

Durante la fase de obras, los principales impactos sobre el medio vendrán derivados de la técnica constructiva empleada. Normalmente, la ejecución de las conducciones requiere la excavación de zanjas y la extracción de material para poder alojar la tubería. Por ello, es fundamental asegurar que los sólidos suspendidos derivados de esta acción quedan lo más confinados posible dentro de la zona de obra. Con este objetivo se emplean las pantallas o cortinas antiturbidez.

Pese a priorizar el trazado de las conducciones fuera de zonas con comunidades marinas de interés (fundamentalmente, aquellas con fanerógamas), en ocasiones por motivos de imperiosa necesidad técnica, se requiere que éstos se sitúen sobre estas especies. En esos casos se maximiza la supervisión de la obra mediante buzos profesionales para asegurar que la afección prevista sea la mínima y se realiza un seguimiento sobre parcelas de las comunidades anexas para evaluar su afección.



Figura 2. Seguimiento de las matas de *Cymodocea nodosa* cercanas a la conducción de emisario (Desaladora de Bajo Almanzora, Almería).

Una vez ejecutada la obra marina, es necesario estudiar el medio con el mismo alcance que el estudio del “estado cero pre-operacional” anterior a la intervención. Haciendo los mismos muestreos que en la fase previa y de ejecución de la obra, se puede realizar un análisis de cuál ha sido la afección real de la obra.

3) Fase de operación

Durante esta fase, los controles sobre el medio marino dan continuidad a los análisis físico-químicos y biológicos realizados en fases anteriores, además de realizar un seguimiento en continuo en la arqueta donde se conforma el vertido final resultante, en las propias plantas desaladoras. El objetivo de este control es asegurar de forma permanente que el efluente no presenta valores superiores de salinidad a los autorizados.

Los estudios que se realizan son:

- Análisis de calidad del agua en una red de puntos potencialmente afectados por el vertido (pH, oxígeno disuelto, carbono orgánico total, nitrógeno total, fósforo total, DBO5, DQO, etc).
- Medición en continuo diezminutal de salinidad en el fondo en una serie de puntos potencialmente afectados por la pluma hipersalina.

- Muestreo semestral de fanerógamas marinas, especialmente, *Posidonia oceanica* (densidad, cobertura, biomasa y superficie foliar, etc) próximas al vertido o potencialmente afectadas por éste.
- Muestreo de los sedimentos en zonas potencialmente afectadas por el vertido

Resultados

La implementación de las medidas preventivas en fase de ejecución de las obras en medio marino de las IDAMs de Acuamed, así como con el desarrollo de los PVA en las fases de ejecución de las obras y de operación de las plantas, se han podido obtener los siguientes resultados destacables:

- La colocación de las pantallas o cortinas antiturbidez especificadas en la DIA resultaron ser efectivas en aquellas zonas protegidas, donde tuvieran posibilidad de anclarse en puntos fijos, con poco oleaje y una velocidad de corrientes baja, como ocurrió en el siguiente ejemplo:



Figura 3. Pantalla conteniendo la turbidez generada en la remoción de tierras (Desaladora de Águilas, Murcia).

En los casos en los que la excavación de la zanja se realizó en mar abierto, las cortinas fueron constantemente descolocadas por la corriente y no evitaron la dispersión de la turbidez en las áreas próximas a la zona de obras.

- Se han realizado analíticas de calidad en numerosos puntos de las aguas receptoras potencialmente afectados por cada vertido, con campañas de muestreo en diferentes estaciones de año para poder tener muestras que cubran posibles variaciones a lo largo del año.
- Respecto a las fanerógamas marinas, tanto *Posidonia oceanica* como *Cymodocea nodosa*, ubicadas en zonas con probabilidad de ser afectadas por los vertidos, han sido caracterizadas mediante el establecimiento de parcelas de control. Con excepción de aquellas praderas afectadas directamente por el trazado de la obra, no se han detectado efectos negativos asociados a la ejecución. En la fase de explotación, en aquellas plantas operativas, no se han observado cambios en la abundancia, estructura, densidad y superficie de las praderas desde que el vertido fue iniciado.
- Los análisis de sedimentos en las áreas de influencia del vertido, así como de las comunidades bentónicas en fase de ejecución de las obras marinas no han mostrado variaciones en comparación con el estado previo a las obras. Asimismo, tampoco se han mostrado cambios en éstos en las plantas operativas.

Discusión y Conclusiones

Por la experiencia de Acuamed en el diseño, ejecución y operación de las IDAMs encomendadas, puede extraerse una serie de conclusiones para la mejora de las DIAs de este tipo de infraestructuras.

En primer lugar, cabe señalar que lo importante para determinar qué afección produce el vertido al medio es la realización de un estudio pre-operacional previo, durante y posterior a las obras de las infraestructuras marinas, con el mismo alcance en todas las fases, para evaluar cómo ha cambiado el medio receptor desde que la desaladora ha entrado en explotación.

Estos estudios podrán servir para analizar cómo el vertido afecta a las comunidades bentónicas marinas, principalmente a las fanerógamas, así como determinar unos umbrales para la salinidad basados en datos reales.

La definición de estos umbrales es una tarea pendiente, ya que los fijados en las DIAs se fundamentaron en investigaciones sobre la tolerancia de las fanerógamas marinas a los aumentos de ésta [5]. Los propios especialistas cuestionan a día de hoy la asunción de determinadas condiciones absolutas en las que se basaron para la definición de estos límites de tolerancia y la falta de consideraciones probabilistas de los escenarios de ocurrencia. Estos objetivos de calidad absolutos son los que se han recogido en todas las DIAs y se toman como referencia actualmente.

Asimismo, la medición en continuo de la salinidad en el medio receptor es una medida establecida ante la incertidumbre en el conocimiento del comportamiento

del vertido hipersalino. No obstante, una vez puestos en marcha los PVAs y con resultados reales de seguimiento, podría valorarse la eficacia de esta medida, que supone un coste importante a los operadores de las plantas y no suministran una información de mayor relevancia a la que podría ofrecer un control con menor frecuencia de medición.

Las DIAs también recogen la realización de analíticas de calidad de agua en el ámbito potencialmente afectado por los vertidos hipersalinos con un amplio espectro de parámetros a medir que difícilmente podrán reflejar una variación debida al vertido. Esto es debido a que muchos de estos parámetros son los definidos por la normativa de gestión de vertidos de aguas depuradas, que requieren la medición de parámetros capaces de detectar cambios asociados a incrementos en la carga orgánica de las masas de agua; aspectos que no se verán modificados por los vertidos hipersalinos.

Como conclusión general, una vez desarrollado un mayor conocimiento en la ejecución y operación de las IDAMs, es el momento de realizar una revisión exhaustiva de los aspectos fijados en las DIAs, que fueron elaboradas en momentos donde el desconocimiento de estas infraestructuras y el principio de precaución dieron lugar a controles ineficaces en cuanto a información y presupuesto.

Referencias / Bibliografía

- (1) Torres, M., 2004, "Avances técnicos en la desalación de agua." *Ambienta* 37, 18-19.
- (2) ICEX, Instituto Español de Comercio Exterior, 2010: <http://www.icex.es/>
- (3) Arconada, B.; Delgado, P.; García, A., (2012). "Minimizing environmental risks on constructing marine pipelines: Aguilas desalination plant", *Desalination and Water Treatment*, vol. 51, pp. 246-261.
- (4) Latteman, S., 2008. "Desalination Resource and Guidance Manual for Environmental Impact Assessments": United Nations Environment Program.
- (5) Sánchez-Lizaso, J.L.; Romero, J.; Ruiz, J.; Gacia, E.; Buceta, J.L.; Invers, O.; Fernández Torquemada, Y.; Mas, J.; Ruiz-Mateo, A. & Manzanera, M., (2008). "Salinity tolerance of the Mediterranean seagrass *Posidonia oceanica*: recommendations to minimize the impact of brine discharges from desalination plants." *Desalination*, ELSEVIER, vol. 221, pp. 602-607.

METODOLOGÍA DE VALORACIÓN CUALITATIVA DE IMPACTOS AMBIENTALES BASADA EN TÉCNICAS DE DECISIÓN MULTICRITERIO

FUENTES BARGUES, JL

Dpto. Proyectos de Ingeniería de la Universidad Politécnica de Valencia

Dpto. Ingeniería Química de la Universidad de Valencia

jofuebar@dpi.upv.es / Valencia

Palabras clave: Valoración Impactos Ambientales, AHP, Press II.

Resumen

La redacción de un Estudio de Impacto Ambiental (EsIA) es la piedra angular del proceso de Evaluación de Impacto Ambiental (EIA). El EsIA debe identificar, caracterizar y describir los impactos ambientales para posteriormente realizar su valoración. Esta valoración, de acuerdo al Reglamento de EIA debe ser realizada cuantitativamente si es posible y sino cualitativamente, detallando los indicadores o parámetros utilizados pero siempre mediante la aplicación de normas, estudios o métodos contrastados de aceptación general.

Las metodologías y los procedimientos de cálculo deben de detallarse en el EsIA y deben permitir jerarquizar los impactos ambientales identificados y valorados con objeto de conocer su importancia relativa y poder así establecer las medidas preventivas y/o correctoras para su eliminación o mitigación.

Se propone una metodología cualitativa para la evaluación de impactos ambientales que permite estimar el grado de importancia de cada uno de ellos y conocer el impacto ambiental del proyecto en su conjunto y poder así comparar con otras alternativas de trazado o emplazamiento analizadas.

Para poder caracterizar el impacto ambiental del proyecto en su conjunto será necesario realizar una ponderación de la importancia de los elementos del medio, o lo que se denomina Unidades de Importancia (UI). Esta ponderación se realizará específicamente para cada proyecto y mediante la consulta a un panel de expertos, utilizando para el cálculo del peso de cada uno de los elementos del medio el método de las jerarquías analíticas (Analytic Hierarchy Process, AHP).

La valoración de cada impacto ambiental y la determinación de las UI de cada uno de los elementos del medio nos permite realizar una caracterización del impacto ambiental global de cada una de las alternativas estudiadas en el EsIA,

y para ello se utilizará una técnica de decisión multicriterio, denominada Pres II Multiexperto desarrollada en la Universidad Politécnica de Valencia.

Introducción

La redacción de un Estudio de Impacto Ambiental (EsIA) es la piedra angular del proceso de Evaluación de Impacto Ambiental (EIA). El EsIA debe identificar, caracterizar y describir los impactos ambientales para posteriormente realizar su valoración. Esta valoración, de acuerdo al Reglamento de EIA debe ser realizada cuantitativamente si es posible y sino cualitativamente, detallando los indicadores o parámetros utilizados pero siempre mediante la aplicación de normas, estudios o métodos contrastados de aceptación general.

El objetivo de esta comunicación es proponer una metodología cualitativa para la evaluación de impactos ambientales que permita estimar el grado de importancia de cada uno de ellos y conocer el impacto ambiental del proyecto en su conjunto y poder así comparar con otras alternativas de trazado o emplazamiento analizadas.

Material y Métodos

La propuesta metodológica que se desarrolla a continuación se estructura en tres fases (Figura 1):

- La fase A, que consiste en la identificación y valoración de los impactos producidos por las acciones del proyecto o proceso sobre los factores ambientales del medio, para cada una de las alternativas planteadas, incluyendo la alternativa cero.
- La fase B, que tiene como objetivo depurar las alternativas hasta conseguir que sean viables desde un punto de vista medioambiental con las medidas preventivas, correctoras y compensatorias necesarias. Para ello se procede a una valoración de los impactos individuales (junto con una escala cromática) y a una valoración global de la agresividad de las acciones.
- La fase C permitirá seleccionar la alternativa más idónea desde el punto de vista medioambiental, justificando la elección mediante el uso de técnicas de decisión multicriterio, tanto en la determinación de la importancia de los factores medioambientales como en la selección de las alternativas.

La determinación de la importancia de cada uno de los factores ambientales de cara a tomar la decisión final sobre la alternativa o el emplazamiento más adecuado se realiza siguiendo las mismas consideraciones que utiliza el método AHP (Analytic Hierarchy Process, Saaty), constru-

yendo lo que se denomina la matriz de ponderación de los criterios de evaluación.

La selección de la alternativa más adecuada se realizará mediante la metodología Pres II Multipexperto, que fue desarrollada en el Departamento de Proyectos de Ingeniería de la Universidad Politécnica de Valencia para la selección y evaluación de proyectos y aplicable a problemas con un conjunto de alternativas discreto y finito y la decisión final tiene que satisfacer una serie de criterios, generalmente en conflicto.

El primer paso de la técnica multicriterio Pres II Multiexperto es construir la matriz de valoración, donde se reflejan los pesos de los criterios (determinados previamente por la técnica AHP) y la valoración del equipo evaluador de cada alternativa i (filas) según cada uno de los criterios j (columnas). También se ha de indicar si se trata de un criterio a maximizar o a minimizar.

El segundo paso es normalizar la matriz, es decir, para cada criterio j , las puntuaciones de cada una de las alternativas i se dividirán por la máxima, obteniendo una matriz con unos valores comprendidos entre 0 y 1.

El tercer paso consiste en la multiplicación de los pesos de cada uno de los criterios j por las puntuaciones normalizadas de cada una de las alternativas i , obteniéndose la Matriz de Ponderación de Valoraciones Normalizadas.

En el cuarto paso se construye la Matriz de Dominación. Se trata de una matriz cuadrada donde en filas y columnas se disponen las alternativas y los valores se obtienen mediante la comparación binaria de una alternativa i_1 con otra alternativa i_2 para cada uno de los criterios j .

El valor de cada elemento de la matriz se obtiene mediante la suma de las diferencias entre los valores correspondientes a aquellos criterios en los que la alternativa i_1 domina a la i_2 . Se entiende que la alternativa i_1 domina a la i_2 para el criterio j , si la diferencia entre el valor de i_1 y el de i_2 es positiva si el criterio es a maximizar o negativa si es a minimizar.

La interpretación de la Matriz de Dominación se realiza del modo siguiente: los valores correspondientes a la fila i representan hasta que punto ésta alternativa domina o se prefiere a cada una de las demás alternativas y los valores correspondientes a la columna i indican hasta que punto esta alternativa es dominada o preferida por las demás alternativas.

$$I_i = \frac{D_i}{d_i} \quad (1)$$

Finalmente se calcula el índice PRES. Para ello previamente se obtienen los valores D_i y d_i para cada una de las alternativas i . D_i se obtiene mediante la suma de los valores de cada una de las filas y este valor representa hasta qué punto la alternativa i domina a todas las demás. d_i se obtiene sumando los valores correspondientes a la columna i y representa hasta qué punto la alternativa i es dominada por todas las demás. El índice PRES (I_i , Ecuación 1) establece la relación entre el grado con que la alternativa i domina a las demás alternativas y el grado con que la alternativa i es dominada por las demás.

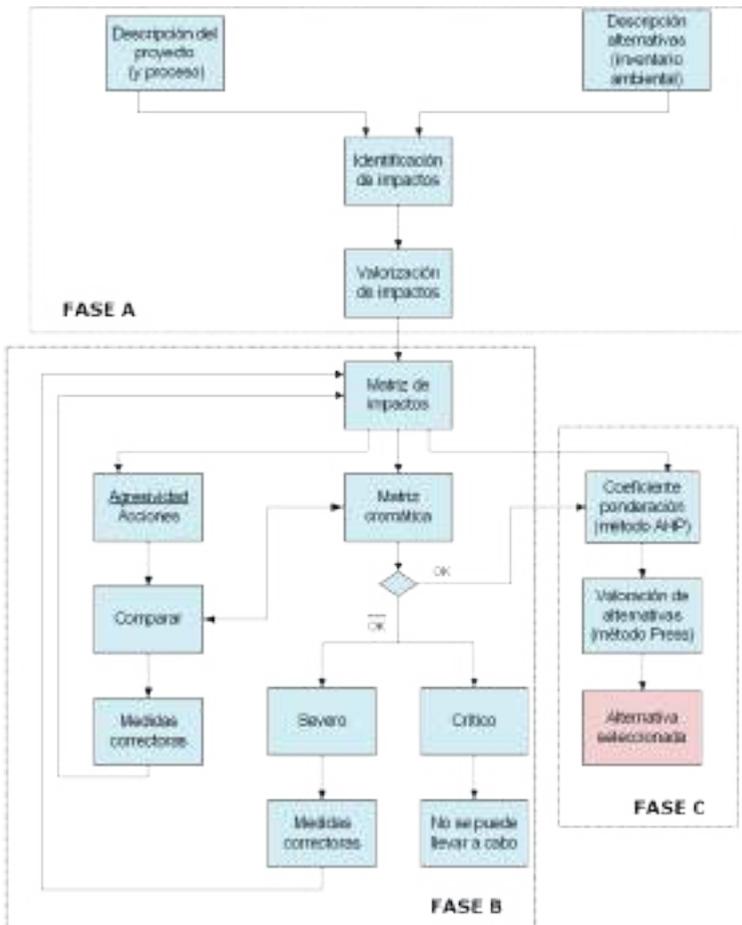


Figura 1. Esquema general de la Metodología

Resultados

Fase A: Identificación y Valoración de Impactos

La identificación y valoración de impactos para cada una de las alternativas se realizará mediante la utilización de técnicas contrastadas. Para la identificación

se utilizarán matrices (Tabla 1) donde las acciones del proyecto se representarán en las columnas y los factores ambientales del medio se representarán en las filas, señalándose las casillas de interacción mediante el símbolo • cuando la acción del proyecto/proceso i sea susceptible de producir impacto en el factor ambiental j.

Tabla 1: Matriz de Identificación de Impactos

Factores Ambientales del Medio	Acciones del Proyecto y/o de la Actividad											
	Fase de construcción				Fase de explotación				Fase de Abandono			
	Acción 1	Acción 2	Acción n	Acción 1	Acción 2	Acción n	Acción 1	Acción 2	Acción n
Factor Ambiental 1												
Factor Ambiental 2												
Factor Ambiental 3												
.....												
.....												
.....												
Factor Ambiental n												
Leyenda • Existe impacto de la acción del proyecto (columna) sobre el factor ambiental (fila). No existe impacto de la acción del proyecto (columna) sobre el factor ambiental (fila).												

Para la valoración de los impactos de cada acción i sobre el factor ambiental j se propone la utilización del algoritmo de Vicente Conesa Fernández-Vitoria, en el cual la Importancia del impacto se determina en función de once atributos (Tabla 2): Naturaleza (±), Intensidad (A), Extensión (B), Momento de aparición (C), Persistencia (D), Reversibilidad (E), Sinergia (F), Acumulación (G), Efecto (H), Periodicidad (J) y Recuperabilidad (K), de acuerdo a la siguiente expresión:

$$I = \pm [3A + 2B + C + D + E + F + G + H + J + K]$$

Tabla 2: Atributos para la Valoración de los Impactos

Naturaleza (±)		Intensidad (A)	
Impacto Beneficioso	+	Baja	1
Impacto Perjudicial	-	Media	2
		Alta	4
		Muy Alta	8
		Total	12
Extensión (B)		Momento (C)	
Puntual	1	Largo Plazo	1
Parcial	2	Medio Plazo	2
Extenso	4	Corto Plazo	3
Total	8	Inmediato	4
Persistencia (D)		Reversibilidad (E)	
Fugaz o Momentáneo	1	Corto plazo	1
Temporal	2	Medio plazo	2
Persistente	3	Largo Plazo	3
Permanente	4	Irreversible	4
Sinergia (F)		Acumulación (G)	
No hay	1	Simple	1
Sinergia Moderada	2	Acumulable	4
Altamente sinérgico	4		
Efecto (H)		Periodicidad (J)	
Indirecto	1	Irregular	1
Directo	4	Periódico	2
		Continuo	4
Recuperabilidad (K)		Importancia (I)	
Inmediata	1	$I = \pm [3A + 2B + C + D + E + F + G + H + J + K]$	
Corto Plazo	2		
Medio Plazo	3		
Mitigable o Largo Plazo	4		
Irrecuperable	8		

Fase B: Depuración de Alternativas

El punto de partida de la fase B será la matriz con las valoraciones de los impactos ambientales realizadas en la fase anterior (Tabla 3). En primer término se realizará una caracterización de los impactos de acuerdo a la clasificación del Reglamento de EIA, distinguiendo entre impactos positivos y negativos. Estos últimos a su vez se graduarán en Compatibles, Moderados, Severos y Críticos. Con objeto de facilitar su identificación y priorizar la propuesta de medidas co-

rectoras y preventivas se completa esta clasificación con una caracterización cromática, de acuerdo a los criterios señalados en la Tabla 4.

Tomando la matriz cromática como base (Tabla 4) se procederá al análisis de los impactos de una manera individual. Si se detectan Impactos Críticos será necesario desechar la alternativa y si se detectan Impactos Severos será necesario proponer medidas correctoras eficaces y de nuevo repetir la evaluación con la medida correctora propuesta.

Además del análisis individual de los impactos, se procederá a un análisis de cada una de las acciones, con objeto de detectar acciones que si bien no generan impactos individuales muy agresivos, su acción acumulada sobre muchos factores ambientales las hace susceptibles de un estudio más pormenorizado, para ello se calcula la Agresividad de las Acciones, como la suma de la importancia de una acción *i* sobre los *n* factores ambientales sobre los que produce impacto.

Tabla 3: Matriz-Resumen de Valoración de Impactos Ambientales

Factores Ambientales del Medio	Acciones del Proyecto y/o de la Actividad									
	Fase de construcción				Fase de explotación				Fase de Abandono	
	Acción 1		Acción 2		Acción 3		Acción 4		Acción 5	
Factor ambiental 1	±	A	±	A	±	A	±	A	±	A
	B	C	B	C	B	C	B	C	B	C
	D	E	D	E	D	E	D	E	D	E
	F	G	F	G	F	G	F	G	F	G
	H	J	H	J	H	J	H	J	H	J
	K	I	K	I	K	I	K	I	K	I
.....	
Factor ambiental n	±	A	±	A	±	A	±	A	±	A
	B	C	B	C	B	C	B	C	B	C
	D	E	D	E	D	E	D	E	D	E
	F	G	F	G	F	G	F	G	F	G
	H	J	H	J	H	J	H	J	H	J
	K	I	K	I	K	I	K	I	K	I

Tabla 4: Matriz Crómica

Factores Ambientales del Medio	Acciones del Proyecto y/o de la Actividad											
	Fase de construcción				Fase de explotación				Fase de Abandono			
	Acción 1	Acción 2	.....	Acción	Acción 1	Acción 2	.....	Acción	Acción 1	Acción 2	.....	Acción
Factor Ambiental 1	Green	Green	Red			Yellow	Green		Green			
Factor Ambiental 2	Yellow	Blue	Green			Green						
Factor Ambiental 3	Green	Blue	Green	Yellow	Blue	Blue	Blue		Green	Red		
.....	Green	Yellow				Green			Yellow	Yellow	Yellow	
.....	Yellow	Red	Blue	Green	Green	Green	Yellow		Yellow		Blue	
.....	Green	Green	Green	Red	Green	Yellow	Yellow	Green	Green	Green	Green	Red
Factor Ambiental n	Yellow	Blue	Green	Yellow	Blue	Green	Green	Green	Black	Green	Yellow	Green
Legenda												
	$I > 0$	Impacto Positivo										
	$-26 \leq I \leq 0$	Impacto Compatible										
	$-45 \leq I < -26$	Impacto Moderado										
	$-70 \leq I < -45$	Impacto Severo										
	$I < -70$	Impacto Crítico										

Este proceso se repite hasta conseguir unas alternativas (con sus correspondientes medidas preventivas) viables desde el punto de vista de impacto ambiental y poder tomar en la última fase del proceso la decisión sobre la alternativa más adecuada mediante la utilización de técnicas de decisión multicriterio.

Fase C: Selección de la Alternativa más adecuada

Esta fase se estructura en dos partes, en primer lugar la determinación de los pesos o importancia relativa de los factores ambientales y en segundo lugar la selección de la alternativa más adecuada.

Determinación de los Pesos W_i

De acuerdo a las prescripciones del método AHP se realizan comparaciones entre los factores ambientales con objeto de que el decisor o el equipo decisor establezca la fuerza de sus preferencias (ver ejemplo en Tabla 5).

El proceso se estructura en dos partes:

- A. Descomponer los criterios y elaborar una jerarquía.
- B. El decisor indica la dominación relativa entre criterios de un mismo nivel jerárquico. Para ello se comparan los criterios i con j y se asignan:
 - Igual importancia (1)
 - Importancia moderada de un elemento sobre otro (3)
 - Importancia fuerte de un elemento sobre otro (5)
 - Importancia muy fuerte de un elemento sobre otro (7)
 - Extrema importancia de un elemento sobre otro (9)

Si el criterio i domina al j con un valor x , entonces $a_{ij}=x$ y $a_{ji}=1/x$; o viceversa.

Tabla 5: Ejemplo de determinación de los pesos o Unidades de Importancia (UI)

	Factor Ambiental 1	Factor Ambiental 2	Factor Ambiental 3	....	Factor Ambiental n	Σ	w (UI)
Factor ambiental 1	1	1/5	1/5	1/3	1/7	1,88	0,032
Factor ambiental 2	5	1	3	7	1/5	16,20	0,274
Factor ambiental 3	5	1/3	1	3	9	18,33	0,310
....	3	1/7	1/3	1	1/5	4,68	0,079
Factor ambiental n	7	5	1/9	5	1	18,11	0,306

Selección de la Alternativa

La selección de la alternativa más adecuada se realizará mediante la metodología Pres II Multipexperto. En primer lugar se construye la Matriz de Valoración (Tabla 6) con los pesos de los criterios determinados previamente, con el objetivo de cada uno de los criterios (maximizar o minimizar) y las valoraciones de cada una de las alternativas para cada uno de los factores ambientales evaluados.

Tabla 6: Matriz de Valoración

	Factor Ambiental 1	Factor Ambiental 2	Factor Ambiental 3	....	Factor Ambiental n
UI	0,032	0,274	0,310	0,079	0,306
Objetivo del criterio	Max	Min	Max	Min	Max
Alternativa 1	10	7	9	7	10
Alternativa 2	8	6	3	5	6
Alternativa 3	5	10	6	4	5

El segundo paso de la metodología PRES consiste en normalizar la matriz (Tabla 7) quedando todas las valoraciones comprendidas entre 0 y 1. En el tercer paso se multiplican los pesos de los factores ambientales por las valoraciones normalizadas, obteniéndose la Matriz de Ponderación de Valoraciones Normalizadas (Tabla 8).

Tabla 7: Matriz Normalizada

	Factor Ambiental 1	Factor Ambiental 2	Factor Ambiental 3	....	Factor Ambiental n
UI	0,032	0,274	0,310	0,079	0,306
Objetivo del criterio	Max	Min	Max	Min	Max
Alternativa 1	1	0,7	1	1	1
Alternativa 2	0,8	0,6	0,33	0,71	0,6
Alternativa 3	0,5	1	0,67	0,57	0,5

Tabla 8: Matriz de Ponderación de Valoraciones Normalizadas

	Factor Ambiental 1	Factor Ambiental 2	Factor Ambiental 3	...	Factor Ambiental n
UI	0,032	0,274	0,310	0,079	0,306
Objetivo del criterio	Max	Min	Max	Min	Max
Alternativa 1	0,032	0,192	0,310	0,079	0,306
Alternativa 2	0,026	0,164	0,103	0,056	0,184
Alternativa 3	0,016	0,274	0,207	0,045	0,153

A continuación se construye la Matriz de Dominación (Tabla 9). La interpretación de los resultados se realiza del siguiente modo: la alternativa 1 domina a la alternativa 2 en 0,335 y es dominada en 0,034 por la alternativa 3.

Tabla 9: Matriz de Dominación

	Alternativa 1	Alternativa 2	Alternativa 3
Alternativa 1	-	0,335	0,355
Alternativa 2	0,050	-	0,150
Alternativa 3	0,034	0,115	-

Tabla 10: Matriz de Cálculo de Índices

	Alternativa 1	Alternativa 2	Alternativa 3	D	I=D/d
Alternativa 1	-	0,335	0,355	0,690	8,23
Alternativa 2	0,050	-	0,150	0,200	0,44
Alternativa 3	0,034	0,115	-	0,148	0,29
d	0,084	0,450	0,504		

Finalmente se calcula el índice PRES (I_i) (Tabla 10). La alternativa con mayor índice es la alternativa dominante y la más adecuada según los factores ambientales seleccionados y el panel de expertos que realiza la evaluación.

Discusión y Conclusiones

La metodología propuesta constituye un método sencillo y de fácil utilización para su aplicación en la elaboración de Estudios de Impacto Ambiental (EsIA).

La fase A (Identificación y Valoración de Impactos) se basa en técnicas contrastadas y de reconocido prestigio, como la de Conesa Fernández-Vitoria.

La fase B caracteriza los impactos ambientales y las acciones más agresivas, con objeto de conseguir alternativas viables medioambientalmente mediante la propuesta de medidas preventivas, correctoras y compensatorias.

La fase C determina la alternativa más adecuada, para ello se calculan las UI de los factores ambientales y/o otros factores que pudieran tener influencia en la toma de decisión, mediante la técnica AHP. La selección de la alternativa se realiza mediante la técnica de decisión multicriterio PRES II Multipexperto.

Esta última fase permite la selección de una alternativa de problemas normalmente complejos y teniendo en cuenta las diferentes opiniones y sensibilidades de paneles de expertos formados por técnicos de diferentes especialidades.

Referencias / Bibliografía

- (1) Aragonés Beltrán, P., Gómez-Senent Martínez, E. Técnicas de Ayuda a la Decisión Multicriterio. Cuaderno de Apuntes. Valencia: Servicio de Publicaciones de la Universidad Politécnica de Valencia, 1997.
- (2) Balaguer Martínez De Castro, B. Estudio del Impacto Ambiental de una planta de recuperación y compostaje en Algimia de Alfara. [Proyecto Final de Carrera]. Dirigido por Jose Luis Fuentes BARGUES. Valencia, Escuela Técnica Superior de Ingenieros Industriales, 2011.
- (3) Conesa Fernández-Vitoria, V. Guía Metodológica para la Evaluación de Impacto Ambiental. Madrid: Ediciones Mundi-Prensa, 2010. 4ª Edición.
- (4) Gómez Orea, D. Evaluación de Impacto Ambiental. Un instrumento preventivo para la gestión ambiental. Madrid: Ediciones Mundi-Prensa, 2003. 2ª Edición.
- (5) Granero Castro, J., et al. Evaluación de Impacto Ambiental. Madrid: Fundación Confemetal, 2010.
- (6) Saaty, T.L. The Analytic Hierarchy Process. Ed. Mc Graw-Hill, 1980.

REPERCUSIONES AMBIENTALES Y TÉCNICAS DE LA APARICIÓN DE IMPACTOS NO DETECTADOS EN EL PROCESO DE EVALUACIÓN

PARRA PRADO, J., GONZÁLEZ SÁNCHEZ, E.
Aguas de las Cuencas Mediterráneas, S.A. (Acuamed),
jparra@acuamed.es , c/ Albasanz, 11, 28037 Madrid Madrid

Palabras clave: Evaluación de impacto ambiental, impactos no detectados, resolución de problemas ambientales en obra.

Resumen

Durante la ejecución de las obras de grandes infraestructuras aparecen impactos no detectados durante el proceso de evaluación, relacionados con cambios normativos de los niveles de protección del territorio o cambios en el propio medio físico sobre el que actuar.

Una de las razones de la aparición de estas afecciones son los largos plazos que transcurren desde el procedimiento de evaluación de impacto al inicio de las obras, si bien existen otras, como desconocimiento por la ausencia de respuestas de las administraciones durante el proceso de consultas previas, la imposibilidad de haber realizado prospecciones detalladas en fase de proyecto o los cambios producidos en área de ocupación de las obras.

Acuamed, como promotor público de grandes infraestructuras hidráulicas en el área mediterránea, tiene una notable experiencia en la gestión en obra de impactos no detectados, los cuales se expondrán durante la comunicación.

Mediante estos ejemplos, se analiza la importancia de los controles ambientales en obra y la incorporación de requerimientos no previstos en el Plan de Vigilancia Ambiental, que más allá de un documento inamovible del proyecto y su tramitación ambiental, debe constituirse como un elemento flexible y abierto a los cambios que las tareas de control ambiental puedan requerir.

Por último la comunicación plantea propuestas destinadas a minimizar la aparición de estos impactos y las repercusiones que la aplicación de nuevas medidas minimizadoras de impacto puedan tener.

Introducción

Aguas de las Cuencas del Mediterráneo (Acuamed) es una Sociedad Estatal tutelada por el Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente

(MAGRAMA), que tiene encomendado el diseño, la construcción y la explotación de las obras hidráulicas declaradas de interés general, prioritarias y urgentes por la Ley 11/2005, de modificación del Plan Hidrológico Nacional (Ley 10/2001),

En desarrollo de esta encomienda, Acuamed ha tramitado más de un centenar de actuaciones para su resolución por la Dirección General de Calidad y Evaluación Ambiental del MAGRAMA.

El departamento de Medio Ambiente de Acuamed es el encargado del seguimiento de todo el proceso de evaluación ambiental de los proyectos y la supervisión y control de la correcta ejecución de las obras, en cumplimiento del Plan de Vigilancia Ambiental y los requerimientos establecidos por las correspondientes autorizaciones ambientales de los mismos (Declaraciones de Impacto Ambiental o Resoluciones de Anexo II).

Esta experiencia ha permitido a Acuamed enfrentarse a la aparición de impactos durante la ejecución de las obras que no habían sido contemplados durante el proceso de evaluación de impacto, debiendo definir nuevas medidas minimizadoras, las cuales incrementan los costes de obra y alargan, en ocasiones, sus plazos de ejecución.

Material y Método

Para realizar un análisis de las causas de la aparición de impactos no detectados en el proceso de evaluación ambiental se debe tener en cuenta el proceso seguido desde el inicio de la tramitación ambiental de un proyecto hasta la ejecución de las obras.

En la siguiente figura se detallan los principales hitos de este proceso



Figura 1. Esquema proceso de tramitación y ejecución de proyectos.

El grado de participación de los diferentes organismos implicados y los plazos requeridos para cada uno de los hitos del proceso permiten determinar algunas de las causas de los desajustes entre los impactos determinados en el proceso y aquellos no detectados.

Causas de la aparición de impactos no contemplados en el proceso de evaluación

- El intervalo de tiempo transcurrido entre la realización del estudio de impacto ambiental y la ejecución de las obras.

Este proceso, que puede prolongarse hasta más de dos años, abre la posibilidad de cambios normativos en los niveles de protección de los territorios o las especies de flora y fauna, nuevas figuras de protección y limitación de usos en el área afectada por las obras. En otros casos, el territorio ha podido sufrir transformaciones que supongan una mejora o deterioro de la calidad del medio.

- Ausencia de respuesta de las Administraciones.

Tanto el trámite de consultas previas como el de información pública requieren la participación de las administraciones afectadas. La falta de respuesta por parte de estas administraciones puede suponer una ausencia de información sobre alguno de los factores ambientales del territorio, niveles de protección, presencia de especies protegidas etc., no teniéndose en cuenta en la valoración de impactos durante la tramitación.

- El nivel de análisis del territorio que requiere el estudio de impacto ambiental.

Las posibles diferencias existentes entre los datos cartográficos y bibliográficos existentes y la realidad del territorio, tanto por las escalas utilizadas como por la validez o tiempo de actualización de la información, unido a la imposibilidad, derivada de los plazos y presupuestos destinados a los estudios de impacto ambiental, de acometer los correspondientes trabajos de campo y de conocimiento del territorio por los redactores del estudio de impacto conlleva diferencias relevantes en el análisis de impactos del proyecto.

- Imposibilidad de ejecución de prospecciones arqueológicas en fase de proyecto.

En el caso de la evaluación de impactos sobre el patrimonio, las prospecciones arqueológicas no pueden realizarse durante la fase de evaluación, por ausencia de titularidad de los terrenos o limitaciones en la normativa autonómica de referencia, utilizándose únicamente información documental, lo cual deriva en ocasiones en la aparición no prevista de elementos arqueológicos en la zona de obras.

La aparición de impactos no detectados durante el procedimiento de evaluación de impacto ambiental por alguna de estas causas presenta repercusiones técnicas, económicas y de prolongación de los plazos de obra debido a la necesidad de implementar medidas minimizadoras que no han sido acordadas con los organismos competentes ni desarrolladas presupuestariamente en el proyecto de construcción, siendo necesaria la obtención de nuevas autorizaciones sectoriales por parte de los organismos autonómicos y, en determinados casos, la necesidad de tramitación y aprobación de proyectos modificados.

Se presentan a continuación diferentes ejemplos de aparición de impactos en fase de obra para su posterior análisis:

Medidas adicionales de protección de la fauna. Obras de laminación y drenaje de la cuenca de la Rambla Gallinera.

Las obras de laminación y drenaje de la cuenca de la Rambla Gallinera, en el municipio de Oliva (Valencia), consistentes en la realización de una presa de laminación y encauzamientos para la prevención de inundaciones en este municipio, ha requerido la aplicación de dos proyectos específicos de medidas protectoras y correctoras de impactos sobre especies de fauna protegida, concretamente sobre un hábitat de galápagos europeo (*Emys orbicularis*) y una pareja de águila perdicera (*Aquila fasciata*).

A) Integración, generación y conexión de los hábitats de galápagos europeo (*Emys orbicularis*)

Problemática: Aparición de una colonia de galápagos europeo en una zona húmeda junto a la desembocadura.

Durante la ejecución de las obras de la desembocadura de la rambla el Servicio de Espacios Protegidos de la Conselleria de Infraestructuras, Territorio y Medio Ambiente de la Generalitat Valenciana comunicó la presencia de un hábitat de galápagos europeo (*Emys orbicularis*) en la zona conocida como el riuet del Gorgs, que había sido detectada durante la realización de un inventario de zonas húmedas en la Comunidad Valenciana.

B) Medidas adicionales para la protección de una pareja de águila perdicera (*Aquila fasciata*)

Problemática: Proximidad de una plataforma de nidificación a la zona de ocupación de la presa

La ocupación para reproducción y cría de la plataforma de nidificación más próxima a la ubicación de la presa por parte de una pareja de águila perdicera al comienzo de las obras de la presa implica la ejecución de medidas

adicionales de seguimiento y protección para minimizar las afecciones a esta pareja.

Aparición de yacimientos arqueológicos. Medidas correctoras. Obras de Control y laminación de avenidas en la cuenca media del río Serpis.

Las obras de control y laminación de avenidas en la cuenca media del río Serpis, ubicadas en varias poblaciones del sur de la provincia de Valencia, conllevan la realización de un azud de laminación, encauzamientos y protecciones de cauce destinadas a la prevención de inundaciones. En una de las áreas de obra, la prospección arqueológica determinó la existencia de hornos de época romana.

Problemática: Aparición de hornos de producción cerámica de época romana

Durante las prospecciones arqueológicas previas a las obras se detectó la presencia en una de las zonas de obra de hornos de época romana de importante valor arqueológico, debiéndose determinar el alcance del yacimiento y documentarlo.

Medidas de protección y conservación de Limonium estevei. Conducción de Carboneras al Valle del Almanzora. Fase I.

Las obras de la Conducción de Carboneras al valle del Almanzora, se ubican en el Levante almeriense, un área de importante valor ambiental por la presencia de especies endémicas y que cuenta con figuras de protección tales como el Lugar de Importancia Comunitaria “Sierra de La Cabrera” o el Parque Natural de Cabo de Gata, entre otros.

Problemática: Presencia de una población de Limonium estevei, endemismo de la zona del Cabo de Gata y catalogado por la UICN como “En Peligro Crítico”

La presencia de esta especie requiere determinar acciones concretas de trasplante y replanteo de trazados en las áreas con presencia de esta especie, al comienzo de las obras.

Resultados

Para asegurar la viabilidad ambiental de la obra y minimizar los efectos no previstos durante la fase de evaluación expuestos en el apartado anterior, desde Acuamed, en coordinación con los servicios autonómicos de gestión y conservación del medio competentes en cada territorio, se definieron medidas correctoras adicionales, las cuales conllevaron un incremento de la partida económica destinada a la integración ambiental.

Las medidas desarrolladas para cada uno de los casos expuestos y su repercusión económica fueron las siguientes:

Medidas adicionales de protección de la fauna. Obras de laminación y drenaje de la cuenca de la Rambla Gallinera.

A) Integración, generación y conexión de los hábitats de galápago europeo (*Emys orbicularis*)

Organismo autonómico implicado:

Servicio de Espacios Protegidos de la Conselleria de Infraestructuras, Territorio y Medio Ambiente de la Generalitat Valenciana.

Medidas aplicadas:

- Determinación del tamaño de la colonia de galápago europeo en el riuet del Gorgs.
- Captura por personal especializado y cuarentena, en instalaciones de la Generalitat Valenciana, hasta finalización de las obras.
- Protección durante las obras de la zona húmeda y adecuación y mejora de las condiciones naturales de ésta.
- Creación de nuevas zonas húmedas, reproduciendo las características naturales del riuet del Gorgs en la margen derecha de la rambla y conexión de ambas áreas para la ampliación del hábitat del galápago europeo.

Incremento del presupuesto medidas minimizadoras de impacto:

El presupuesto de medidas minimizadoras del proyecto original ascendía a un total de 499.219,89 €, que tuvo que ampliarse en un 36%.

B) Medidas adicionales para la protección de una pareja de águila perdicera (*Aquila fasciata*)

Organismo autonómico implicado:

Servicio de Espacios Protegidos de la Conselleria de Infraestructuras, Territorio y Medio Ambiente de la Generalitat Valenciana.

Medidas aplicadas:

- Captura y marcaje con dispositivo GPS de la pareja, con objeto de conocer su área de campeo y definir posibles localizaciones alternativas de nidificación.
- Instalación de plataformas de nidificación alternativas y cebado en esas zonas para potenciar el uso de estas nuevas plataformas.
- Seguimiento GPS de la pareja en el periodo de obra, para conocer en el comportamiento de la pareja y establecer las correspondientes cautelas adicionales en obra.

Incremento del presupuesto medidas minimizadoras de impacto:

El presupuesto de medidas minimizadoras del proyecto original ascendía a un total de 499.219,89 €, requiriendo en este caso un 20% adicional para cubrir el coste de estas medidas.

Aparición de yacimientos arqueológicos. Medidas correctoras. Obras de Control y laminación de avenidas en la cuenca media del río Serpis.

Organismo autonómico implicado:

Dirección General de Patrimonio Cultural de la Conselleria de Educación, Cultura y Deporte de la Generalitat Valenciana.

Medidas aplicadas:

- Realización de catas intensivas en la zona que permitiesen determinar la localización, número y estado de estos hornos de producción cerámica.
- Excavación total de la parcela por medios materiales y manuales, para documentar los elementos arqueológicos presentes.
- Levantamiento fotogramétrico en 3D de los hornos y protección y tapado de aquellos hornos que no se viesen afectados por las obras.

Incremento del presupuesto medidas minimizadoras de impacto:

El presupuesto de medidas minimizadoras del proyecto original ascendía a un total de 901.413, 33 €. El proyecto específico de intervención arqueológica supuso un incremento del 64% a través de la tramitación de un proyecto modificado.

Medidas de protección y conservación de *Limonium estevei*. Conducción de Carboneras al Valle del Almanzora. Fase I.

Organismos autonómicos implicados:

- Servicio de Medio Natural de la Consejería de Medio Ambiente y Ordenación del Territorio de la Junta de Andalucía
- Parque Natural del Cabo de Gata.

Medidas aplicadas:

- Obtención de cartografía específica de la administración autonómica para identificar las áreas con presencia de la especie.
- Propuesta de trazado modificado y comprobación in situ de afecciones mediante una prospección de detalle.
- Trasplante de ejemplares que, tras el replanteo de la traza de la tubería, se viesen afectados.

Incremento del presupuesto medidas minimizadoras de impacto:

Este proyecto contaba con un amplio presupuesto ambiental dada la zona de alto valor natural, no siendo necesario un incremento. Partida AIA: **2.218.156,85** € (Presupuesto obra 35.887.998,5 €).

Discusión y Conclusiones

El análisis de las causas de la aparición de afecciones no consideradas en el proceso de evaluación, unido a la experiencia adquirida por Acuamed para la resolución de esta problemática en el territorio, así como el trabajo directo con los órganos autonómicos competentes en estas materias, permite realizar las siguientes recomendaciones destinadas a reducir estos desajustes, introduciendo mejoras en el procedimiento de evaluación y en las responsabilidades de cada uno de los actores que participan en el proceso seguido hasta la ejecución de la actuación:

- Reducción de los plazos entre la emisión de la Declaración de Impacto Ambiental y la ejecución de las obras, para minimizar los posibles cambios sobre el territorio o de las figuras de protección de éste.
- Exigencia de comprobaciones "in situ" de los datos bibliográficos y cartográficos utilizados en los estudios de impacto ambiental, exigiendo para ello de unos mínimos presupuestarios y de plazos de realización.
- Obligatoriedad de respuesta en consultas previas a las administraciones. Comunicación de cambios en el territorio o la normativa por parte de la Administración en aquellos territorios sobre los que se les haya informado de la existencia de un proyecto en tramitación.
- Mayor coordinación entre Administración Central y Autonómica en todos los aspectos relativos a los procedimientos de evaluación de impacto ambiental y protección del territorio.
- Creación de bases de datos y cartográficas conjuntas con la información de las administraciones central y autonómica, y actualización constante de estas, debiendo ser de uso público y/o restringido para los redactores de los estudios de impacto ambiental.
- Creación de sistemáticas específicas ante la aparición de especies protegidas de flora y fauna. Divulgación de estas sistemáticas por parte de los órganos ambientales competentes.
- Implementación de partidas de contingencias ambientales en los Presupuestos de obra.
- Mayor flexibilidad en los Planes de Vigilancia Ambiental y cambios en las Declaraciones de Impacto Ambiental.
- En proyectos de titularidad pública, Asistencias específicas a la Dirección Ambiental, que permitan la detección temprana de impactos no previstos.

Referencias / Bibliografía

- (1) Resolución de 14 de julio de 2.006, 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 “Obras de laminación y mejora del drenaje de la cuenca de la Rambla Gallinera (Valencia)” BOE nº 224 de 19 de septiembre de 2.006.
- (2) Proyecto Constructivo de la actuación “Obras de laminación y mejora del drenaje de la cuenca de la Rambla Gallinera (Valencia)” promovido por Acuamed. Fecha de aprobación 21 de abril de 2.009.
- (3) LIFE-Trachemys (2012). “*Guía metodológica para la captura y manejo de galápagos*”. Informes LIFE Trachemys nº 8. Conselleria d’Infraestructures, Territori i Medi Ambient. 31 pp.
- (4) Resolución de 22 de diciembre de 2.006, 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 “Control y laminación de avenidas en la cuenca media del río Serpis (Valencia)” BOE nº 23 de 26 de enero de 2.007.
- (5) Proyecto Constructivo de la actuación “Control y laminación de avenidas en la cuenca media del río Serpis (Valencia)” promovido por Acuamed. Fecha de aprobación 7 de noviembre de 2.008.
- (6) Resolución de 13 de febrero de 2.006, 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 “Interconexión Carboneras – Cuevas de Almanzora (Almería)” BOE nº 61 de 13 de marzo de 2.006 de 2.007.
- (7) Proyecto Constructivo de la actuación “Interconexión Carboneras – Cuevas de Almanzora (Almería)” promovido por Acuamed. Fecha de aprobación 25 de mayo de 2.006.

REVISIÓN CRÍTICA DE LOS PROTOCOLOS DE SEGUIMIENTO DE FAUNA EN PARQUE EÓLICOS: SITUACIÓN ACTUAL Y PROPUESTAS DE MEJORA

ALEXIS PUENTE MONTIEL¹; ELOY MONTES CABRERO¹;
JAVIER CORDÓN EZQUERRO¹; JAVIER GRANERO CASTRO¹;
MARÍA SÁNCHEZ ARANGO¹

¹ Área de Medio Ambiente y Sostenibilidad
TAXUS MEDIO AMBIENTE - Santa Susana 5, Bajo A
33007 Oviedo, ASTURIAS
Tel.: 985 24 65 47 – Fax: 984 15 50 60;
Correo electrónico: apuente@taxusmedioambiente.com

Palabras clave

Seguimiento de fauna, mortalidad de fauna, revisión metodológica, parques eólicos, aerogeneradores, aves, quirópteros, murciélagos.

Resumen

Uno de los mayores impactos ambientales que causan los parques eólicos es la mortalidad de fauna voladora (aves y quirópteros) provocada por los aerogeneradores. Debido a ello, es habitual que la Administración exija la realización de un seguimiento de mortalidad al menos durante los primeros años de funcionamiento de cada parque eólico, así como un estudio previo de la avifauna y quiropterofauna dentro del marco del estudio de impacto ambiental para poder evaluar adecuadamente los previsibles impactos del parque. Sin embargo, la validez y eficacia de los protocolos establecidos para llevar a cabo este seguimiento rara vez es evaluada de forma crítica, por lo que los resultados obtenidos pueden distar bastante de ser representativos de la realidad. La presente comunicación busca realizar una revisión crítica y poner de relieve las mejoras necesarias para optimizar el diseño de los planes de vigilancia ambiental de parques eólicos.

Introducción

Los parques eólicos pueden ocasionar impactos significativos sobre la fauna, principalmente:

- Mortalidad de aves y quirópteros (murciélagos) por los aerogeneradores.
- Mortalidad de fauna terrestre durante las obras de construcción.
- Degradación o pérdida de hábitats.

Distintos autores han realizado estimas de mortalidad que difieren mucho entre sí. Así, SEO (4) calcula que en España mueren, considerando conjuntamente aves y quirópteros, una media de entre 300 y 1000 individuos por aerogenerador y año (una muerte cada 4-15 horas), mientras que en el extremo contrario otro estudio (2) estima 2,11 aves muertas por aerogenerador y año como promedio para la totalidad de Estados Unidos, y señala que la cifra total es bastante menor que las debidas a otras causas antropógenas como choques contra edificios, líneas eléctricas, gatos, automóviles, agrotóxicos y torres de comunicación. En una revisión general de mortalidad de aves en parques eólicos en Europa (13), se indican como cifras para 6 parques eólicos de España $21,2 \pm 22,5$ (4-64) individuos por aerogenerador y año, para 7 de Bélgica $16,0 \pm 15,1$ (1-43), para 6 de Holanda $16,6 \pm 13,1$ (2-34), y para 1 de Reino Unido 1,3. Por su parte, en una revisión para quirópteros en el sur de Europa (7) las cifras para 28 parques eólicos de Portugal son de $2,7 \pm 5,9$ (0-26,3) individuos por aerogenerador y año, para 3 de Francia $39,3 \pm 29,0$ (6,8-62,7) y para 9 de Grecia $14,9 \pm 19,6$ (1,6-13,9).

Las cifras de mortalidad encontradas difieren significativamente entre parques eólicos, lo que subraya la importancia de **no extrapolar valores**. Además, hay que tener en cuenta que lo realmente importante no son tanto las cifras globales de mortalidad sino el **impacto a nivel de las poblaciones de las especies**, pues un pequeño número de muertes puede suponer una grave afección para las especies amenazadas y sensibles.

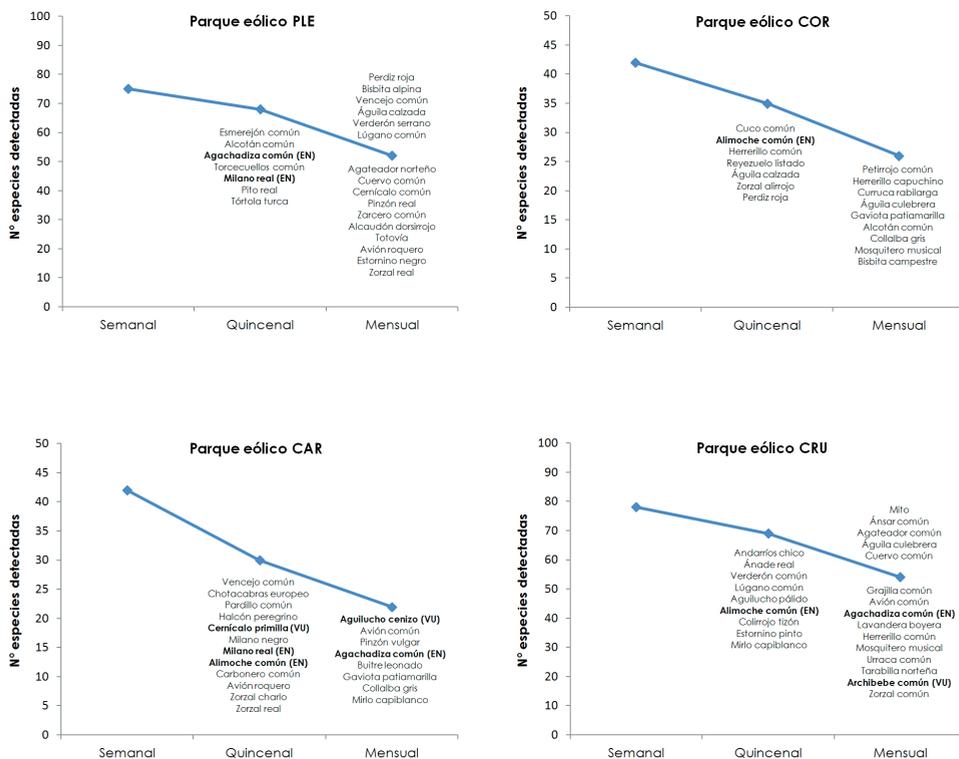
ESTUDIO DE LAS POBLACIONES DE FAUNA

Posibilita la detección y seguimiento de las especies amenazadas y protegidas que puedan verse afectadas, la valoración de los previsibles impactos del parque eólico sobre la fauna en el marco del estudio de impacto ambiental del proyecto, y la evaluación de los impactos provocados durante la fase de funcionamiento.

Periodicidad de los muestreos

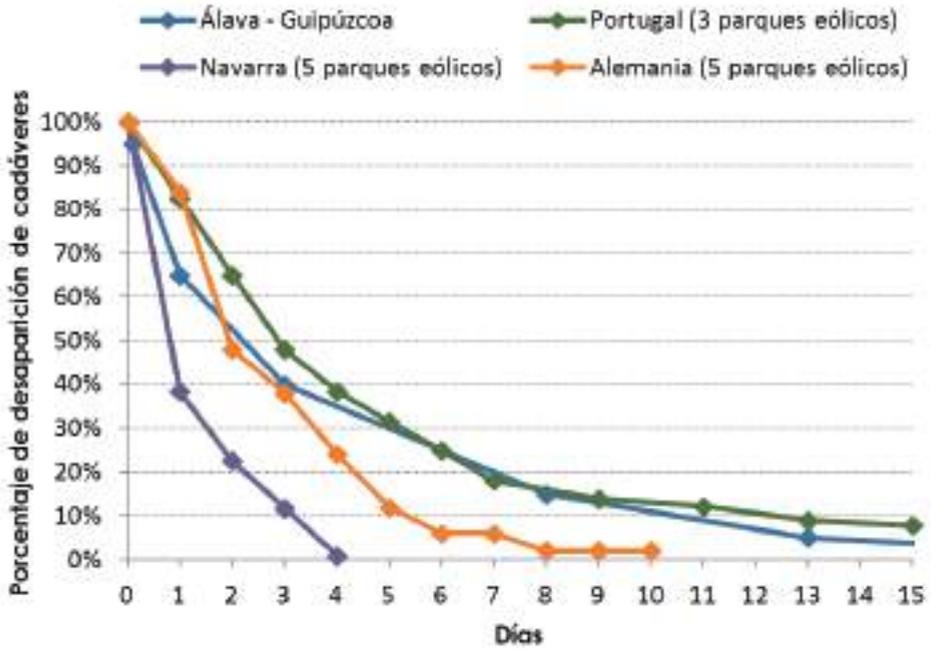
Aunque no es excepcional que sea semanal, frecuentemente la periodicidad de los muestreos es quincenal o mensual. Para valorar su importancia, escogimos cuatro parques eólicos cuyo seguimiento de avifauna fue realizado por TAXUS MEDIO AMBIENTE con periodicidad semanal, y remuestreamos los datos con

periodicidad quincenal y mensual para estudiar las consecuencias de reducir la frecuencia de los muestreos sobre las especies escasas y amenazadas que son precisamente las que pueden verse más gravemente afectadas por la instalación del parque eólico. (Gráficas 1-4)

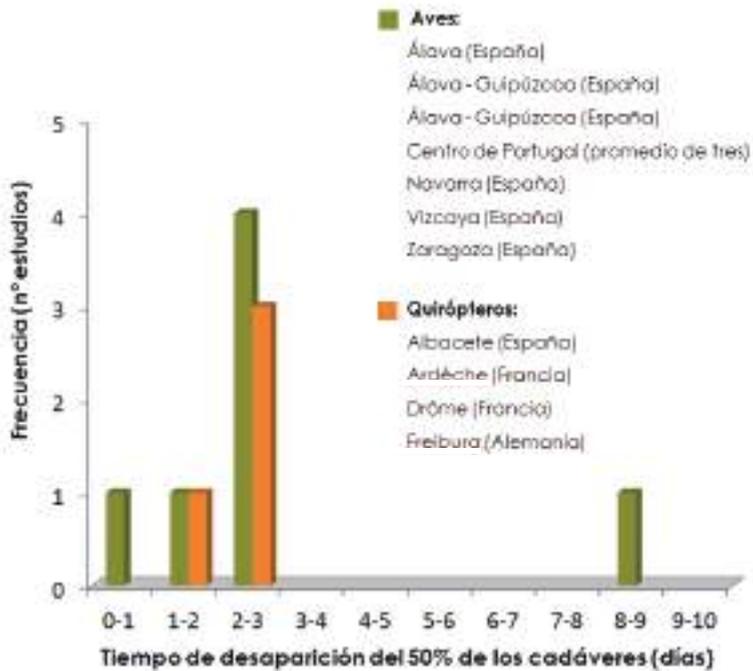


Gráficas 1-4. Resultado de la reducción de la frecuencia de muestreo sobre el número de especies detectadas (se indican las especies que dejarían de detectarse)

Reducir la frecuencia a quincenal supone la desaparición de entre 7 y 12 especies, de las cuales entre 1 y 3 son especies amenazadas de extinción. Por su parte, reducirla a mensual implica la desaparición de entre 8 y 16 especies adicionales más (entre un 31% y 48% respecto al muestreo semanal). Si tenemos en cuenta que la recomendación general para establecer el nivel óptimo de intensidad de muestreo es mediante una curva acumulada de número de especies en relación al esfuerzo de muestreo (en la que se identifica como nivel óptimo aquel a partir del cual la tasa de incremento del número de especies se aproxima asintóticamente a cero), puede concluirse que el **nivel mínimo de esfuerzo de muestreo necesario es al menos semanal**.



Gráfica 5. Porcentaje de desaparición de cadáveres en función del tiempo



Gráfica 6. Tasa de desaparición de cadáveres en diferentes estudios

Calidad de los datos

Para tener datos de calidad, es imprescindible que el trabajo de campo sea realizado por **personas con experiencia** en identificación de cada grupo de fauna, tanto visual como auditiva así como a través de sus rastros y señales de actividad.

Adicionalmente, es importante contar con un **equipo material de calidad** (principalmente ópticas en el caso de las aves y detectores de ultrasonidos en quirópteros).

Zona control

En vistas a poder realizar un análisis pre-post del impacto del parque eólico que evalúe el impacto real de la instalación del parque eólico sobre las poblaciones de fauna mediante la comparación de los datos recopilados durante los estudios previos con los obtenidos durante la fase de funcionamiento, resulta de gran interés establecer **zonas control** (localizaciones próximas con características similares pero en la que no hay prevista ninguna actividad humana que altere sus condiciones).

ESTIMACIÓN DE IMPACTOS PREVISIBLES

La finalidad del procedimiento de evaluación de impacto ambiental es identificar y valorar los impactos ambientales previsibles del futuro parque eólico. En el caso de la avifauna y quiropteroфаuna se busca (entre otros aspectos) estimar la mortalidad esperable del funcionamiento de los aerogeneradores, y puesto que el mecanismo para hacerlo es mediante el uso de **modelos de riesgo de colisión** (pues no existe una relación simple entre abundancia y mortalidad), los trabajos de campo deben estar enfocados en recopilar los datos necesarios para su cálculo. El mayormente usado para estimas de mortalidad es el modelo de *Scottish Natural Heritage* desarrollado principalmente por William Band. Como cualquier modelo de esta naturaleza, los resultados finales son muy sensibles a la calidad de los datos introducidos, y en concreto en este caso las dos variables de mayor peso (3) son: los valores numéricos de tiempo en zona de riesgo para cada especie obtenidos mediante los muestreos de campo, y las “tasas de evasión” usadas para ajustar los resultados brutos del modelo a la realidad. De este último factor, solo existen datos para unas pocas especies, lo que obliga a asumir que puedan ser extrapolados al resto, además de verse su cálculo fuertemente afectado por el primero. Para estandarizar la recogida de datos de campo y evitar los sesgos derivados del uso de diferentes criterios, el propio *Scottish Natural Heritage* ha publicado una guía (11), que establece una metodología basada en puntos de observación con un **esfuerzo de muestreo mínimo de 36 horas para cada punto en cada periodo en el que divide al**

año (reproductor, migraciones, no reproductor), contabilizándose los vuelos en una banda de 200 m a cada lado de la línea de aerogeneradores.

Acerca de la metodología para quirópteros (8), Eurobats (5) señala como **esfuerzo de muestreo mínimo una jornada a la semana** entre el 15 de febrero y el 15 de diciembre con la siguiente duración: las dos primeras horas de la noche para los periodos 15 febrero - 15 o 30 marzo y 1 noviembre - 15 diciembre, y las cuatro primeras horas entre el 15 o 30 de marzo y el 1 de noviembre, aunque 1 día de mayo, 2 días de junio, 2 días de julio, 2 días de agosto, y 2 días de septiembre sería la noche completa.

Al usar las estimas de mortalidad como criterio para evaluar el impacto ambiental del parque eólico, hay que valorarlo a nivel de la afección a las poblaciones de cada especie (con especial atención a las amenazadas o raras) mediante el empleo de **modelos demográficos** que estimen el impacto de esta nueva causa de mortalidad (análisis de viabilidad poblacional).

Complementariamente al uso de modelos de previsión de colisiones, se recomienda aplicar también **índices de vulnerabilidad espacial** (6, 12).

Mortalidad real

Para poder estimar la mortalidad real de un parque eólico en funcionamiento a partir de los cadáveres encontrados durante el seguimiento ambiental existen varios modelos disponibles ((1), (9)). Todos ellos requieren **estimar experimentalmente** adecuadamente la **eficacia de detección** de cadáveres por los diferentes técnicos y la **tasa de desaparición** de cadáveres en el campo, mediante ensayos de campo consistentes en el empleo de cadáveres de quirópteros y aves silvestres de diferentes tallas (procedentes de muertes en parques eólicos y en carreteras; en su defecto, animales domésticos como ratones, codornices y otras aves de jaula y corral, todos ellos frescos y de color pardo) dispersados aleatoriamente en el entorno de los aerogeneradores. Estos experimentos deben realizarse **con suficiente tamaño muestral** y como **mínimo una vez en cada estación del año** (véase, a modo de ejemplo: (10)). Debido a las grandes diferencias encontradas en ocasiones entre localidades próximas, **no es posible usar los valores obtenidos en parques eólicos próximos.**

El otro factor que afecta de forma fundamental a los resultados de los modelos es la **frecuencia de los muestreos de búsqueda de cadáveres** en el campo. Como resultado de la forma del patrón temporal de desaparición de cadáveres y de la acumulación de incertidumbre asociada, la frecuencia de muestreo debe ser **como mínimo el periodo de tiempo en el que desaparece el 50% de los cadáveres** según los resultados obtenidos en los experimentos de desaparición. De acuerdo a la revisión bibliográfica realizada, este periodo es de **2,89 ±2,35** (0,8-8; n=7) **en aves** y de **2,17 ±0,45** (1,7-2,8; n=4) **en quirópteros.** (Gráfica 5, Gráfica 6)

Referencias / Bibliografía

- (1) *A new method to determine bird and bat fatality at wind energy turbines from carcass searches*. Fränzi Korner-Nievergelt, Pius Korner-Nievergelt, Oliver Behr, Ivo Niermann, Robert Brinkmann, Barbara Hellriegel. *Wildlife Biology*, 17 (4): 350-363 (2011).
- (2) *A summary and comparison of bird mortality from anthropogenic causes with an emphasis on collisions*. Wallace P. Erickson, Gregory D. Johnson, David P. Young Jr. *USDA Forest Service Gen. Tech. Rep. PSW-GTR-191* (2005).
- (3) *Appraisal of Scottish Natural Heritage's wind farm collision risk model and its application*. Dan Chamberlain, Steve Freeman, Mark Rehfish, Tony Fox, Mark Desholm. *British Trust for Ornithology, Research Report No. 401* (2005).
- (4) *Directrices para la evaluación del impacto de los parques eólicos en aves y murciélagos (versión 3.0)*. Juan Carlos Atienza, Isabel Martín Fierro, Octavio Infante, Julieta Valls, Jon Domínguez. *SEO/BirdLife*, version 3.1 web (2012).
- (5) *Guidelines for consideration of bats in wind farm projects*. Luísa Rodrigues, Lothar Bach, Marie-Jo Dubourg Savage, Jane Goodwin, Christine Harbusch. *EUROBATS, Publication Series No. 3* (2008).
- (6) *Impact of terrestrial wind farms on diurnal raptors: developing a spatial vulnerability index and potential vulnerability maps / Impacto de campos eólicos terrestres sobre rapaces diurnas: desarrollo de un índice de vulnerabilidad espacial y mapas de vulnerabilidad potencial*. José C. Noguera, Irene Pérez, Eduardo Mínguez. *Ardeola*, 57(1): 41-53 (2010).
- (7) *Pattern of bat fatalities at wind turbines in Europe comparing north and south*. Marie-Jo Dubourg-Savage, Luísa Rodrigues, Helena Santos, Panagiotis Georgiakakis, Elena Papadatou, Lothar Bach, Jens Rydell. *Conference on Wind energy and Wildlife impacts*, Trondheim (Noruega), 2 a 5 de mayo de 2011.
- (8) *Recomendaciones para el seguimiento de murciélagos en la evaluación de impacto ambiental de parques eólicos*. Alexis Puente Montiel. Publicado digitalmente en http://www.barbastella.org/trabajos/recomendaciones_parques_eolicos.pdf (2010).
- (9) *Estimating bird and bat fatality at wind farms: a practical overview of estimators, their assumptions and limitations*. Joana Bernardino, Regina Bispo, Hugo Costa, Miguel Mascarenhas. *New Zealand Journal of Zoology*, 40 (1): 63-74 (2013).
- (10) *Suivi de la mortalité des chiroptères sur deux parcs éoliens du sud de la région Rhône-Alpes*. Julien Cornut, Stéphane Vincent. *LPO Drôme* (2010).

- (11) *Survey methods for use in assessing the impacts of onshore windfarms on bird communities*. Anónimo. *Scottish Natural Heritage* (2010). Disponible en <http://www.snh.gov.uk/planning-and-development/renewable-energy/onshore-wind/bird-collision-risks-guidance>
- (12) *Wind farms and preventive evaluation of impacts on bats: a case study*. Roberto Toffoli, Paola Culasso, Paolo Oberto. *Il Convegno Internazionale Fauna Problematica: Conservazione e Gestione*, Genazzano (Italia), 3 a 5 de febrero de 2011.
- (13) *Wind turbines and birds in Flanders (Belgium). Preliminary summary of the mortality research results*. Joris Everaert, Eckhart Kuijken. *Research Institute for Nature and Forest* (2007).

**BLOQUE VI:
Gestión ambiental
en la industria**



HUELLA DE CARBONO COMO INDICADOR EN EVALUACIÓN AMBIENTAL

JIMÉNEZ RAYADO, A.¹
SOBRINI SAGASETA DE ILURDOZ, I.M.²

¹ ajimenez@icma.es - ² isobrini@icma.es
ICMA - Ingenieros Consultores Medio Ambiente, S.L.
C/ Doctor Ramón Castroviejo 61, 28035-Madrid (Madrid)
Tfno: 91 373 10 00 - Fax: 91 376 85 50

Palabras clave: Huella de Carbono, gases de efecto invernadero, GEI, CO₂, Kyoto, emisiones, PAS 2050; PAS 2060.

Introducción

Desde hace dos décadas los gases de efecto invernadero (GEI) y el cambio climático han sido de los temas más debatidos y controvertidos en las cumbres y convenciones internacionales, desde Kioto a Copenhague (Secretaría Técnica de Medio Ambiente, Medio Rural y Marino, 2009). Los derechos de emisión y el mercado de carbono han enfrentado a países desarrollados entre sí y a éstos con los países en vías de desarrollo (Bernstein et al., 2007). Estos contratiempos no han impedido afrontar la inquietud por los efectos que las emisiones atmosféricas puedan tener a medio y largo plazo en el clima global de nuestro planeta (IPCC, 2011).

Fruto de esta inquietud, se han desarrollado numerosos protocolos y normas internacionales con el objetivo de cuantificar las emisiones de gases a todos los niveles (desde un individuo particular hasta una gran multinacional automovilística con sedes en los diferentes continentes). Paralelamente a los protocolos estándares y normas como Green House Protocol (GHG), ISO 14064 e ISO 14067; Global Reporting Initiative (GRI); Bilan Carbon, y las especificaciones públicas PAS 2050 y PAS 2060 (BSI Department for Business Innovation & Skills, 2008-2011), han proliferado en la red infinidad de herramientas comerciales para la medición de la huella de carbono. La mayoría de estas herramientas tienen en cuenta las emisiones directas (aquellas que la empresa controla) y las emisiones derivadas del consumo de electricidad, combustibles, desplazamiento de los trabajadores, tamaño de la empresa, servicios de logística, residuos generados, etc. (SEMARNAT, 2005).

Se define como huella de carbono a la cantidad total de emisiones de CO₂ y otros gases GEI causados directa o indirectamente por un individuo, organización,

evento o producto a lo largo del ciclo de vida del mismo (ONU, 1998). En la actualidad no es extraño utilizar estas mediciones como herramienta estimativa de la huella ecológica de una organización, generalmente en el marco de un sistema de gestión ambiental (Ministerio de Industria, Turismo y Comercio, 2010)

Objetivos

El objetivo principal de esta comunicación es exponer mediante un ejemplo práctico una sencilla metodología de aplicación en procedimientos de evaluación ambiental para el cálculo de las emisiones de CO₂ directas e indirectas con tres herramientas y utilidades diseñadas al efecto. Se ha tomado como caso real el cálculo de huella de carbono en el Centro Nacional de la Real Federación Española de Golf (CNG).

El cálculo de la huella de carbono sirve como indicador válido en la valoración del impacto asociado a una actividad o proyecto tanto en la fase de construcción como en la de funcionamiento, dentro del ámbito de la evaluación ambiental. Posteriormente la fase de funcionamiento puede ser integrada en un sistema de gestión ambiental (ISO 14001 y EMAS). Además este cálculo permite compensar y reducir las emisiones a través de diferentes programas de medidas (Ghiran A., Mayer A., 2012).

Metodología

El cálculo de la huella de carbono en una organización puede realizarse a partir de los consumos de materia y energía, generación de residuos y a las emisiones directas e indirectas provocadas por la actividad y por los productos o servicios que la empresa genera (SEMARNAT, 2005).

El cálculo de la huella de carbono se puede realizar con numerosas herramientas, programas y aplicaciones informáticas de software libre o de pago. Estas herramientas exigen fijar el alcance del cálculo, es decir, determinar los departamentos y partes de la actividad que podemos controlar. Para ello es preciso generarlos distintos mapas de procesos de la actividad, desde la adquisición de material hasta el producto o servicio final, sin olvidar la generación de los residuos en el proceso. Una vez definido el alcance, se consideran una serie de variables o indicadores relacionadas con el consumo de energía, volumen de la empresa, desplazamientos de los trabajadores, etc.

Para el caso práctico hemos considerado el alcance máximo, con las siguientes variables utilizadas:

- Número de empleados: El número de empleados es el indicador que utiliza la herramienta para estimar el volumen y tamaño de la empresa. Es una variable utilizada para relativizar el aporte a las emisiones de cada trabajador.

- Periodo de cálculo: Las herramientas utilizadas permiten calcular la huella de carbono en diversos periodo de tiempo o ciclos de vida: frecuencia diaria, semanal, mensual, durante varios meses, anual o en periodos de varios años.
- Actividad de la oficina / sede social / edificio / infraestructura. Las variables consideradas en este apartado se relacionan con la actividad desarrollada en el edificio o ubicación de las oficinas. Se trata de parámetros relacionados con el consumo de energía necesaria para el funcionamiento de la empresa (iluminación, pedidos de material, etc.) y el confort de los trabajadores (calefacción, climatización, cocina, etc.). Estos son:
 - Consumo de energía y combustibles
 - Consumo de materias primas.
 - Consumo de agua potable y de riego.
 - Generación de vertidos, como una estimación del agua consumida (90% de la potable).
 - Generación de residuos (peligrosos y no peligrosos) destinados a vertedero / reciclables o reutilizables.
- Transporte de trabajadores de la empresa.

Vuelos

Se deben considerar los desplazamientos por avión que los trabajadores de una empresa han de realizar por motivos laborales. Los parámetros a este respecto son los siguientes:

- Itinerario. Origen-Destino.
- Modalidad del billete: solo ida / ida + vuelta.
- Existencia o no de escalas intermedias.
- Clase: Turista, bussiness, etc.
- Vuelos.

En el caso de los vuelos se puede optar por incluir el efecto conocido como “Forzamiento Radiativo” generado por los aviones que vuelan a gran altitud. Este factor multiplica el efecto de los gases de efecto invernadero en un valor próximo a 1.9 (GRID Arendal, 2003).

Vehículos

El cálculo de la huella de carbono fruto de los desplazamientos con vehículos (turismo/furgoneta/motocicleta/camión) puede realizarse de dos maneras:

- a) A partir de datos específicos de los vehículos disponibles en la empresa:

- Kilometraje total (km), es decir sumando el total de kilómetros por desplazamiento.
 - Modelo de coche y año de fabricación.
 - Eficiencia del coche (litros/100 km).
- b) A partir del consumo total (en litros) de los vehículos de la empresa según el tipo de combustibles (gasolina, diésel, GLP o gas natural comprimido -CNG/LNG-)

Transporte público

Las herramientas deben incluir los desplazamientos realizados por el personal de la empresa en transporte público o transportes alternativos.

El cálculo se realiza considerando el kilometraje total en cada uno de los siguientes tipos de transporte: Autobús, Autocar, Tren Nacional, Tren internacional, Tranvía, Metro, Taxi.

Este análisis podría ampliarse a todas aquellas actividades no directamente realizadas por la empresa, pero inducidas por esta. Por ejemplo, en el caso de actividades de ocio o deportivas, la huella de carbono de los usuarios puede llegar a ser mucho mayor que la de la propia empresa y sus empleados.

El cálculo de la huella de carbono de la actividad o empresa resulta de sumar los valores de todos los parámetros considerados multiplicado por el factor de emisión en cada caso. Dependiendo de la naturaleza de la actividad se podrán considerar unas u otras variables, aquellas que sean fácilmente obtenibles a partir de facturas, albaranes, programas informáticos o aparatos de medida.

Las herramientas utilizadas en los casos prácticos expresan el resultado en toneladas de CO₂ (convirtiendo el resto de emisiones en equivalentes de CO₂ o CO₂eq) y ofrecen una serie de medidas encaminadas a compensar su impacto, además de servir como base de datos para disminuir el valor de las emisiones en años sucesivos. En resultados se comentarán algunas de éstas estrategias.

Resultados

Cálculo de Huella en Centro Nacional de la Real Federación Española de Golf durante el año 2011.

En el caso del Centro Nacional de Golf, el cálculo de la huella de carbono se ha realizado con una herramienta específica para campos de golf (Carbon Calculator de la English Golf Union), que considera variables específicas de este tipo de actividad como pueden ser el consumo de agua de riego y la generación de residuos procedente del mantenimiento del césped. Esta herramienta calcula la huella de carbono tanto para la casa club como para el recorrido de golf y la nave de mantenimiento. No se ha considerado la huella de carbono indirecta

ocasionada por los usuarios, que pasaría ser objeto de un siguiente análisis más en profundidad. Las variables consideradas han sido las siguientes:

- Consumo eléctrico: infraestructuras y sistema de riego.
- Gasóleo C / Propano cocinas.
- Combustibles de la maquinaria de mantenimiento.
- Consumo del agua de riego.
- Consumo de agua potable.
- Vertido (90% con respecto al agua consumida).
- Residuos reciclables / reutilizables.
- Residuos de cocina y alimentos.
- Residuos vegetales (siegas, podas, etc.)

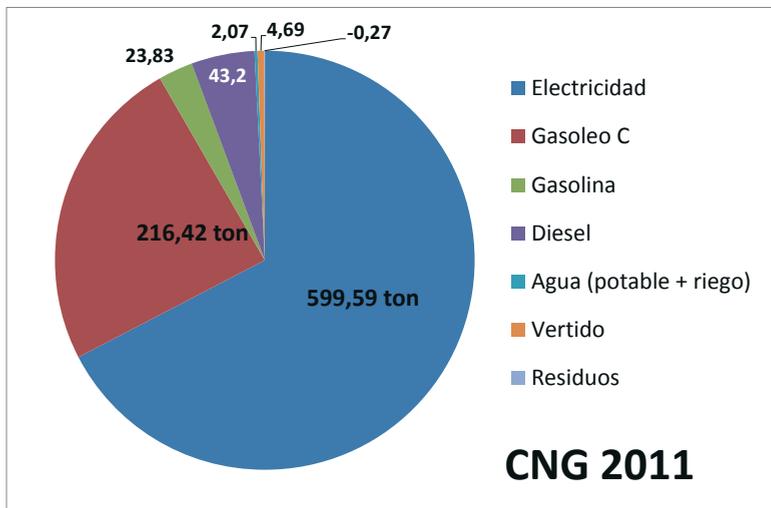


Figura 1. Valores de emisiones calculadas en CNG durante el año 2011.

El cálculo de la huella total (figura 1) es de 889,56 toneladas de CO₂ al año para toda la actividad. Como cabía esperar, la mayor parte (el 67%) se debe al consumo de electricidad (599,59 ton) en la casa club y en el sistema de riego del campo, seguido por el consumo de combustibles de calefacción (246,42 ton) y de la maquinaria de mantenimiento propulsada por gasolina y diésel (67,03 ton).

Con el fin de contrastar estos valores, se decide utilizar también la herramienta de cálculo Carbon Foot Print™ en la casa club ya que las variables son prácticamente las mismas. Los resultados obtenidos con esta herramienta difieren significativamente de los valores arrojados por la anterior herramienta. Mientras que la primera (figura 3) estima la huella originada por el consumo

eléctrico en 242,7 toneladas, la segunda (figura 2) la estima en 348 toneladas para la misma variable.

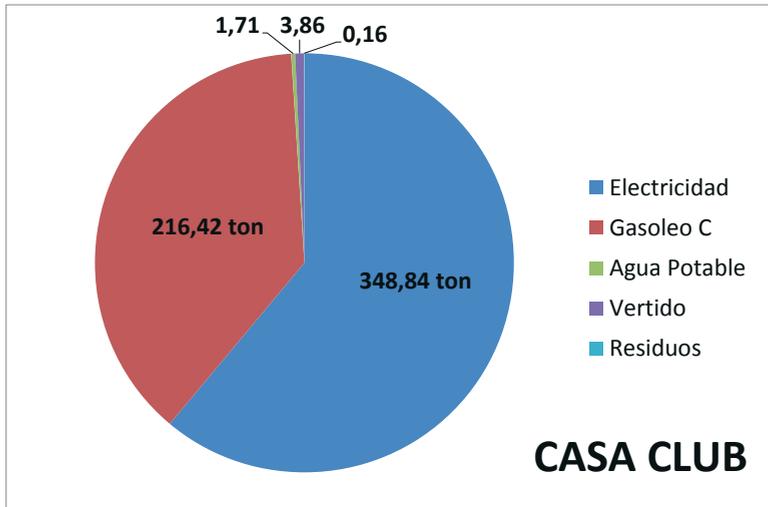


Figura 2. Valores de emisiones calculadas para la casa club con herramienta específica de campos de golf.

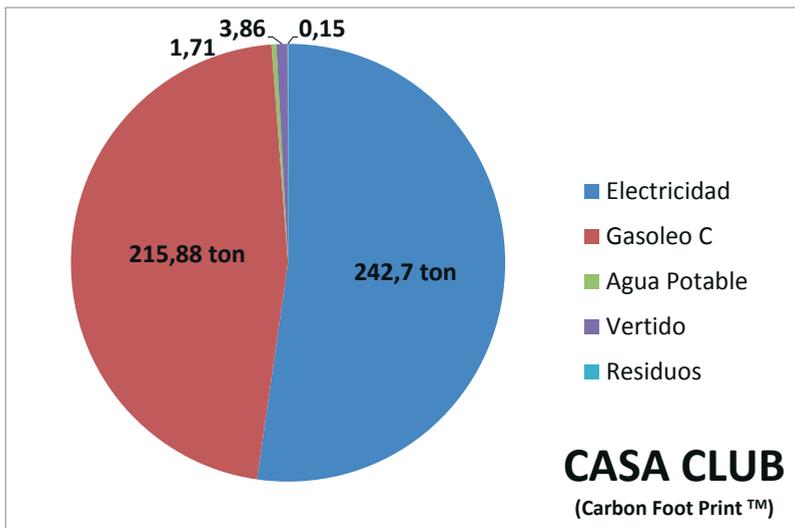


Figura 3. Valores de emisiones calculadas para la casa club con Carbon Foot Print.

En este caso, la huella de carbono se ha aplicado sobre una actividad en curso. Su aplicación sobre actuaciones previstas implicaría el empleo de datos estimados en lugar de datos reales pero siguiendo la misma metodología. El plan de seguimiento que se implementase posteriormente a la evaluación ambiental

posibilitará contrastar los resultados previstos, y controlar la evolución a lo largo del tiempo de este indicador.

Conclusiones

El cálculo de la Huella de Carbono es una herramienta muy útil para hacer una estimación de las emisiones de CO₂ de prácticamente cualquier actividad empresarial, bien como indicador para la evaluación ambiental previa y su seguimiento posterior en el correspondiente plan de vigilancia ambiental. También puede resultar útil como aspecto, factor o variable clave en la implantación de certificaciones ambientales o de calidad, e incluso como base para el desarrollo de políticas empresariales CER encaminadas a reducir progresivamente las emisiones.

Ahora bien, el ejemplo práctico expuesto evidencia que incluso considerando los mismos valores y parámetros (mismo alcance), los valores pueden diferir significativamente dependiendo de la herramienta de cálculo que elijamos aplicar.

Solucionado el problema de la estandarización bajo las últimas protocolos de PAS 2050 y PAS 2060, y fijando el alcance a considerar según la tipología del proyecto, el cálculo de Huella de Carbono podría ser un indicador muy útil en evaluación ambiental de planes, programas, proyectos y actividades todavía no implantados. En el marco de la evaluación, podría aplicarse tanto en la estimación y cuantificación de impactos en la fase de construcción y de funcionamiento, como en el diseño de medidas correctoras y compensatorias bajo los criterios de minimización y compensación.

Referencias / Bibliografía

- (1) Secretaría General Técnica del Ministerio de Medio Ambiente, Medio Rural y Marino, 2009. "Quinta Comunicación Nacional de España. Convención Marco de las Naciones Unidas sobre Cambio Climático". Madrid.
- (2) Bernstein et al., 2007. "Climate Change 2007: Synthesis Report. An Assessment of the Intergovernmental Panel on Climate Change".
- (3) Grupo Intergubernamental de Expertos sobre Cambio Climático (IPCC), 2011. "Informe especial sobre fuentes de energía renovables y mitigación del cambio climático".
- (4) BSI Department for Business Innovation & Skills, 2008. "Guide to PAS 2050. How to assess the carbon footprint of goods and services". UK.
- (5) BSI Department for Business Innovation & Skills, 2011. "PAS 2050: 2011. Specification for the assessment of the life cycle greenhouse gas emissions of goods and services". UK.

- (6) Dirección General Adjunta para Proyectos de Cambio Climático; Subsecretaría de Planeación y Política Ambiental; Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT), 2005. "Protocolo de GEI. Estándar Corporativo de Contabilidad y Reporte (edición revisada)"
- (7) GRID-Arendal, 2003. "Climate Change 2001: Working Group I: The Scientific Basis"
- (8) Organización de Naciones Unidas (ONU), 1998. ; 2010. "Plan de Energías Renovables 2011-2020 Protocolo de Kioto de la Convención marco de las Naciones Unidas Naciones Unidas sobre Cambio Climático"
- (9) Ministerio de Industria, Turismo y Comercio, 2010. "Evaluación Ambiental Estratégica. Documento de inicio". Madrid.
- (10) Ghiran A.; Mayer A., 2012. "The move toward net zero energy buildings. Experiences and lessons from Early Adopters". Johnson Controls. USA. (www.InstituteBE.com).
- (11) <http://www.solidforest.com/>
- (12) <http://www.defra.gov.uk/>.
- (13) <http://www.ghgprotocol.org/>
- (14) <http://archive.englishgolfunion.org.uk/carbon-calc.asp?code=0001000100010036>

IMPORTANCIA DE LOS PLANES DE VIGILANCIA AMBIENTAL DURANTE LA FASE DE CONSTRUCCIÓN EN PARQUES EÓLICOS

PULGAR NORIEGA, A.¹; FERRANDO SÁNCHEZ, M.¹;
GRANERO CASTRO, J.²

¹Área de Consultoría, ²Área Medio Ambiente y Sostenibilidad
TAXUS MEDIO AMBIENTE, Oviedo – Asturias
Tf: 985 24 65 47 – Fax: 984 155 060
e-mail: apulgar@taxusmedioambiente.com

Palabras clave: plan de vigilancia ambiental, parque eólico, trabajos de construcción, incidencia, observación y residuo.

Resumen

Los Planes de Vigilancia Ambiental durante la fase de construcción de parques eólicos, pretenden dar garantía y cumplimiento a las medidas protectoras y correctoras planteadas en los EslA.

Tras haber llevado a cabo vigilancias ambientales durante la fase de construcción en diferentes parques eólicos, se hace cada vez más evidente la necesidad de hacer hincapié en la supervisión ambiental de los trabajos, tanto en el momento de la planificación de éstos, como durante el transcurso de los mismos.

Se viene observando como, en ciertos casos, las medidas preventivas y correctoras planteadas en los EslA, no son efectivas dentro del contexto de la obra debido al dinamismo que ésta tiene, por lo que es necesario llevar a cabo un seguimiento y análisis directo de los efectos previstos y no previstos, facilitando la toma de decisiones rápidas, para evitar así inconvenientes que, a posteriori, no presentan fácil resolución.

Con el fin de apoyar lo anteriormente citado, se expone a continuación un resumen de los sucesos más habituales o reseñables que han ido apareciendo a lo largo de las vigilancias ambientales durante la fase de construcción, de dos parque eólicos en el occidente asturiano, “El Candal” y “El Segredal”, así como una recapitulación sobre los diferentes tipos de residuos que se generan en estas obras.

Introducción

TAXUS, Gestión Ambiental, Ecología y Calidad S.L., asumió la Dirección Ambiental de Obra, llevando a cabo los Planes de Vigilancia Ambiental durante la fase de construcción de los parques eólicos de "El Candal (PE-25)" y "El Segredal (PE-29)". A continuación figuran las características principales de ambos proyectos:

Parque eólico el Candal (PE-25):

Ubicación: concejos de Castropol y Boal.

Tipo de aerogenerador: GAMESA G-80, aerogeneradores de 2.000 kw de potencia unitaria, sobre torres de 67 m de altura y rotor de 80 m de diámetro.

Nº de Aerogeneradores: 19, parque formado por tres ejes (1º: A1-A9, 2º: A10-A11 y 3º: A14-A21).

Nº de Contratas principales: 11.

- Parque: intervinieron un total de 3 empresas, realizando trabajos de obra civil, electromecánicos y montaje e instalación de aerogeneradores.
- Subestación San Fernando: intervinieron un total de 8 empresas, realizando trabajos de obra civil, prefabricado y montaje electromecánico.

Parque eólico el Segredal (PE-29):

Ubicación: concejos de Villayón y Valdés.

Tipo de aerogenerador: GAMESA G-80, aerogeneradores de 2.000 kw de potencia unitaria, sobre torres de 67 m de altura y rotor de 80 m de diámetro.

Nº de aerogeneradores: 18, parque formado por un eje (A1-A18).

Nº de Contratas principales: 13.

- Parque: intervinieron un total de 3 empresas, realizando trabajos de obra civil, electromecánicos y montaje e instalación de aerogeneradores.
- Subestación Panondres: intervinieron un total de 8 empresas, realizando trabajos de obra civil, prefabricado y montaje electromecánico.
- Línea soterrada, subestación Panondres-Apoyo 59: intervinieron un total 2 empresas, realizando trabajos de obra civil y, tendido de cable y terminales.

Material y métodos

El seguimiento durante la fase de construcción se realizó con una periodicidad semanal con el fin de dar cumplimiento a los condicionantes establecidos por las Declaraciones de Impacto Ambiental, comunicando a las partes interesadas los aspectos revisados durante las visitas y sus resultados.

En el alcance de las visitas se incluyen todas las zonas relacionadas con la obra: accesos, aerogeneradores, subestación, zona de casetas y zanja de unión entre alineaciones y/o aerogeneradores, y la vigilancia consistió en:

- *Seguimiento de los trabajos realizados:* durante las visitas a obra, se supervisan todas las actividades ejecutadas, así como los imprevistos y contingencias acaecidos durante la ejecución de las obras, registrándose como Incidencias Ambientales las más significativas y como Observaciones Ambientales las de menor relevancia. Todas las incidencias y observaciones ambientales detectadas en cada visita son registradas en un albarán, que se aporta al Responsable de Medio Ambiente de cada contrata, consensuando acciones y plazos a tener en cuenta para solucionar cada observación.
- *Control de Residuos:* la correcta gestión de la totalidad de los residuos producidos durante la fase de obra es otro de los aspectos controlados durante la vigilancia ambiental.

Resultados

En este apartado se describen y cuantifican las incidencias y observaciones detectadas, así como los residuos generados.

Incidencias y observaciones:

El número total de incidencias detectadas en el P.E el Candal, a lo largo de todo el periodo de duración de los trabajos, fue de 3 y el número de observaciones de 96, en la TABLA 1 se describen y cuantifican estos sucesos y en la FIGURA 1 se incluye una gráfica en donde se ve la relación existente entre el número de incidencias y observaciones detectadas, y el nº de empresas que prestaron servicios en la obra. También, se aportan dos fotografías tomadas a lo largo de la vigilancia ambiental (FIGURA 2).

TABLA 1: Descripción de las incidencias y observaciones sucedidas (P.E el Candal)

Descripción del Suceso		Nº sucesos
INCIDENCIAS	Apeo de pies arbóreos sin contemplar las exigencias reflejadas en la DIA	1
	Retrasos en la instalación de la fosa séptica o baño químico	1
	Accidente con vertido de hormigón(área colindante a la obra)	1
TOTAL		3

Descripción del Suceso		Nº sucesos
OBSERVACIONES	Falta de orden y limpieza en la obra (residuos peligrosos o no peligrosos fuera de los puntos limpios).	21
	Carencias en la documentación entregada (Ej; documentación relativa a residuos, mantenimientos de maquinaria, impartición de formación ambiental, etc.).	17
	Se localizan pequeños derrames de aceite y/o combustible sobre el terreno.	10
	No se segregan correctamente los residuos peligrosos y/o no peligrosos en los puntos limpios.	9
	Comienzan los trabajos y la generación de residuos, antes de que se instalen los puntos limpios.	8
	No se utilizan bandejas para el repostaje de la maquinaria y/o los grupos electrógenos no disponen de cubeto de retención.	6
	Los gestores elegidos para realizar las retiradas de residuos no están autorizados.	5
	No se presentan los albaranes de retiradas de residuos, emitidos por los gestores autorizados.	5
	Las limpiezas de las canaletas de las cubas de hormigón no se realizan en las zonas habilitadas para tal fin.	4
	Los contenedores de los puntos limpios no están debidamente identificados.	3
	El almacenamiento de la capa de tierra vegetal no se está acopiando según las indicaciones establecidas en la DIA.	2
	No se presenta la autorización de captación de agua.	2
	Resulta necesario realizar riegos de viales, debido a la formación de nubes de polvo.	1
	Se realizaron trabajos de riego asfáltico en días de lluvia, produciéndose arrastre de elementos.	1
	Se superaron los 6 meses de almacenamiento de los residuos peligrosos.	1
Se observaron materiales peligrosos sin identificar adecuadamente y sin la correspondiente ficha de seguridad.	1	
TOTAL	96	

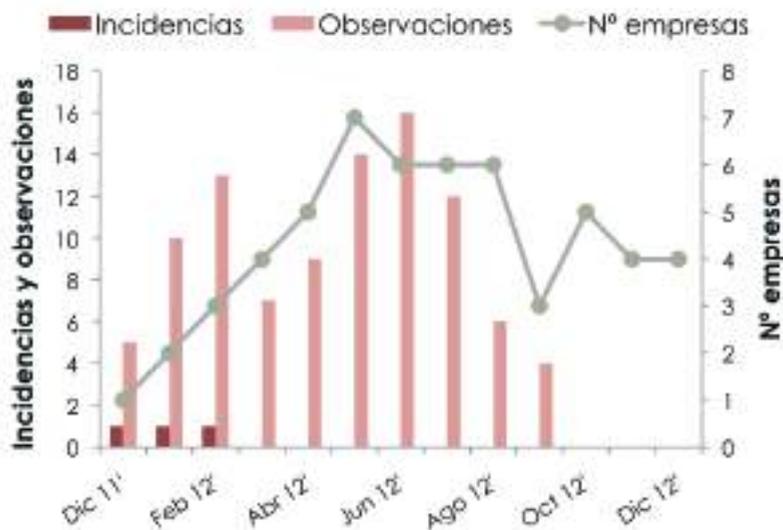


Figura 1. Relación de las incidencias y observaciones en función del nº de empresas (diciembre 2011 – diciembre 2012, P.E el Candal).

PLAN DE VIGILANCIA AMBIENTAL - FASE DE OBRA – (P.E el Candal)

Fotografía 1



Fotografía 2



Figura 2. Fotografías (1 – 2) del P.E el Candal.

En cuanto al P.E el Segredal el número total de incidencias detectadas fue de 1 y el de observaciones de 76, de igual manera en la TABLA 2 se indican los

sucesos y en la FIGURA 3 la relación de estos sucesos con las empresas. Se incluyen fotografías, en la FIGURA 4, de la vigilancia ambiental.

TABLA 2: Descripción de las incidencias y observaciones sucedidas (P.E el Segredal).

Descripción del Suceso		Nº sucesos
INCI.	Las balsas de lavado de canaletas, ubicadas en dos de las plataformas, han sido tapadas sin extraer y gestionar correctamente el residuo del hormigón.	1
TOTAL		1
OBSERVACIONES	Falta de orden y limpieza en la obra (residuos peligrosos o no peligrosos fuera de los puntos limpios).	23
	Carencias en la documentación entregada (Ej; documentación relativa a residuos, mantenimientos de maquinaria, impartición de formación ambiental, etc.).	20
	No se segregan correctamente los residuos peligrosos y/o no peligrosos en los puntos limpios.	7
	Las limpiezas de las canaletas de las cubas de hormigón no se realizan en las zonas habilitadas para tal fin.	6
	No se utilizan bandejas para el repostaje de la maquinaria y/o los grupos electrógenos no disponen de cubeto de retención.	5
	Se localizan pequeños derrames de aceite y/o combustible sobre el terreno.	4
	No se presentan los albaranes de retiradas de residuos, emitidos por los gestores autorizados.	3
	Resulta necesario realizar el riego de viales, debido a la formación de nubes de polvo.	2
	Los contenedores de los puntos limpios no están debidamente identificados.	2
	No se presenta la autorización de captación de agua.	2
	Los gestores elegidos para realizar las retiradas de los residuos no están autorizados.	1
	El almacenamiento de la capa de tierra vegetal no se está acopiando según las indicaciones establecidas en la DIA.	1
TOTAL		76



Figura 3. Relación de las incidencias y observaciones en función del nº de empresas (junio 2012 – enero 2013, P.E el Segredal).

PLAN DE VIGILANCIA AMBIENTAL - FASE DE OBRA – (P.E el Segredal)

Fotografía 3



Fotografía 4



Figura 4. Fotografías (3 – 4) del P.E el Segredal.

Control de Residuos:

Durante las vigilancias se lleva un control exhaustivo de todos los residuos que se generan en obra, así como de su adecuada gestión. La cantidad de residuos

no peligrosos total generada en el P.E el Candal fue de 66,186 toneladas (t) y la cantidad de residuos peligrosos de 1,2771 t. En la TABLA 3 y TABLA 4, se registran, codifican y cuantifican los residuos no peligrosos y peligrosos generados, respectivamente.

TABLA 3: Codificación y cuantificación de los residuos no peligrosos generados (P.E el Candal).

RESIDUOS NO PELIGROSOS		
Residuo	Código LER	Cantidades (toneladas)
RCD + inertes	17 09 04	22,12
RCD limpio	17 01 07	20,59
Residuos industriales tipo I	20 03 01	8,18
Lodos fosa séptica	20 03 04	4,28
Plástico	17 02 03	0,28
Madera	17 02 01	7,16
Chatarra	17 04 07	1,22
Cobre	17 04 01	1,392
Aluminio	17 04 02	0,96
TOTAL		66,182

TABLA 4: Codificación y cuantificación de los residuos peligrosos generados (P.E el Candal).

RESIDUOS PELIGROSOS		
Residuo	Código LER	Cantidades (toneladas)
Envases metál. contaminados	15 01 10*	0,1985
Envases plást. contaminados	15 01 10*	0,907
Envases papel contaminados	15 01 10*	0,053
Absorbentes contaminados	15 02 02*	0,0436
Aerosoles	15 01 11*	0,037
Tierras contaminadas	17 05 03*	0,005
Adhesivo y sellantes	08 04 09*	0,033
TOTAL		1,2771

En cuanto al P.E el Segredal la cantidad total de residuos no peligrosos generada por las diferentes empresas fue de 92,256 t y la cantidad de residuos peligrosos de 0,415 t. De igual manera, en la TABLA 5 (residuos no peligrosos) y en la TABLA 6 (residuos peligrosos), se hace un registro de los mismos.

TABLA 5: Codificación y cuantificación de los residuos no peligrosos generados (P.E el Segredal).

RESIDUOS NO PELIGROSOS		
Residuo	Código LER	Cantidades (toneladas)
RCD + inertes	17 09 04	61,66
RCD limpio	17 01 07	8,34
Residuos industriales tipo I	20 03 01	11,124
Lodos fosa séptica	20 03 04	4,4
Plástico	17 02 03	1,14
Madera	17 02 01	1,76
Papel y cartón	20 01 01	0,46
Chatarra	17 04 07	1,02
Cobre	17 04 01	1,392
Aluminio	17 04 02	0,96
TOTAL		92,256

TABLA 6: Codificación y cuantificación de los residuos peligrosos generados (P.E el Segredal).

RESIDUOS PELIGROSOS		
Residuo	Código LER	Cantidades (toneladas)
Envases metál. contaminados	15 01 10*	0,098
Envases plást. contaminados	15 01 10*	0,042
Absorbentes contaminados	15 02 02*	0,175
Aerosoles	15 01 11*	0,1
TOTAL		0,415

Conclusiones

En conjunto, tras haber realizado la supervisión ambiental a lo largo de todo el periodo de duración de los trabajos, se puede comprobar como el número de observaciones ambientales se incrementa en función del aumento del número de empresas que trabajan en la obra (parque y subestación), así como del volumen de los trabajos; incluyendo trabajos de obra civil, ejecución electromecánica y montaje e instalación de aerogeneradores. Además, se observa cómo las empresas redujeron el número de incidencias a medida que acumulaban experiencia en obra y que las observaciones ambientales más frecuentes, que se repiten un 21,9 y 30,3 %, y un 17,7 y 26,3 % respectivamente, corresponden a la falta de orden y limpieza en la obra y a carencias en la documentación aportada.

Por otro lado, cabe destacar el adecuado control de los residuos realizado, así como su correcta gestión. El total de residuos no peligrosos generado en "El Candal" fue de 66,182 t (3,48 t / aerogenerador) y el de residuos peligrosos de 1,2771 t (0,07 t / aerogenerador), mientras que en "El Segredal" la cantidad de residuos no peligrosos se incrementó a 92,256 t (5,12 t / aerogenerador) y la de residuos peligrosos se redujo a 0,415 t (0,02 t / aerogenerador).

Tras llevar a cabo las vigilancias ambientales durante la fase de construcción de los Parques Eólicos con periodicidad semanal, se evidencia la necesidad de aumentar los recursos en la supervisión ambiental de los trabajos, tanto en su planificación, como durante su transcurso. Por tanto, la presencia permanente en obra de la Dirección Ambiental supondría una mejora significativa en el desempeño ambiental de la obra, facilitando el control directo y la toma de decisiones rápidas, evitando un elevado porcentaje de incidencias ambientales y garantizando el cumplimiento de las medidas preventivas y correctoras planteadas en el EsIA y la DIA.

Referencias / Bibliografía

- (1) BOPA (nº 146 y 238). La resolución de 30 de mayo de 2003, de la Consejería de Medio Ambiente, por la que se formula Declaración de Impacto ambiental sobre el Proyecto de Instalación del Parque Eólico "El Candal (PE-25)", declarada vigente por la resolución de 20 de septiembre de 2011, de la Consejería de Fomento, Ordenación del Territorio y Medio ambiente.
- (2) BOPA (nº 146 y 237). La resolución de 30 de mayo de 2003, de la Consejería de Medio Ambiente, por la que se formula Declaración de Impacto ambiental sobre el Proyecto de Instalación del Parque Eólico "El Segredal (PE-29)", declarada vigente por la resolución de 20 de septiembre de 2011, de la Consejería de Fomento, Ordenación del Territorio y Medio ambiente
- (3) BOE (nº 181). Ley 22/2011, de 28 de julio, de residuos y suelos contaminados.

LA EVALUACIÓN DE IMPACTO AMBIENTAL COMO CRITERIO DE ADJUDICACIÓN DE OBRAS

FUENTES BARGUES, JL

Dpto. Proyectos de Ingeniería de la Universidad Politécnica de Valencia
Dpto. Ingeniería Química de la Universidad de Valencia
jofuebar@dpi.upv.es / Valencia

Palabras clave: Evaluación de Impacto Ambiental, Programa de Actuaciones Medioambientales, Criterios Medioambientales, Contratación pública verde

Resumen

La mayor parte de los proyectos sometidos a Evaluación de Impacto Ambiental son promovidos por la administración o por empresas dependientes de la administración, por lo que su contratación debe regularse de acuerdo a lo establecido en el Texto Refundido de la Ley de Contratos del Sector Público (RDL 3/2011).

La normativa permite a los poderes adjudicadores la selección de los criterios de contratación y la determinación de la importancia de cada uno de ellos, pudiendo utilizarse entre otros los criterios medioambientales.

En la actualidad los criterios medioambientales no son prácticamente utilizados y en caso de utilización, la importancia sobre el global de la licitación es mínima.

Entre los criterios medioambientales utilizados se encuentran aspectos como que la empresa contratista disponga de un sistema de gestión medioambiental (ISO 14.000 o similar), uso de materiales que promuevan el respeto al medio ambiente y en el mejor de los casos se solicita un Programa de Actuaciones Medioambientales (PAM), aunque no se definen ni unas directrices ni unos requisitos mínimos para este documento.

El proceso de Evaluación de Impacto Ambiental (EIA) genera durante todo su proceso una información detallada sobre los principales impactos que el proyecto puede producir o produciría sobre el medio receptor si no se tomaran las pertinentes medidas preventivas y correctoras.

El presente documento propone y desarrolla la utilización como criterio de adjudicación de obras la información resultante del proceso de EIA, es decir que los poderes adjudicadores requieran la elaboración de un PAM que refleje las medidas a adoptar por la empresa contratista durante la ejecución de la obra,

basadas en los requerimientos del Estudio de Impacto Ambiental (EsIA) y a los condicionantes recogidos como consecuencia de los períodos de consultas previas y participación pública en la Declaración de Impacto Ambiental (DIA).

Introducción

La administración pública y las administraciones dependientes de ésta deben utilizar como máxima para la adjudicación de los contratos, los principios de igualdad, transparencia y no discriminación. Para la adjudicación de los contratos, la normativa europea, Directiva 2004/18/CE [1] y su transposición al derecho español y actualmente en vigor, el Texto Refundido de la Ley de Contratos del Sector Público [2] (en adelante TRLCSP) permiten a los poderes adjudicadores la selección de los criterios de contratación y la determinación de la importancia de cada uno de ellos, pudiendo utilizarse tal y como cita el artículo 150 del TRLCSP los criterios medioambientales.

Se define Evaluación de Impacto Ambiental según el Texto Refundido de la Ley de Evaluación de Impacto Ambiental [3] (en adelante TRLEIA) como el conjunto de estudios y análisis técnicos que permiten estimar los efectos que la ejecución de un determinado proyecto pueda causar sobre el medio ambiente, y estarán sometidos a EIA los proyectos que se encuentren en el Anejo I del TRLEIA o por decisión del órgano ambiental aquellos proyectos que se encuentren en el Anejo II o afecten directa o indirectamente a los espacios de la Red Natura 2000.

El hecho es que la mayor parte de los proyectos sometidos finalmente al trámite de Evaluación de Impacto Ambiental son promovidos por la administración o por empresas dependientes de ésta, tal y como se puede observar en la figura 1, construida a base de los publicaciones de las Declaraciones de Impacto Ambiental (DIA's) en el Boletín Oficial del Estado (BOE) desde el año 2000 al año 2012.

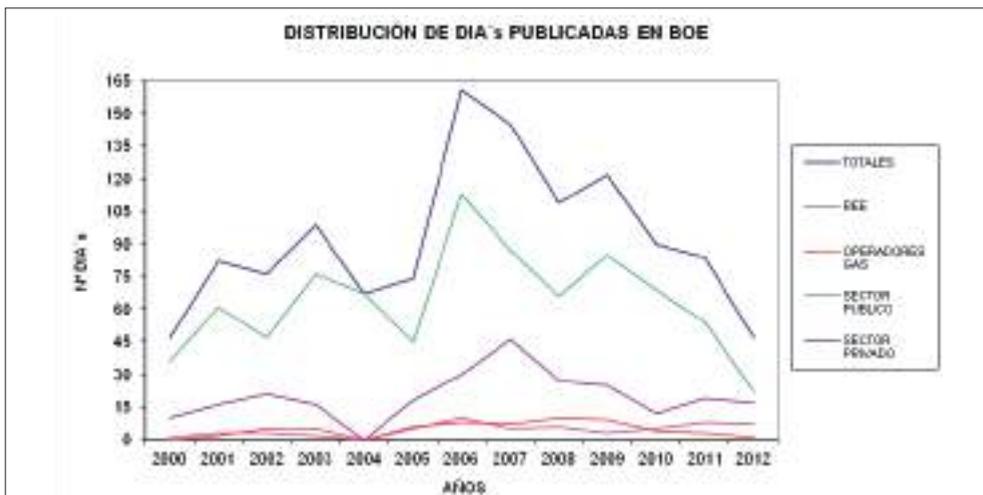


Figura 1. Distribución de Declaraciones de Impacto Ambiental publicadas en BOE (2000-2012).

En líneas generales, los proyectos promovidos por el sector público han supuesto entre el 70-80% de los proyectos sometidos a EIA y con publicación de su DIA en el BOE. Estos datos muestran la relación entre la EIA y el sector público, y cómo la contratación de estos proyectos se realiza de acuerdo a las prescripciones del TRLCSP y obviamente se deberían tener en cuenta los condicionantes medioambientales identificados y evaluados durante el proceso de EIA.

Criterios medioambientales

La normativa de contratación pública europea y española contemplan como criterios de adjudicación los criterios medioambientales cuando el contrato se adjudique mediante varios criterios o a la oferta económicamente más ventajosa.

La Unión Europea acuñó en 2008 [4] el término “Green Public Procurement” o “Contratación Pública Ecológica”, definiéndola como el procedimiento en el que el proceso de contratación se realiza teniendo en cuenta consideraciones medioambientales.

La Contratación Pública Ecológica (CPE) es una contratación inteligente, ya que mejora la eficiencia de la contratación pública y aprovecha el potencial del mercado público para conseguir importantes beneficios medioambientales de carácter local y global. Hay que recordar que aproximadamente el gasto de las autoridades públicas europeas son más de 1.800 millardos de euros en bienes y servicios (entre el 14-16% del PIB).

Pero, ¿qué sucede con la contratación de obras? ¿cómo se introduce el concepto de CPE en las obras de construcción? La Unión Europea estableció una serie de fichas de productos para los diferentes sectores productivos [5]. En el caso de la contratación pública de obras de construcción y sus servicios conexos centra las líneas de actuación en cuatro principales grupos: Eficiencia energética, Materiales de construcción, Gestión de Residuos y Gestión del Agua, realizando propuestas relacionadas con estas líneas de trabajo.

La posibilidad de utilización de aspectos medioambientales en la contratación pública española ha sido contemplada desde hace muchos años. En la Ley 11/1997, de 24 de Abril, de Envases y Residuos de Envases, en su disposición tercera obligaba a las Administraciones Públicas a promover el uso de materiales reutilizables y reciclables en la contratación de obras públicas y suministros. A consecuencia de la citada ley, el Ministerio de Medio Ambiente dictó la Orden de 14 de Octubre de 1997, donde se fijaban los criterios para incluir la valoración ambiental en los pliegos de cláusulas administrativas particulares que regirían en la contratación del Ministerio de Medio Ambiente [6].

La Ley 48/1999 ya introdujo el criterio medioambiental como criterio de adjudicación, si bien inicialmente el objeto medioambiental, de acuerdo con las indicaciones de la Comisión Europea [7], debía suponer una ventaja económica que beneficiara a la administración pública. La sentencia del TJCE de 17 de

Septiembre de 2002, sobre el asunto C-513/99, Concordia/Helsinki, estableció dos postulados sobre los criterios medioambientales, en primer lugar que debían estar directamente relacionados con el objeto del contrato y en segundo lugar que no necesariamente fueran de naturaleza económica o tuvieran una dimensión económica [8].

Otro punto conflictivo sobre los aspectos medioambientales ha sido la inclusión como criterio de adjudicación de la certificación medioambiental ISO 14.000. La Junta Consultiva de Contratación Administrativa indicó que "estar en posesión de la certificación medioambiental ISO 14.000" (y esto se haría extensible a certificaciones similares) debe considerarse como criterio de solvencia y no como un criterio objetivo de adjudicación del contrato [9].

Material y Métodos

En el desarrollo del trabajo de tesis doctoral "Propuesta Metodológica para la determinación del criterio de adjudicación económico en los concursos públicos" [10] se ha abordado el estudio de cien expedientes de contratación pública de obras que reflejaran diferentes características del sector: los subsectores Obra Civil y Edificación; ámbitos locales, provinciales, autonómicos y nacionales; varios criterios de adjudicación donde el precio tuviera un determinado peso; distribución a lo largo del territorio nacional, etc.

El análisis de los pliegos de cláusulas administrativas particulares nos muestra los siguientes aspectos:

- En el 35% de los pliegos estudiados aparece alguna referencia a criterios medioambientales o desarrollo sostenible.
- El peso máximo del criterio medioambiental es de 15 puntos respecto a un total de 100 puntos y el peso medio de los treinta y cinco pliegos donde el criterio medioambiental está presente es de 5,65 puntos sobre cien. El peso más utilizado son 5 puntos en diez ocasiones. No hay tampoco una tendencia que explique el peso del criterio medioambiental respecto del ámbito geográfico, tal y como se comprueba en la figura 2.

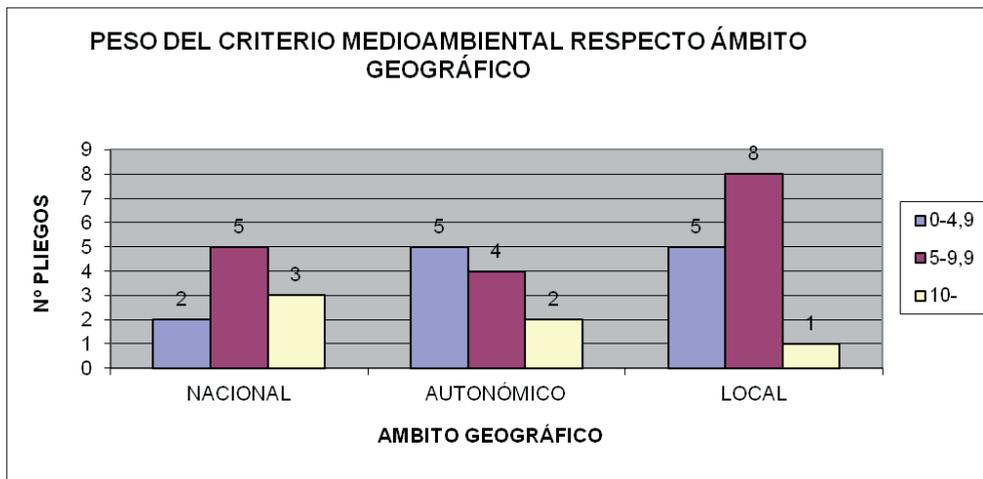


Figura 2. Peso del criterio medioambiental respecto del Ámbito Geográfico.

- No aparecen como criterios de adjudicación la posesión de certificados EMAS o ISO 14.000.
- En lo que respecta a la distribución de los criterios medioambientales respecto al ámbito geográfico, se ha de significar cómo los criterios medioambientales son más utilizados por las administraciones o poderes adjudicadores de ámbito nacional, tal y cómo se muestra en la figura 3. Aproximadamente el 62,5% en la muestra de estudio respecto a valores próximos al 30% para las entidades autonómicas y locales.

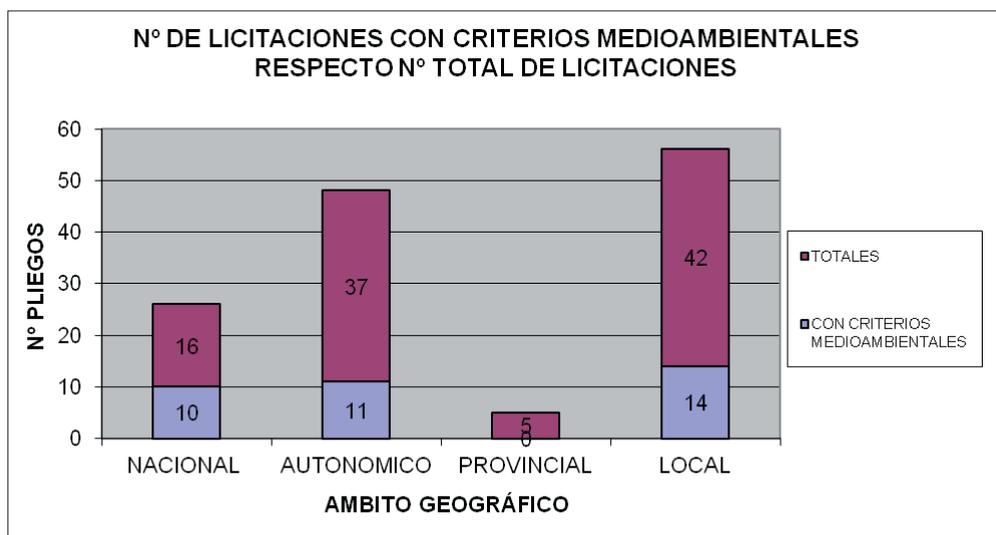


Figura 3. Nº de Licitaciones con criterios medioambientales respecto del Nº Total de Licitaciones.

- En referencia a los dos subsectores: edificación y obra civil, la utilización de los criterios medioambientales es más habitual en proyectos de ingeniería civil (46,81% respecto de los estudiados).

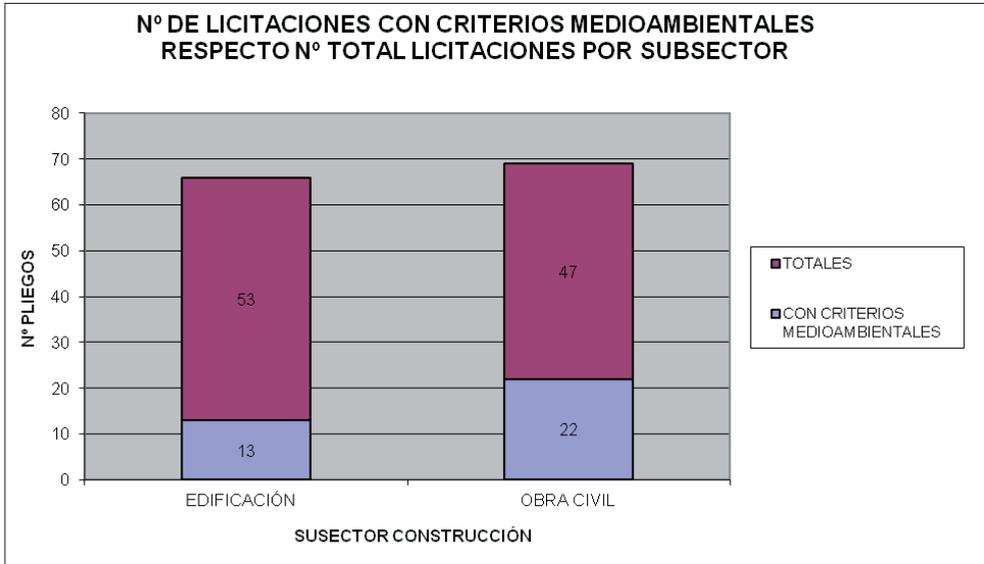


Figura 4. Nº de Licitaciones con criterios medioambientales respecto del Nº Total de Licitaciones por Subsector.

- Si relacionamos el peso de los criterios medioambientales con respecto al subsector, tal y como muestra la figura 5, el criterio medioambiental tiene mayor peso en los proyectos de ingeniería civil que en los proyectos de edificación, donde solo en una de las trece ocasiones el peso ha sido mayor de 10 puntos.

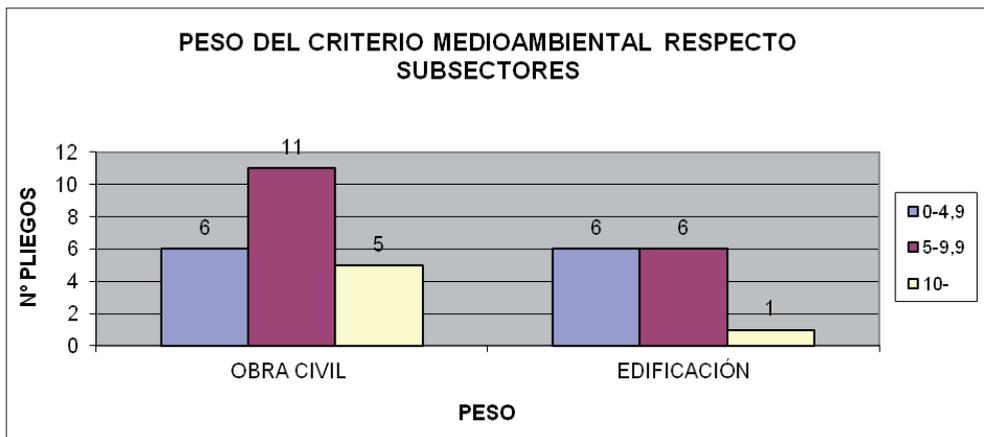


Figura 5. Peso del criterio medioambiental respecto de los Subsectores.

- Un aspecto reseñable en la muestra de estudio son los procedimientos de contratación de las Universidades. Se han estudiado doce casos, apareciendo los criterios medioambientales en ocho (66,67%). En siete de los ocho casos la obra pertenecía al subsector Edificación, teniendo el criterio medioambiental un peso entre 3 y 5 puntos en todas las ocasiones.

Resultados

Programa de Actuaciones Medioambientales

Un Programa de Actuaciones Medioambientales (PAM) es el documento donde se establecen las medidas de organización y gestión durante los trabajos de ejecución de la obra con objeto de reducir los impactos ambientales sobre el medio receptor.

El PAM no debe considerarse únicamente como un documento elaborado durante el proceso de licitación y que una vez adjudicado el proyecto se archiva junto con la documentación del proceso de licitación. El PAM debe ser un documento vinculante que permita a la Dirección Facultativa, y en especial al Director Ambiental de Obra (DAO) o la persona encargada del seguimiento ambiental, realizar un control y seguimiento de las medidas y actuaciones medioambientales. A su vez el PAM tampoco puede ser un documento inamovible sino tiene que mantenerse “vivo” durante todo el proceso de ejecución de la obra y adaptar los sistemas de gestión y las medidas propuestas a las diferentes situaciones y necesidades que se produzcan en el desarrollo de la ejecución de la obra.

La información necesaria para una elaboración de un PAM de una obra debería proceder de cinco grandes fuentes:

- Proyecto Técnico.
- Estudio de Impacto Ambiental.
- Declaración de Impacto Ambiental
- Política Medioambiental y Procedimientos ambientales establecidos por la empresa contratista.
- Pliego de Prescripciones Técnicas y Administrativas para la contratación de las obras.

A continuación se describe un contenido genérico para el Programa de Actuaciones Ambientales, que permita su elaboración tanto para proyectos del subsector obra civil como del subsector edificación.

A. Organización medioambiental de la ejecución del contrato.

Se indicarán los medios técnicos, humanos y materiales destinados a la gestión y control del cumplimiento de todas las medidas medioambientales, incluyendo

su posición en el organigrama y la capacidad de toma de decisiones dentro de la estructura encargada de ejecutar la obra.

Se aboga, asemejando a figuras similares en otras áreas, por la creación del Recurso Medioambiental, Encargado Medioambiental o Jefe Medioambiental de obras.

B.- Gestión del Medio Geofísico.

Se indicarán medidas para minimizar la emisión de residuos y efluentes en casa uno de los sub-medios, y estas medidas serán tanto organizativas como sobre los procedimientos constructivos.

B.1.- Emisiones atmosféricas.

B.2.- Vertidos.

B.3.- Residuos Sólidos.

B.4.- Ruido.

C. Protección del Medio Biótico.

Medidas destinadas a la protección de la fauna o medidas cuyo objetivo sea el de reducir los impactos sobre su hábitat (zonas de paso de fauna inalteradas cada cierta distancia en infraestructuras lineales).

Medidas organizativas de prevención de incendios forestales (zonas de seguridad, programación y control de trabajos peligrosos tales como soldaduras, equipos de intervención rápida, etc.)

D. Medio Perceptual.

Medidas destinadas a la protección del paisaje durante la ejecución de las obras, en especial medidas organizativas como secuenciación y programación de los trabajos, orden y limpieza de los tajos, etc., así como los medios materiales necesarios para minimizar el impacto paisajístico de las obras sobre zonas o puntos singulares, bien sea mediante elementos artificiales (barreras vegetales) o mediante el mantenimiento de los propios elementos originales del paisaje.

E. Medio Socioeconómico.

Medidas destinadas a cumplir las prescripciones sobre el patrimonio histórico, cultural y etnológico que esté afectado o pueda verse afectado en el entorno de la obra.

Se realizarán actuaciones físicas como vallados, señalizaciones, balizamientos, etc., así como medidas de información a los trabajadores de las empresas que desarrollen las obras.

F. Materiales de construcción.

Utilización de materiales con etiquetas ecológicas o distintivos de calidad ambiental, determinando porcentajes mínimos de utilización.

Discusión y Conclusiones

- Los criterios medioambientales pueden ser utilizados como criterios de adjudicación de obras en procedimientos con varios criterios de adjudicación (concursos) si bien su uso es bajo y el peso dentro del cómputo global de la licitación es residual.
- La mayoría de proyectos sometidos a procedimiento de Evaluación de Impacto Ambiental y con su DIA publicada en el BOE son promovidos por organismos públicos o empresas dependientes de éstas, por lo que dentro de los criterios de adjudicación medioambientales deben considerarse las prescripciones indicadas en el Estudio de Impacto Ambiental (Medidas Preventivas, Compensatorias y Correctoras, Plan de Vigilancia Ambiental).
- El Programa de Actuaciones Medioambientales debe reflejar las medidas de organización y gestión a establecer durante los trabajos de ejecución con el objetivo de reducir los impactos ambientales sobre el medio receptor y no debe considerarse únicamente como un documento de contratación, sino debe tener carácter contractual y mantenerse “vivo” durante la ejecución del proyecto.

Referencias / Bibliografía

- (1) Unión Europea. “Directiva 2004/18/CE del Parlamento Europeo y del Consejo, de 31 de Marzo de 2004, sobre coordinación de los procedimientos de adjudicación de los contratos públicos de obras, de suministro y de servicios”. *Diario Oficial de la Unión Europea*, 30 de Abril de 2004, L 134 p.114-240.
- (2) España. “Real Decreto Legislativo 3/2011, de 14 de Noviembre, por el que se aprueba el Texto Refundido de la Ley de Contratos del Sector Público”. *Boletín Oficial del Estado n° 276*, 16 de Noviembre de 2011, p. 117729-117914.
- (3) España. “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 Enero”. *Boletín Oficial del Estado n° 73*, 25 de Marzo de 2010, p. 28590-28597.
- (4) Unión Europea, 2008. Communication from the Commission to the European Parliament, the Council, the European Economic and Social

Committee and the Committee of the Regions on the Sustainable Consumption and Production and Sustainable Industrial Policy Action Plan. Disponible en: <http://ec.europa.eu/environment/eussd/pdf/com_2008_397.pdf>.

- (5) Juego de Herramientas de la Comisión Europea para la formación en CPE. Módulo 3: Recomendaciones de adquisición. Construcción. Disponible en <http://ec.europa.eu/environment/gpp/pdf/toolkit/construction_GPP_product_sheet_es.pdf>.
- (6) Fueyo Bros, M., Rodríguez Prieto, B. "Criterios Objetivos de Adjudicación de Contratos en la Administración Pública." *Contratación Administrativa Práctica*, nº 23, Septiembre 2003.
- (7) Comisión Europea sobre "La contratación Pública en la Unión Europea" 11 de Marzo de 1998.
- (8) Martínez Pallarés, P.L. "Reflexiones sobre la inclusión de aspectos sociales y medioambientales como criterios de adjudicación de los contratos públicos." *Contratación Administrativa Práctica*, nº 18, Marzo 2003.
- (9) Informe 73/04, de 11 de Marzo de 2005 de la Junta Consultiva de Contratación Administrativa. "Los criterios medioambientales en la contratación administrativa. Los certificados ambientales como criterio de solvencia. Improcedencia de los mismos como criterio objetivo de adjudicación".
- (10) Fuentes Bargues, J.L. "Propuesta Metodológica para la determinación del criterio de adjudicación económico en los concursos públicos." [Tesis Doctoral]. Madrid, Departamento de Ingeniería de Construcción y Fabricación de la Universidad Nacional de Educación a Distancia, Febrero de 2013.

**BLOQUE VII:
La evaluación ambiental
en el sector energético**



ANÁLISIS DE LOS RIESGOS ASOCIADOS A LA INSTALACIÓN DE LÍNEAS ELÉCTRICAS AÉREAS, MEDIANTE HERRAMIENTAS SIG

MONTES CABRERO, E. ¹; RODRÍGUEZ GARCÍA, J. ¹; GRANERO CASTRO, J. ¹; SÁNCHEZ ARANGO, M. ¹; PUENTE MONTIEL, A. ¹

¹Área Medio Ambiente y Sostenibilidad, TAXUS MEDIO AMBIENTE, Oviedo – Asturias
Tf: 985 24 65 47 – Fax: 984 155 060
e-mail: emontes@taxusmedioambiente.com

Palabras clave: avifauna, líneas eléctricas aéreas, mortalidad, Sistemas de Información Geográfica (SIG), colisión, electrocución.

Resumen

El análisis de los riesgos de colisión y electrocución que supone la instalación de una línea eléctrica aérea, y su posterior mitigación, en muchos casos se resuelve sin un criterio objetivo. Como consecuencia, estos riesgos son evaluados de forma arbitraria y adolecen de falta de definición sobre las medidas a adoptar para preservar el medio natural.

Ante la necesidad de instalar líneas eléctricas aéreas, el método propuesto tiene una importancia decisiva en el análisis de alternativas, permite reducir los costes derivados de los seguimientos ambientales y optimiza la instalación de medidas contra la colisión y la electrocución de avifauna.

Una correcta aplicación del análisis permite fijar las zonas conflictivas de los tendidos eléctricos aéreos durante su fase de proyecto, seleccionándose las alternativas más adecuadas en función del grado de riesgo que presentan. Además, permite focalizar la aplicación de medidas y el esfuerzo de la vigilancia ambiental durante la explotación de la línea. Junto con el uso de aplicaciones SIG y sobre la base de datos cartográficos contrastados, el proceso se realiza de forma rápida e imparcial. Todo ello forma una herramienta que proporciona una mejora en la eficacia, rapidez y objetividad de la evaluación de los riesgos asociados a la instalación de líneas eléctricas aéreas.

Introducción

La instalación de líneas eléctricas aéreas se hace cada vez más necesaria, a la búsqueda de un sistema energético más seguro y eficiente. Por consiguiente, el diseño de los trazados se postula como una etapa clave sobre los efectos que se podrían ocasionar sobre el medio natural.

En este sentido, a los criterios técnicos se le deben sumar los criterios ambientales a la hora de considerar diferentes alternativas. Estos criterios ambientales se analizan según diferentes variables durante la selección de alternativas, siendo interpretadas por un técnico que finalmente emite una valoración en función de estos condicionantes. En otras palabras, la valoración final se realiza con un alto componente de subjetividad.

El análisis propuesto a continuación, tiene entre sus objetivos el establecimiento de un procedimiento objetivo en la valoración de los riesgos de colisión y electrocución asociados a las líneas eléctricas aéreas. De la misma manera, también permite identificar cuáles son los puntos más conflictivos a lo largo de todo el trazado, lo que permite focalizar los esfuerzos durante los seguimientos ambientales y la instalación de medidas de protección para aves.

Material y Métodos

La aplicación de este análisis consta de una valoración cuantitativa de ciertos factores ambientales considerados como determinantes en los riesgos de colisión y electrocución. La selección de estos factores se ha realizado mediante una exhaustiva revisión bibliográfica [1][2][3][4], valorándose de forma diferente en función de la importancia que presente cada uno de ellos. Los factores seleccionados serían los que se enumeran a continuación:

- *Cauces fluviales*. Los cauces fluviales son un hábitat usado habitualmente por gran cantidad de especies de aves, considerándose su importancia de forma variable en función de la entidad de cada cauce.
- *Zonas de agua de especial interés*. Los hábitats lacustres y marismas son de gran interés para la alimentación y reproducción de muchas aves, especialmente limícolas y anátidas. La gran diversidad de especies que suelen presentar es motivo suficiente para considerar este factor como uno de los más importantes a lo largo de todo el proceso.
- *Líneas de cresta*. Las crestas montañosas son consideradas como zonas con alto riesgo de colisión para aves en vuelo.
- *Tramos de fuerte pendiente*. Otro factor orográfico de peligrosidad para aves en vuelo son tramos de líneas aéreas en los que se atraviesen fuertes pendientes.
- *Hábitats y vegetación*. Los hábitats presentes en el entorno del trazado estudiado se consideran como otro factor de gran importancia. Entre las

variables estudiadas se encuentra la zona de transición entre hábitats forestales y hábitats más rastreros, la cual presenta una alta peligrosidad para las especies que realicen esta transición de forma brusca. Además, se valoran de forma diferente los “efectos borde” de cada hábitat forestal en función de su madurez y características. También se señalan las zonas esteparias como zonas muy susceptibles a la presencia de líneas eléctricas por diversas razones: gran diversidad de especies de aves, muchas de ellas presentan gran protección; abundancia de especies rapaces planeadoras que hacen uso de este hábitat como zona de caza, abundancia de especies de vuelo pesado que hacen uso de las zonas esteparias para alimentarse y nidificar.

- *Espacios naturales protegidos.* Todo espacio natural catalogado como ZEPA (Zona de Especial Protección para Aves) o LIC (Lugar de Importancia Comunitaria) se considera como sensible a la instalación de líneas eléctricas aéreas. Dentro de la valoración también se han considerado, en menor medida, las IBAs (Áreas Importantes para Aves).
- *Áreas de distribución de especies protegidas.* En casos de especies que presentan un alto grado de protección y su población se encuentra gravemente amenazada, se han definido áreas importantes para su conservación. Dependiendo del tipo de área que se defina (dispersión, distribución y, nidificación), su importancia se valora de forma diferente.
- *Nidos y parejas reproductoras de rapaces y/o otras aves.* Además de la definición de las áreas de distribución en especies protegidas, los nidos de parejas reproductoras suelen estar localizados y cartografiados. Alrededor de estos puntos se establecen tres tipos de áreas, enumeradas de mayor a menor sensibilidad: un primer área de nidificación, que abarcan las zonas dónde las molestias directas pueden ocasionar fallos en la reproducción de la pareja; un área de campeo prioritaria, consta de la zona más inmediata y que presentará una alta frecuencia de uso por la pareja; y el área de campeo máxima [5][6][7].

A lo largo de todo el proceso, este método utiliza como soporte cualquier tipo de software GIS (Sistema de Información Geográfica) gracias a su sencillez de aplicación. Consta, además, de dos fases:

Recopilación de información cartográfica

Se realiza una recopilación de la información cartográfica disponible para cada uno de los factores ambientales, en un radio de 2 km en torno al trazado estudiado. La mayor parte de estos datos provienen de la propia administración y, por tanto, son de carácter público y oficial. La información se obtiene en formato vectorial para posteriormente ser modificada en formato *raster*. Esto conlleva una valoración de dichos factores, dando lugar a la segunda fase.

Valoración de los factores ambientales e integración en formato *raster*

La valoración de los factores ambientales se detalla en la siguiente tabla, incluyéndose su ponderación de importancia y el radio de afección considerado para cada uno de ellos.

Tabla 1. Valoración de los factores ambientales considerados

VALORACIÓN DE FACTORES AMBIENTALES			
FACTOR	Parámetro	Valoración	Buffer
Cauces fluviales	Ejes principales/Tramos bajos	5	150 m
	Ríos de llanura/Tramos medios	3	100 m
	Ríos de montaña/Tramos altos	1	50 m
Zonas de agua de especial interés	Lagunas/Charcas/Lagos	5	250 m
	Rías/Marismas	5	250 m
	Embalses/Pantanos	1	100 m
Líneas de cresta	Crestas montañosas	1	50 m
Pendientes	Superior al 75%	4	-
	Entre el 50% y el 75%	1	-
Hábitats y vegetación ^(*) <i>(*)Este factor es corregido por las especies presentes en el área según la Tabla 3.</i>	Masas forestales autóctonas maduras	4	25 m
	Masas forestales autóctonas	2	25 m
	Plantaciones	1	25 m
	Zonas esteparias	5	250 m
Espacios naturales protegidos	Zona de Especial Protección para Aves (ZEPAs)	8	-
	Lugar de Importancia Comunitaria (LICs)	7	-
	Área de Importancia para Aves (IBAs)	2	-
Áreas de distribución de especies protegidas	Áreas críticas o de nidificación	8	
	Áreas de distribución	5	-
	Áreas potenciales de dispersión	1	-
Nidos y parejas reproductoras de rapaces	Tramos incluidos dentro de áreas de nidificación	5	Específico
	Tramos incluidos dentro de área de campeo prioritaria (50% área máxima de campeo)	2	Específico
	Tramos incluidos en área de campeo máxima	1	Específico

El factor ambiental "*Hábitats y Vegetación*" se corrige a su vez según la presencia o no en el área de las siguientes especies, consideradas como las más susceptibles frente a la presencia de líneas eléctricas aéreas.

Tabla 2. Corrección por especies sensibles presentes en el área

CORRECCIÓN POR PRESENCIA DE ESPECIES SENSIBLES	Incremento	Hábitat afectado
• Avutarda (<i>Otis tarda</i>)	+3	Zonas esteparias
• Águila Imperial Ibérica (<i>Aquila adalberti</i>)	+2	Masas forestales
• Sisón común (<i>Tetrax tetrax</i>)	+2	Zonas esteparias
• Águila-Azor Perdicera (<i>Aquila fasciata</i>)	+2	Todos
• Cigüeña blanca (<i>Ciconia ciconia</i>)	+1	Todos
• Grulla (<i>Grus grus</i>)	+1	Todos

Estos valores se asignan sobre píxeles de 1x1 m a partir de las capas de información vectorial recopiladas en la fase anterior, obteniéndose así una sola capa *raster* compuesta por la suma total de todos los factores.

Una vez integrado el trazado de la línea eléctrica aérea junto con la capa *raster* final, se evalúa cada vuelo de la línea (tramo entre apoyos) en función de los píxeles que atraviesa, siendo determinada su peligrosidad por el valor más alto.

Finalmente, para una mejor interpretación de los datos, el riesgo de colisión y electrocución se clasifica según la siguiente relación:

Tabla 3. Categorías de peligrosidad

CATEGORÍAS DE PELIGROSIDAD	% del Máximo Valor Obtenido en la Valoración de Factores
Muy Bajo	<20%
Bajo	20%-40%
Medio	40%-60%
Alto	60%-80%
Muy Alto	>80%

De esta manera, se obtiene un modelo gráfico que zonifica el trazado de la línea eléctrica en función de su peligrosidad frente a las colisiones y electrocuciones de avifauna. Esto es especialmente útil en el proceso de análisis de alternativas ya que permite analizar cada alternativa de forma independiente y cuantitativa, mediante las longitudes del trazado determinadas dentro de los riesgos muy alto y alto.

Caso Práctico. Resultados y Discusión

A continuación se presenta un caso práctico para una mejor comprensión en la aplicación de este método. Se toma una línea eléctrica aérea ficticia con dos trazados alternativos a considerar. La alternativa 1 tendría 26.571,48 m de longitud mientras que la alternativa 2 constaría de un total de 22.396,44 m.

La recopilación de la información cartográfica sobre los factores ambientales circundantes se puede resumir en las siguientes afirmaciones:

Tabla 4. Factores ambientales presentes en las alternativas estudiadas

Alternativa 1	Alternativa 2
Atraviesa un eje fluvial principal	Atraviesa cauces menores
Trazado salva pendientes más suaves	Cruza un tramo de fuertes pendientes
Apenas cruza crestas montañosas	Atraviesa numerosas zonas de cresta
Afecta a un LIC	Afecta al mismo LIC
Afecta al área de distribución del pico mediano	Afecta al área de distribución del pico mediano
Incluida en el área de campeo de 2 parejas reproductoras de alimoche y 1 pareja de halcón peregrino	Incluida en el área de campeo de 2 parejas reproductoras de alimoche, 1 de halcón peregrino y 1 de azor

El resultado es una zonificación de ambos trazados según las siguientes imágenes:



Figura 1. Caso práctico. Zonificación del entorno de la alternativa 1.

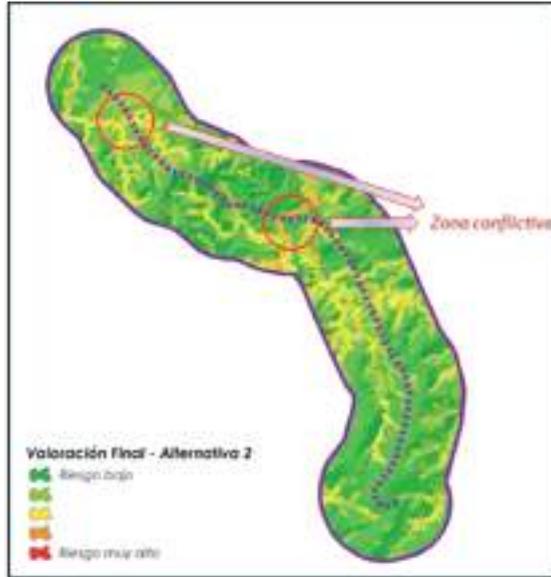


Figura 2. Caso práctico. Zonificación del entorno de la alternativa 2.

Las cifras concretas al respecto de distancias que presentan ambas alternativas en riesgos muy alto, alto, medio, bajo y muy bajo se muestra en la siguiente tabla, reflejándose los datos absolutos y los relativos en función de la longitud total del trazado:

Tabla 5. Longitudes de los trazados en los diferentes niveles de riesgo considerados

Alternativa 1			Alternativa 2		
	Absoluto (m)	Relativo (%)		Absoluto (m)	Relativo (%)
Muy Alto	0 m	0%	Muy Alto	0 m	0%
Alto	1.041 m	3,92%	Alto	1.447 m	6,46%
Medio	9.226 m	34,72%	Medio	7.231 m	32,29%
Bajo	9.495 m	35,74%	Bajo	5.122 m	22,87%
Muy Bajo	6.803 m	25,60%	Muy Bajo	8.553 m	38,19%

Como se observa, la alternativa 2, a pesar de su menor longitud total, presenta una longitud total en riesgo alto mayor que la alternativa 1, aunque ambas alternativas muestran dos zonas conflictivas a lo largo de su trazado.

Considerando que los niveles medio, bajo y muy bajo presentan una relevancia menor a la hora de prevenir posibles impactos, se concluye que la alternativa 1 es la elección acertada frente a la prevención de los riesgos de colisiones y electrocuciones.

Finalmente, esta valoración también permite identificar claramente las zonas más susceptibles a la presencia de la línea eléctrica por lo que durante su fase de explotación nos indica dónde realizar un mayor esfuerzo muestreador en la vigilancia ambiental y dónde aplicar las medidas preventivas contra la colisión y la electrocución para que estas tengan un efecto óptimo.

Conclusiones

El análisis de los riesgos de colisión y electrocución sobre un soporte GIS muestra que es un método sencillo, de fácil aplicación, rápido y que presenta datos objetivos para la selección de alternativas. Además, el proceso puede realizarse sobre cualquier tipo de software GIS con unas funciones mínimas y, al valorar factores ambientales desde un punto de vista general, puede aplicarse en cualquier lugar sin limitaciones por el tipo de hábitats o especies que estén presentes.

En definitiva, este método se postula como una herramienta de gran utilidad durante la selección de las alternativas, en la fase previa a la construcción de la línea eléctrica; y en la aplicación de medidas y en la focalización de esfuerzos durante la vigilancia ambiental, durante la fase de explotación.

Referencias / Bibliografía

- (1) *Reducing Avian Collisions with Power Lines: The State of the Art in 2012*. Avian Power Line Interaction Comitee (APLIC). Edison Electric Institute and APLIC. Washington, D.C. (2012).
- (2) *Biological and conservation aspects of bird mortality caused by electricity power lines: A review*. Bevanger, K. Biological Conservation. (1998)
- (3) *Avian mortality from power lines: a morphologic approach of a species-specific mortality*. Janss, F.E.J. Biological Conservation. (2000).
- (4) *Aves y tendidos eléctricos. Del conflicto a la solución*. Ferrer, M. Fundación MIGRES. Sevilla. (2012)
- (5) *Directrices para la evaluación del impacto de los parques eólicos en aves y murciélagos*. Atienza, J.C.; Martín, I.; et al. SEO-Birdlife. (2012)
- (6) *A review of Disturbance Distances in Selected Bird Species*. Ruddock, M.; Whitfield, D.P. Scottish Natural Heritage. (2007)
- (7) *Effects of human activities on Egyptian vulture breeding success*. Zuberogoitia, I.; Zabala, J.; Martínez, J.A. Animal Conservation (2008)

ANÁLISIS SOCIOAMBIENTAL PARA LA IDENTIFICACIÓN DE SITIOS PARA PARQUES EÓLICOS EN LA REGIÓN DEL ISTMO DE TEHUANTEPEC, OAXACA, MÉXICO

CONTRERAS RODRÍGUEZ SH.;

Universidad de Guadalajara
sercontrer@hotmail.com
Zapopan

RINCÓN, E.; CONTRERAS RIVERA A.;
PAREDES GUAJARDO CN; HUANTE, P.

Emmanuel Ricón y Asesores S.C.; Universidad de Guadalajara,
Universidad de Guadalajara, Investigación Estratégica
y Consultoría Ambiental S.C.

Palabras clave: Parques eólicos, Fragilidad ambiental, Mapa de Aptitud Territorial, Límite de Cambio Aceptable, Operación de parques eólicos ambientalmente sostenible.

Resumen

Debido a la necesidad siempre creciente de obtener nuevas fuentes de energía, especialmente renovables, es que países en desarrollo como México han incrementado su potencia instalada para generación de energía eólica, sin embargo dicho desarrollo se inició sin contar con los métodos adecuados de planeación con los cuales obtener un desarrollo sostenible de las actividades de generación y el medio sustentable.

Con el fin de desarrollar herramientas adecuadas que permitan decidir la ubicación de futuros proyectos siempre en función a las zonas donde es prioritaria la conservación del estado natural de las mismas es que se realizó un procedimiento de identificación de línea base, de principales generadores de cambio así como de componentes valiosos del ambiente. El procesamiento de esta información y los análisis comparativos con herramientas SIG permitieron obtener un mapa de fragilidad ambiental, el cual muestra tres categorías de fragilidad (alta, media, baja). Posteriormente, este producto fue analizado junto a las limitantes geográficas, sociales y legales para obtener el Mapa de Aptitud Territorial, el cual nos muestra que sitios permiten un establecimiento ambientalmente sostenible de parques eólicos.

Introducción

En México el desarrollo tecnológico para el uso de la energía eolétrica se inició con un programa de aprovechamiento del Instituto de Investigaciones Eléctricas (IIE), en 1977.

Las mediciones de pequeñas redes anemométricas, realizadas principalmente por el IIE y algunas otras entidades o empresas han servido para saber de la existencia de vientos aprovechables y económicamente viables en las siguientes regiones:

- Península de Baja California - Península de Yucatán
- Las costas del país
- El altiplano norte

De acuerdo con los resultados de los mapas eólicos del estado de Oaxaca desarrollados por el Laboratorio Nacional de Energías Renovables (NREL por sus siglas en inglés) se estima que muchas áreas cuentan con recursos eólicos buenos a excelentes (clases de potencia del viento 4 a 7, donde 7 es el valor máximo). Estas áreas se concentran en la región sureste del estado. La región con el viento del Istmo de Tehuantepec se extiende desde la costa norte aproximadamente 60 km y aproximadamente de 60 a 80 km de este a oeste. Esta región cuenta con un recurso eólico excelente (clase 5 o mayor). El recurso más alto en el Istmo se presenta cerca de las colinas, cordilleras y en la costa. Los fuertes vientos del norte son frecuentes en la región particularmente durante la temporada pico de viento de noviembre a febrero. No obstante, se requieren datos adicionales para validar los estimados de capacidad contenidos los mapas en otras áreas del Istmo.

De igual modo el NREL estima que muchas de las cordilleras y zonas de terreno elevado adyacentes a la región (hasta 100 km al este y oeste del Istmo) cuentan con excelentes recursos eólicos, pero muchos de estos sitios presentarían dificultades de desarrollo debido a su accidentado terreno y difícil acceso. Los conjuntos de datos climáticos indican que el recurso eólico presente en el Istmo y sus alrededores se reduce de manera significativa a elevaciones superiores de 1200 a 1500 m, por lo que es probable que muchas de las áreas con mayores elevaciones en esta región cuenten con un menor recurso eólico.

Es importante mencionar que se han generado manifestaciones a favor y en contra de los proyectos eólicos instalados en zonas como Oaxaca. La necesidad de generar fuentes alternas de energía y el pago justo por el arrendamiento de las tierras, así como los efectos que se tendría sobre la fauna local y migratoria, los impactos acumulativos y la evaluación estratégica de los proyectos, constituyen elementos importantes de estudio.

Cabe mencionar que el Istmo de Tehuantepec es una región comprendida entre los estados de Oaxaca, Chiapas, Tabasco y Veracruz en México. Se trata de la

zona más angosta entre el Océano Pacífico y Océano Atlántico. Es una zona rica en petróleo y en recursos maderables. También es una de las regiones con mayor presencia indígena del país. En la Figura no.1 podemos observar el área de estudio y los proyectos eólicos instalados.



Figura 1. Área de estudio y proyecto eólicos instalados

Material y Métodos

En el 2004 fue instalado el primer parque eólico en las proximidades de la población de La Ventosa sobre la planicie costera del estado de Oaxaca. Para este proyecto se tomó en consideración el recurso eólico disponible, identificando los sitios que por su potencial se encuentren entre la clasificación moderada y excelente, considerando el factor topográfico o de relieve, lo cual de alguna manera coincide con la demarcación de las clasificación de potencial identificando la curva de nivel 100 msnm en el límite norte y oeste de la planicie costera⁽¹⁾. Para el caso de la delimitación en la porción sur, esta corresponde a la costa del Istmo de Tehuantepec sobre el Océano Pacífico. Para el caso del límite este se consideraron los resultados del potencial eólico en la clase moderada.

El análisis descriptivo del sistema ambiental arrojó como resultado un gran mosaico de singularidades. Si bien las cuestiones climáticas, edafológicas, geológicas e hidrológicas no establecen en este proyecto una limitante para

el desarrollo de proyectos eolésicos si lo hace la presencia de especies protegidas de aves (migratorias principalmente), mamíferos y reptiles. A su vez la nueva normatividad establece la protección total de áreas con manglar, tipo de vegetación muy presente en la zona y que genera áreas de exclusión para proyectos eolésicos.

Se identificaron los centros poblacionales los cuales representan otras áreas restrictivas para estos desarrollos energéticos. En la figura no. 2 podemos ver los tipos de vegetación y ocupación del suelo.

Ocupación del Suelo y Vegetación

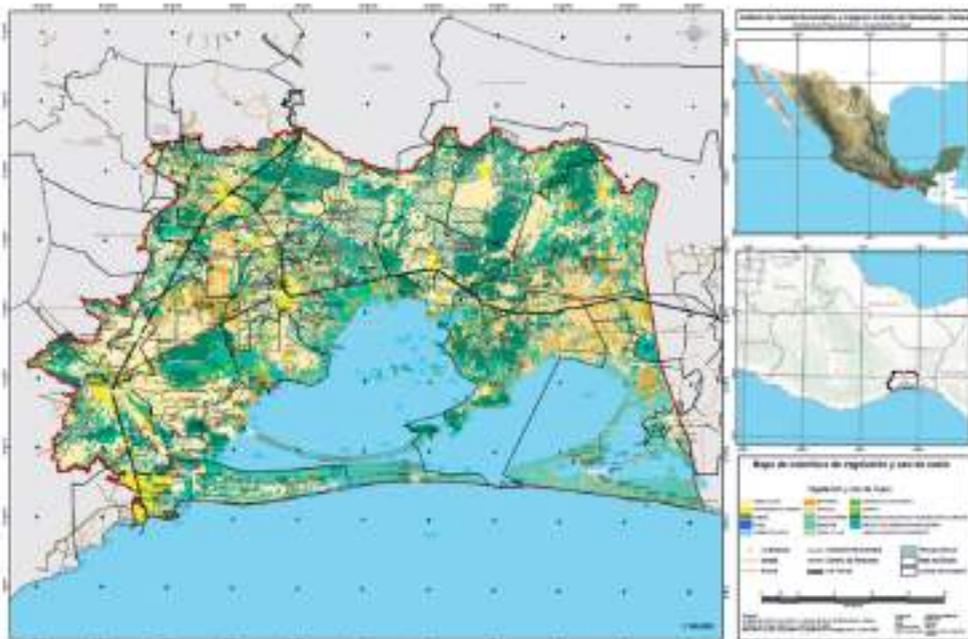


Figura 2. Ocupación del suelo y vegetación

Para realizar el diagnóstico y análisis del uso actual del suelo, así como la fragmentación y la conectividad presente en la zona se compilaron datos vectoriales y raster a diversas escalas. Los datos vectoriales generados por el Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática, se cortaron y editaron en función de las necesidades identificadas para el área de estudio. Estos se exportaron posteriormente a entorno SIG y mediante su análisis comparativo se obtuvieron estadísticas base para la estimación del comportamiento de los cambios de ocupación del suelo en el contexto regional (escala 1:250,000)⁽²⁾.

La cartografía resultado de los estudios particulares de fauna, flora, uso de suelo, conectividad, fragmentación, aplicación de normas y leyes ambientales así como

los estudios de identificación socioeconómicos y de vivienda se analizaron entre ellos, generando mapas temáticos con la delimitación de área preferencial para la construcción de proyectos eolésctricos.

En base a las metodologías existentes de evaluaci3n de impactos acumulativos se determin3 emplear una lnea base obtenida por medio de an3lisis de informaci3n disponible p3blicamente. Posteriormente se realiz3 la definici3n multidisciplinaria y multidimensional de alcances. Aqu3 es donde se identifican y establecen los lmites del an3lisis, los aspectos relevantes a considerar y se hace un primer acercamiento a los potenciales impactos⁽³⁾.

Tras esta etapa, se identificaron los principales generadores de cambio, los cuales representan la base de la identificaci3n de los impactos acumulativos pues este proceso resalta aquellos proyectos, elementos o fen3menos del medio que han causado o causan un cambio relevante en el 3rea de estudio. De manera paralela se identificaron los componentes valiosos del ambiente as3 como los valores primordiales desde el punto de vista social. Ambos componentes se analizaron transponiéndolos a los generadores de cambio, previamente identificados, con el fin de puntualizar los principales efectos y sus consecuencias en el 3rea de estudio. Por 3ltimo y a manera de conclusi3n se establecen recomendaciones que podr3an permitir que los proyectos e3licos aumenten su aceptaci3n social y ambiental al aportar integralmente al desarrollo sostenible de la regi3n, con impactos negativos socio-ambientales m3nimos.

Resultados

Con base en los estudios realizados sobre la fauna, la vegetaci3n, el uso del suelo, el paisaje, la conectividad y la fragmentaci3n, as3 como los aspectos sociales y jur3dicos, se estim3 la fragilidad de los ecosistemas dentro del 3rea de estudio con apoyo de un SIG a fin de determinar el modelo de aptitud territorial para la instalaci3n de proyectos eolésctricos⁽⁴⁾. A partir de esto y la superposici3n del mapa base de uso de suelo y de fragilidad flor3stica y faun3stica se obtuvo un mapa de fragilidad ambiental en el cual se identificaron las siguientes categor3as de fragilidad:

- **Categor3a Baja:**

En esta categor3a se incluyen aquellas 3reas que presentan una cobertura vegetal conformada por especies asociadas a las actividades agr3colas y ganaderas. En estas zonas los espacios con cobertura vegetal se encuentran aisladas y distantes. En estas 3reas los proyectos e3licos podr3an ser detonadores de acciones que fomenten el aprovechamiento sustentable de los recursos.

- Categoría Media:

Se identificaron áreas donde la vegetación se encuentra fragmentada por las actividades agropecuarias, o que son utilizadas en menor intensidad en este tipo de actividades antrópicas. Por esta razón los proyectos eólicos podrían aportar acciones de conservación que mejoren las condiciones de la productividad primaria.

- Categoría alta:

Se consideraron aquellas áreas en donde de acuerdo a los estudios de fragmentación y los resultados del análisis de la estructura de la vegetación, índice de valor de importancia de las especies y su densidad, la vegetación nativa o natural se encuentra en forma de manchas o continuos compactos. Existen especies de flora o fauna protegidas y existe una posibilidad de desplazamiento a través del área de estudio.

Sobre este mapa se realizó la sobreposición de la información referente a las limitantes legales que se identificaron para el área. Particularmente en los asentamientos humanos se delimitó un área de amortiguamiento de 500 m. a fin de descartar la instalación de equipos de generación en estas zonas.

Descartando las superficies de los parques eólicos en construcción u operando, y restando las superficies donde se localizan manglares⁽⁵⁾, los cuerpos de agua y las áreas urbanas con su zona de amortiguamiento, se obtuvo como producto final el mapa de áreas potenciales para la instalación de proyectos eólicos, conocido como Modelo de Aptitud Territorial, el cual puede observarse en la figura no. 3

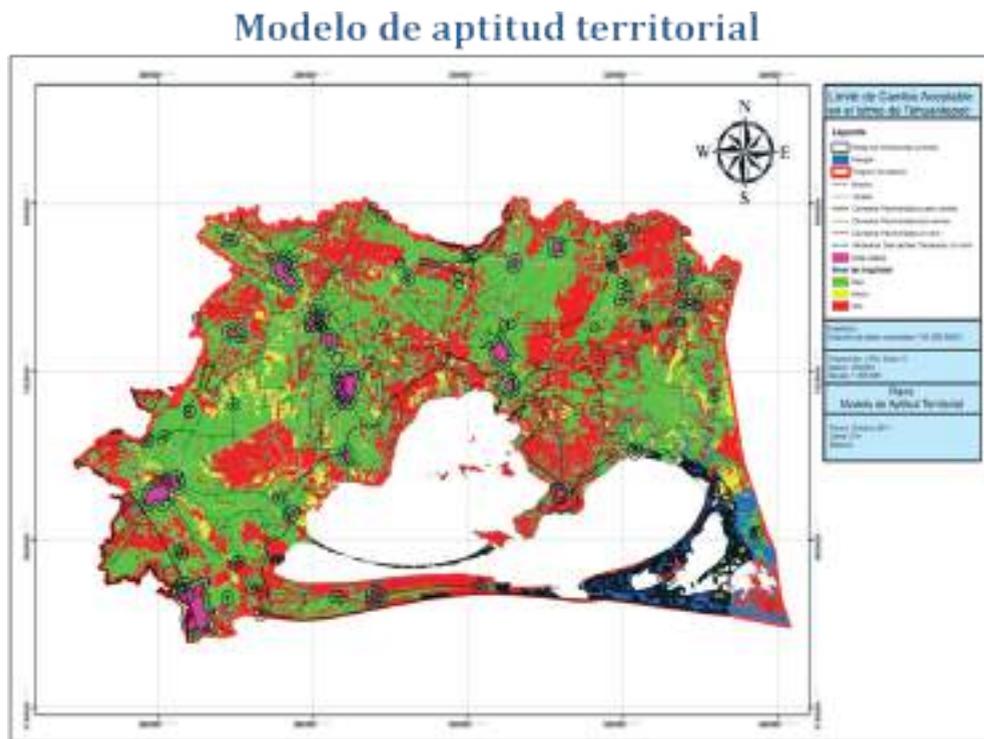


Figura 3. Modelo de Aptitud Territorial

Discusión y Conclusiones

El objetivo del presente estudio consistió en estimar el límite de cambio aceptable o límite de carga aceptable generado por la presencia de proyectos eólicos conjuntos donde existirán centenas de equipos de generación y kilómetros de líneas. Con base en la identificación de impactos socioambientales y acumulativos se establecieron los criterios para mitigar los impactos adversos y proporcionar una herramienta de planeación estratégica sobre la toma de decisiones teniendo más elementos para la implementación de nuevos proyectos de generación de energía eólica con una visión de sustentabilidad ambiental y social, ya que mucho se ha discutido la carencia de evaluaciones y análisis de los efectos del impacto de proyectos eólicos en conjunto.

Como se señaló en el documento en la región del Istmo de Tehuantepec ha presentado efectos antrópicos derivados de las actividades del sector primario. En respuesta, desde una perspectiva de funcionalidad del ecosistema, en la zona del proyecto se identificaron corredores de fauna y se estudiaron las especies (con mayor énfasis en aves) correlacionando las características de su

hábitat y conservación por tipo de vegetación⁽⁶⁾. Así se obtuvo como resultado la identificación de zonas de fragilidad ambiental.

Con la determinación de los tipos de fragilidad (baja, media y alta), así como con la exclusión de las zonas urbanas y su zona de amortiguamiento de 500 m, los cuerpos de agua, los manglares y las áreas de los proyectos eólicos ya consolidados.

Las zonas en donde los efectos adversos a los ecosistemas tienen un menor impacto por la implementación de parques eólicos, corresponden a la categoría de fragilidad baja; reiterando que dentro de estas superficies se tendrán que considerar las restricciones que operan las áreas delimitadas por las instancias legales.

Los sitios más aptos para llevar a cabo estos proyectos son los ocupados por zonas de pastizal⁽⁵⁾ y agricultura ya que presentan la menor riqueza de vertebrados. La mayoría de las especies que se encuentran presentan valores de importancia menor y están más asociadas al disturbio.

Los sitios donde se presenta selva baja caducifolia⁽⁵⁾ representan zonas de alta fragilidad por las especies que se encuentran en estos. Además de las dunas costeras que es una comunidad muy frágil debido a las condiciones del dinamismo que se presenta en el suelo, su dinámica edáfica y zonas de manglar que se encuentran protegidas por la ley.

El número de equipos de generación dentro del límite de cambio o límite de carga, dependerá entre otras características, del diseño y de la capacidad del tipo de aerogenerador con los que estén proyectados, siendo dentro de las superficies de fragilidad baja donde se estima que la implementación de nuevos parques no causará un desequilibrio ecológico que ponga en peligro a los corredores biológicos de esta región del Istmo.

Es importante señalar que la implementación de parques conlleva un cambio en la dinámica socioeconómica al incrementar las utilidades de los propietarios de los predios alquilados, ya que por lo general, se trata de tierras de cultivo donde los proyectos se desarrollan de manera simultánea. Sin embargo, en algunos de los casos las obras se desarrollan dentro de terrenos forestales, donde la tendencia de los propietarios es aumentar la frontera agropecuaria conllevando a la susceptibilidad de que los proyectos eólicos de manera indirecta aumenten la fragmentación, con la consiguiente pérdida de conectividad de los ecosistemas.

Es indispensable conjuntar esfuerzos entre autoridades que incluyan los distintos factores socioambientales y biofísicos, es decir, los requerimientos de los sistemas productivos, la conservación de parches de vegetación y la conectividad entre ellos, entre otros, en apego a las distintas leyes aplicables, con la finalidad de aprovechar los recursos bajo una dinámica sustentable, fomentando la producción de energía a través de fuentes renovables, como es la energía eólica.

Referencias / Bibliografía

- (1) Elliot, D., Schwartz, M., Scott, G., 2004. Atlas de Recursos eólicos del Estado de Oaxaca. National Renewable Energy Laboratory (NREL). [Http://www.nrel.gov/docs/fy04osti/35575.pdf](http://www.nrel.gov/docs/fy04osti/35575.pdf)
- (2) Velazques Alejandro, Jean F. Mass y José Luis Palacio. 2002. Análisis del cambio de uso del suelo. Documento Técnico. Oficio autorización 312.A.-00215 Convenio INE-IGg(UNAM) SEMARNAT, Instituto de Geografía UNAM. 46 p.
- (3) INTA, 2009. Elementos conceptuales y metodológicos para la Evaluación de Impactos Ambientales Acumulativos (EIAAc) en los bosques subtropicales. El caso del ESTe de Salta. http://www.inta.gov.ar/prorenea/zonadescarga/ot/EIAAc_SALTA_FAUBA_COMPLETO.pdf
- (4) Gurrutxaga, S. V. M. 2003, índices de fragmentación y conectividad para el indicador de biodiversidad y paisaje de la Comunidad Autónoma del País Vasco. Biodiversidad y paisaje, Departamento de Medio Ambiente y Ordenación del Territorio, Eusko Jaurlaritz-Gobierno Vasco, 32 pp.
- (5) INEGI, 2009, Guía para la interpretación de cartografía uso del suelo y vegetación escala 1:250,000, Serie III, Aqs, México. 74 pags.
- (6) Arguedas, M.S., Castaño, L.B. y Rodríguez J. M. 2004, Líneamientos y herramientas para un manejo creativo de las áreas protegidas. Organización para Estudios Tropicales. Programa de Política y Ciencias Ambientales. San José, Costa rica

ALUMBRADO EXTERIOR Y EL MEDIO AMBIENTE

GUTIÉRREZ ESCOLAR, A; CASTILLO MARTÍNEZ, A;
GÓMEZ PULIDO, JM; GUTIERREZ-MARTINEZ, JM

Departamento de Ciencias de la Computación
E.T.S. de Ingeniería Informática
Universidad de Alcalá
28871 Alcalá de Henares (Madrid), España
{alberto.gutierrez; ana.castillo; jose.gomez; josem.gutierrez}@uah.es

Palabras clave: Alumbrado exterior, medio ambiente, melatonina, longitud de onda.

Resumen

En la actualidad el crecimiento del sector de la construcción, y con ello el respectivo aumento del alumbrado exterior, se está realizando sin tener en consideración las alteraciones que éste puede provocar en el ecosistema. Algunas de las consecuencias más importantes del crecimiento de la iluminación son aquellas que afectan al comportamiento de los seres vivos, ya que puede provocar alteraciones en la orientación, la reproducción o en la comunicación. Uno de los cambios más significativos en el ecosistema es que más de la mitad de la población no es capaz de visualizar la vía láctea a simple vista [1]. Por estos motivos pretendemos recoger algunos de estos efectos más importantes del alumbrado exterior.

1. Introducción

En la antigüedad la luna y las estrellas eran las únicas fuentes de luz durante la noche. Sin embargo, en la actualidad la iluminación de las calles, carreteras o edificios están provocando consecuencias tanto en la vida salvaje como en la salud o el bienestar de las personas. A pesar de que la mayor parte de las consecuencias son desconocidas vamos a mostrar algunas consecuencias detectadas.

Para hacernos una idea del crecimiento desmesurado de la iluminación podemos ver estas imágenes procedentes de la NASA [2] en las que se puede apreciar cómo ha aumentado la contaminación lumínica en tan solo siete años.



Figura 1. Imagen de la Tierra en el año 2000 (izquierda) y 2007 (derecha)

2. Beneficios para los humanos

El aumento en el número de instalaciones de alumbrado exterior ha implicado varios aspectos muy importantes para nuestra vida como son el aumento de la seguridad en las carreteras, la disminución de la delincuencia o el aumento de nuestra vida social en horas de oscuridad.

2.1. Mejora en la seguridad vial

Se ha demostrado mediante una gran variedad de estudios encargados de evaluar el riesgo de sufrir accidentes en horario nocturnos. Entre estos estudios destaca aquel llevado a cabo en 1990 por la Federal Highway Administration [3] en el que se comprobó que un conductor tiene un riesgo de sufrir un accidente hasta 5 veces superior en horario nocturno.

Uno de los estudios más exhaustivos fue realizado en 1972 [3], en el que se estudiaron cerca de 320 kilómetros de autopistas en las que ocurrieron más de 21.000 accidentes entre los años 1960 y 1962, obteniendo una proporción de siniestralidad del 66 % en las autopistas sin iluminar. Las conclusiones a las que llegaron con este estudio es que la iluminación en las carreteras podría reducir los accidentes nocturnos aproximadamente en un 40 %.

2.2. Disminución del crimen

Para comprobar cómo afectan el alumbrado a la delincuencia se han realizado una serie de investigaciones entre las que se encuentra la realizada por el Instituto de Criminología de la Universidad de Cambridge [4]. Esta institución realizó dos proyectos de investigación en el año 2000, los cuales fueron llevados a cabo en los municipios de Dudley y Stoke-on-Trent, en Reino Unido. La finalidad de ambos proyectos era la de ver cómo la mejora en la iluminación vial ayuda a reducir los índices de criminalidad, y así poder estudiar si los ahorros producidos por esta reducción justifican la inversión producida en iluminación.

Para realizar ambos estudios se evaluó el índice de criminalidad previo de ambos municipios, comparándolos posteriormente con los resultados obtenidos

después de las mejoras, observándose en ambos casos una reducción significativa de los delitos:

- **Dudley:** Los delitos disminuyeron un 41%.
- **Stoke-on-Trent:** Los delitos disminuyeron en 43%.

Finalmente se comprobó como el ahorro producido por el descenso de los delitos hace viable el coste de las mejoras en el alumbrado, favoreciendo a su vez la seguridad de los ciudadanos.

3. Impacto en el medio ambiente

En general utilizamos el término luz para referirnos a la radiación electromagnética que es visible para el ojo humano. En cambio, existen otras especies cuyo campo de visión es más sensible, pudiendo detectar la luz ultravioleta, la cual nosotros no somos capaces de detectar a simple vista debido a que presenta una longitud de onda demasiado corta.

A continuación se muestran diversas investigaciones para comprender cómo puede afectar el alumbrado exterior a nuestro ecosistema.

3.1. Tortugas

Uno de los estudios más interesantes sobre cómo afecta la iluminación artificial a la vida de estos animales es la llevada a cabo en las costas de Florida [5].



Figura 2. Tortugas guiadas por la luz [5]

En este estudio se evaluó cómo afecta la contaminación lumínica a las crías recién nacidas. En condiciones normales, cuando estas nacen intentan llegar al mar guiándose por el reflejo del cielo nocturno en el agua, sin embargo, cuando

las playas presentan demasiada iluminación, las crías sufren desorientación y cambian su orientación, provocando que se trasladen en la dirección incorrecta, muriendo a menudo de agotamiento, deshidratación, comidas por los depredadores o atropelladas por los coches.

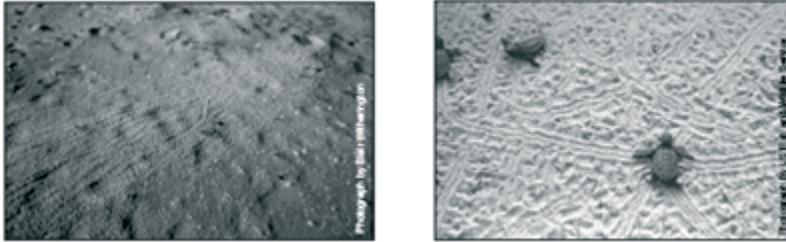


Figura 3. Crías de tortuga en todas las direcciones [2]

A pesar de que muchas de las crías son capaces de localizar el mar, el tiempo que necesitan para conseguirlo es mucho mayor en aquellas playas donde existe exceso de luz artificial.

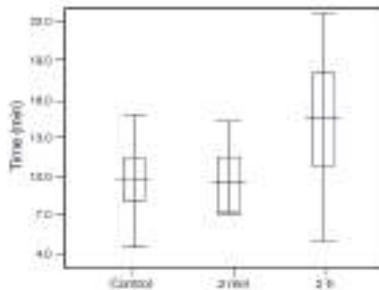


Figura 4. Tiempo empleado para localizar el mar [5]

Esta investigación ha tenido su repercusión en la Comisión de conservación de la vida salvaje de Florida, la cual ha desarrollado una guía para la conservación de este animal fascinante [6].

3.2. Polillas

Uno de los efectos que tiene el alumbrado es que puede interrumpir la trayectoria de estos insectos, llegando a suprimir su vuelo. Este comportamiento interfiere, entre otros aspectos, con el apareamiento, la dispersión y la migración de las especies. Este fenómeno se produce porque estos animales presentan una

sensibilidad diferente según la longitud de onda de la luz [7], tal y como se presentan en la siguiente figura:

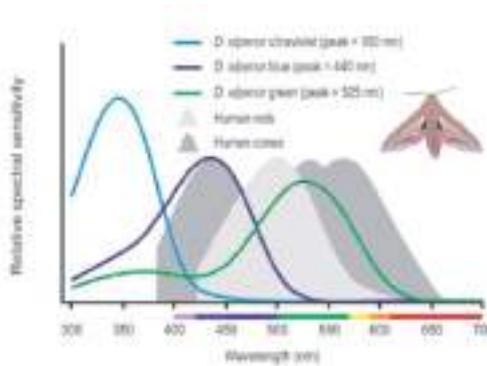


Figura 5. Sensibilidad respecto a la longitud de onda [7]

En la figura anterior se puede apreciar cómo estos animales son altamente sensibles a las luces ultravioleta e insensibles a la luz roja.

La diferencia en la visión según la longitud de onda se debe a la presencia de dos tipos de células fotosensibles en los ojos: los bastones, que funcionan con poca luz y son más sensibles a la luz azul/verde (con una longitud de onda de 496 nm) y los conos los cuales suministran las conexiones nerviosas y que por lo tanto pueden proporcionar la visión de los colores en todo el espectro visual. La proporción de conos y bastones está relacionado con el estilo de vida de los animales, por ejemplo los ojos de los mamíferos nocturnos tienen una mayor preponderancia de bastones que conos, mientras que los mamíferos diurnos son abundantes en conos.

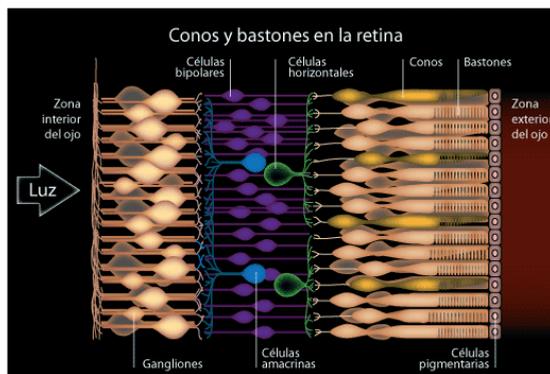


Figura 6. Células fotosensibles [8]

3.3. Ranas

Debido a la expansión de los humanos dentro de los hábitats naturales, los ecosistemas están cada vez más expuestos a la iluminación artificial.

Uno de los estudios más recientes realizado por H. Savage, Bingel K., Buchanan B y S. Wise [9], consiste en ver cómo la iluminación afecta al crecimiento y metamorfosis de la rana africana de uñas (*Xenopus laevis*). Para ellos se expusieron a los renacuajos a distintas iluminaciones:

- 100 lux: comparable a la iluminación en ambientes brillantes.
- 1 lux: comparable al amanecer o al atardecer.
- 0.01 lux: comparable a la luz de la luna.
- 0.0001 lux: noches muy oscuras.

Los investigadores encontraron que los renacuajos diferían en la cantidad de crecimiento según el tratamiento de luz.

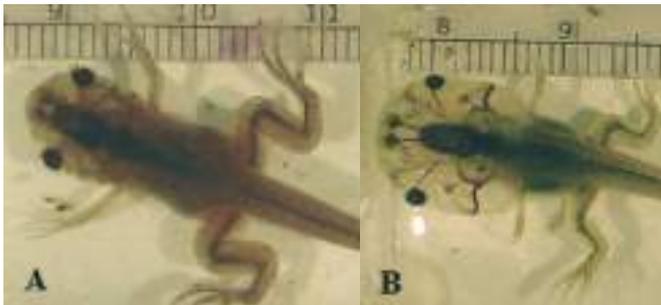


Figura 7. Respuesta a la iluminación en renacuajos [9]

Los renacuajos de la imagen tienen la misma edad pero han sido expuestos a diferente iluminación. El renacuajo A, fue tratado con iluminación más oscura, mientras que el B ha crecido con un nivel de iluminación mayor.

Una conclusión a destacar de las imágenes anteriores es que el exceso de iluminación retrasa la metamorfosis de este tipo de rana, lo que puede derivar a que no puedan escapar a tiempo antes de que se sequen o se enfríen los estanques donde se reproducen.

Otra investigación a destacar es la realizada por Baker y Richardson, que examinaron el comportamiento reproductivo de una especie de rana verde de Canadá. En el experimento con luz, las ranas fueron iluminadas durante 5 minutos antes de que las observaciones comenzasen, obteniendo una reducción en el número de llamadas para la reproducción.

De nuevo Baker ha realizado otras investigaciones en este aspecto, pero en condiciones naturales, entre la que se encuentra la investigación sobre el sapo común. En este estudio se comprobó cómo el número de sapos comunes es superior en las zonas iluminadas respecto a las zonas sin iluminación. Esto se debe a la abundancia de insectos en zonas más iluminadas, pero puede provocar que aumente la mortalidad por el tráfico de coches.

3.4. Humanos

La melatonina (MLT) es una hormona que es secretada por la glándula pineal en el cerebro, la cual ayuda a prevenir la formación de tumores [10,11]. Nuestro cuerpo produce MLT sobre todo por la noche, y los niveles caen de manera precipitada en presencia de luz, especialmente en la parte correspondiente al espectro azul, producida por ejemplo con la bombilla fluorescente. Por lo tanto hay dos variables responsables de la supresión de la producción de MLT, una es la intensidad de la luz y segunda la longitud de onda.

Según investigaciones realizadas [12, 13] un exceso de luz nocturna puede aumentar el riesgo de sufrir cáncer de mama al interferir con la producción de una hormona supresora de tumores (MLT). Estos estudios han comprobado que las personas que trabajan de noche tienen un 60 % de posibilidades de contraer cáncer de mama.

Investigadores han encontrado que la tasa de cáncer de mama en las localidades con iluminación nocturna es un 37 % más alto que en las comunidades con menor cantidad de luz.

Abraham Haim, de la Universidad de Haifa, ha realizado varias investigaciones en este aspecto, preocupándose por las campañas para cambiar la eficiencia de las bombillas debido a que las consecuencias en veinte años pueden ser irreparables.

4. Discusión

Muchos de los efectos negativos que puede tener el alumbrado dependen de la longitud de onda. Si analizamos las características espectrales de las lámparas respecto a cómo afectan a los humanos se ha observado que las lámparas que tienen un menor impacto son las de vapor de sodio de baja presión seguidas de las de vapor de sodio de alta presión, en cambio las lámparas que presentan un mayor impacto son los halogenuros metálicos y los leds [14].

En caso contrario, se debería seguir las recomendaciones establecidas en la normativa de eficiencia energética de España [15] pero ampliando el campo de acción a todas las zonas de uso para utilizar filtros de radiación de longitudes de onda inferiores a 440nm.

Por lo tanto es necesario seguir investigando en las emisiones espectrales para que en un futuro pueda ser regulado por la normativa.

5. Conclusiones

Creemos que el acceso a la belleza del cielo nocturno es tan importante como la preservación del medio, por eso la sociedad tiene el deber de protegerlo para el disfrute de sus ciudadanos y para las posteriores generaciones. Por este motivo es necesario seguir investigando en este aspecto ya que en la mayoría de las instalaciones que se están modificando se están sustituyendo las lámparas por otras más eficientes sin tener en cuenta las consecuencias que estas pueden tener en el medio ambiente.

6. Referencias / Bibliografía

- (1) Ron Chepesiuk . Missing the dark: Health effects of light pollution. Enero 2009.
- (2) Gail E. McTaggart. Regulating to adopt dark sky initiatives in Connecticut. 5 de junio del 2009.
- (3) University of Wisconsin-Madison. Department of civil and environmental engineering. Traffic operations and safety laboratory. Summary of a literature review on bridge lighting. Enero de 2008.
- (4) Kate A Painter, David P Farrington. The financial benefits of improved street lighting, based on crime reduction. Institute of Criminology, University of Cambridge, UK. Lighting Res. Technol. 33, 1 (2001).
- (5) Jacquelyb Kay Lorne, Michael Salmon. Effects of exposure to artificial lighting on orientation of hatchling sea turtles on the brach and in the ocean. Department of Biological Sciences, Florida Atlantic University, Abril 2007.
- (6) Florida fish and wildlife conservation commission. Sea turtle conservation guidelines. Noviembre 2007.
- (7) The royal commission on environmental pollution. Artificial light in the environment. Noviembre 2009.
- (8) Stephen Westland. Cómo funciona el ojo humano. 2001. Disponible en We: http://gusgsm.com/funciona_ojo_humano.
- (9) Sharon Wise. Studying the ecological impacts of light pollution on wildlife: Amphibians as models. Department of Biology. Utica.
- (10) Bertha Mariana Reyes-Prieto, Mireya Velázquez-Paniagua, Bertha Prieto-Gómez. Melatonina y neuropatologías. Mayo 2009.
- (11) David E. Blask. Melatonin, sleep disturbance and cáncer risk. Laboratory of chrono-neuroendocrine oncology. Department of structural and cellular biology. New Orleans. 2009.

- (12) Richard G. Stevens. Electric light causes cáncer? Department of community medicine and health care. Farmington. 2009
- (13) Itai Kloog, Abraham Haim, Boris A. Portnov. Using kernel density function as an urban analysis tool: Investigating the association between night-light exposure and the incidence of breast cancer in Haifa, Israel.
- (14) Fabio Falchi, Pierantonio Cinzano, Christopher D. Elvidge, David M. Keith, Abraham Haim. Limiting the impact of light pollution on human health, environment and stellar visibility. *Journal of Environmental Management*. 2011.
- (15) Real Decreto 1890/2008, de 14 de noviembre, por el que se aprueba el Reglamento de eficiencia energética en instalaciones de alumbrado exterior y sus instrucciones técnicas complementarias.

LOS HÁBITATS DE INTERÉS COMUNITARIO: REFLEXIONES SOBRE SU CONSIDERACIÓN EN LA EVALUACIÓN DE IMPACTO AMBIENTAL

DE LA NUEZ, A¹; OÑORBE, M¹; ABASCAL, M¹;
SAN MILLÁN, R²; SALINAS, A²

¹EVALUACIÓN AMBIENTAL, SL; adelanuez@evaluacion-ambiental.es; Madrid

²RED ELÉCTRICA DE ESPAÑA; Madrid

Palabras clave: Hábitat de interés comunitario, Red Natura 2000, Estudio de Impacto Ambiental, Cartografía de Hábitat, Ley 42/2007, Directiva 92/43/CEE

Resumen

La Política Ambiental implantada en Red Eléctrica de España (REE) adopta el compromiso de impulsar la conservación de la diversidad biológica a través de la colaboración activa en iniciativas que frenen su pérdida. Con ese objetivo REE realiza numerosos estudios técnicos y/o científicos de aquellos elementos del medio natural cuya sensibilidad requiere de una atención prioritaria.

Evaluación Ambiental S.L., en colaboración con REE, analiza en el presente trabajo diversos aspectos relacionados con los hábitats de interés comunitario recogidos en la Directiva 92/43/CEE y en la Ley 42/2007, a la luz de la Evaluación de Impacto Ambiental sobre la base de la experiencia en la elaboración de estudios ambientales de infraestructuras de transporte eléctrico.

La Ley 42/2007 establece que la destrucción o deterioro de los hábitats de interés comunitario puede derivar en sanciones administrativas, en algunos casos, muy graves.

Como herramienta de estudio de los hábitats, el MAGRAMA dispone de dos cartografías de ámbito estatal, cuyo alcance se analiza en este trabajo.

Por otro lado, desde la publicación de la Directiva 92/43/CEE se han realizado numerosos esfuerzos de síntesis con el objeto de simplificar la interpretación e identificación de los hábitats de interés comunitario. Sin embargo, el marco conceptual que subyace a los hábitats de interés comunitario, la fitosociología, requiere de la participación de botánicos expertos como única garantía de éxito en la identificación y delimitación de las comunidades vegetales cuya conservación es necesaria.

Por todo ello, se pretende llevar a cabo una reflexión acerca de la necesidad de estudiar, en el marco de la EIA, los hábitats de interés comunitario presentes fuera de espacios de la red "Natura 2000".

Introducción

La red "Natura 2000" surge a principios de los años 90, a partir de la Directiva "Hábitats" 92/43/CEE, con la finalidad de frenar el deterioro de los hábitats naturales y de las amenazas sobre las especies presentes dentro del territorio europeo. Más aún teniendo en cuenta la capacidad creciente del ser humano para intervenir en el territorio y modificar sus características naturales.

Se trata de la red ecológica más grande el mundo, consta de zonas de "Zonas de Especial Conservación" (ZECs) establecidas en virtud de la Directiva 92/43/CEE y Zonas de Especial Protección para las Aves (ZEPAs), establecidas con arreglo a la Directiva "Aves" 2009/147/CE.

Como se muestra en la Figura 1, la obligación de evaluar las consecuencias que pueda tener la realización de un proyecto sobre los valores que justificaron la inclusión de los distintos territorios en la Red Natura es un requisito recogido en el artículo 45 de Ley 42/2007, de 13 de diciembre, del Patrimonio Natural y de la Biodiversidad, trasposición de la Directiva 92/43/CEE al ordenamiento jurídico español. Esta misma Ley establece asimismo la necesidad de tener en cuenta los hábitats de interés comunitario (prioritarios o no) existentes fuera de la Red Natura.

Particularmente, en su artículo 76 establece que "(e) La destrucción o deterioro significativo de los componentes de los hábitats prioritarios de interés comunitario;" así como "(i) el deterioro o alteración significativa de los componentes de hábitats prioritarios de interés comunitario o la destrucción de componentes, o deterioro significativo del resto de componentes de hábitats de interés comunitario;" y "(p) La alteración de los componentes de los hábitats prioritarios de interés comunitario o el deterioro de los componentes del resto de hábitats de interés comunitario" derivan en sanciones administrativas, teniendo la consideración de infracción muy grave la recogida en el apartado e).

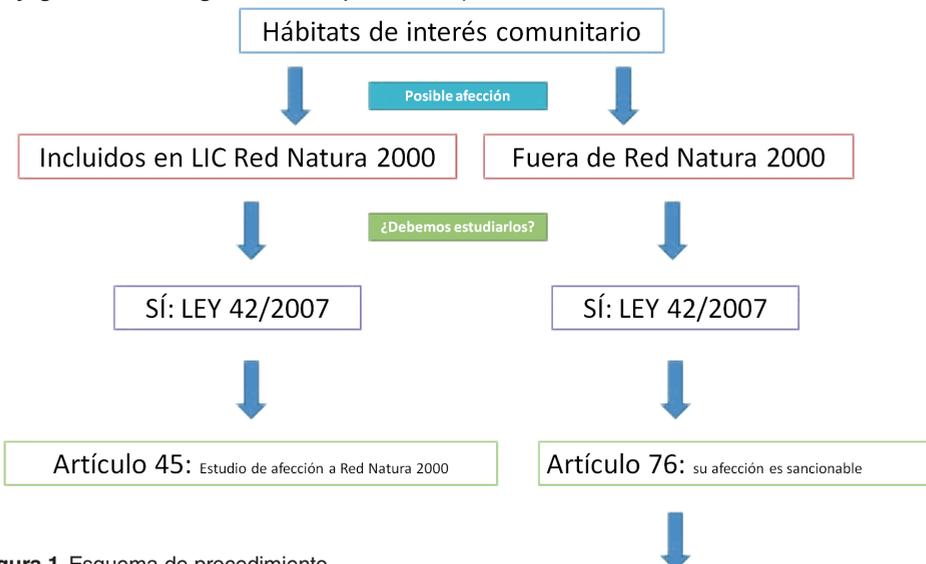


Figura 1. Esquema de procedimiento.

Bajo esta premisa, se considera imprescindible estudiar los hábitats de interés comunitario presentes fuera de espacios de la red “Natura 2000” y sus posibles interacciones con la implantación y puesta en funcionamiento de un proyecto.

Material y Métodos

El Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente (MAGRAMA) pone a disposición del usuario, a través del Banco de Datos de la Naturaleza, dos cartografías digitales con una estructura de datos muy similar pero con notables diferencias en cuanto a su contenido.

Hábitats de la Directiva 92/43/CEE (1997):

Se trata del primer Inventario Nacional de Hábitats de la Directiva llevado a cabo en 1995 por encargo de la Dirección General de Conservación de la Naturaleza del antiguo Ministerio de Agricultura Pesca y Alimentación, en colaboración con las diferentes Comunidades Autónomas [1]. Se encuentra disponible para cada Comunidad Autónoma para ser descargada en la página web del MAGRAMA [2].

Atlas de los hábitats naturales de España (2005):

La cartografía de 2005 utilizó como base los trabajos ya realizados en la cartografía de 1997, de ahí que su estructura sea similar. Se realizó una labor de revisión y mejora de la misma e implementándola con la cartografía de los hábitat no incluidos en la Directiva 92/43/CEE. Al igual que la anterior, se encuentra disponible para cada Comunidad Autónoma para ser descargada en la página web del MAGRAMA [3].

Teniendo en cuenta lo anterior, a continuación, se realizan dos sencillos análisis cartográficos para el caso del Principado de Asturias:

- A) Análisis de las diferencias existentes entre las cartografías de 1997 y 2005.
- B) Análisis detallado de la cartografía correspondiente al año 2005.

Resultados

A) Diferencias entre las dos cartografías ofrecidas por el MAGRAMA:

Para el ejemplo considerado, las diferencias existentes entre dichas cartografías se aprecian ya en sus datos de superficies, las cuales van en la dirección de incrementar la protección del territorio:

TIPO HÁBITAT	CARTOGRAFÍA 1997	CARTOGRAFÍA 2005
Superficie total ocupada por hábitats de interés comunitario	423.474 ha	513.370 ha
Superficie ocupada por hábitats de interés prioritario	32.299 ha	82.352 ha

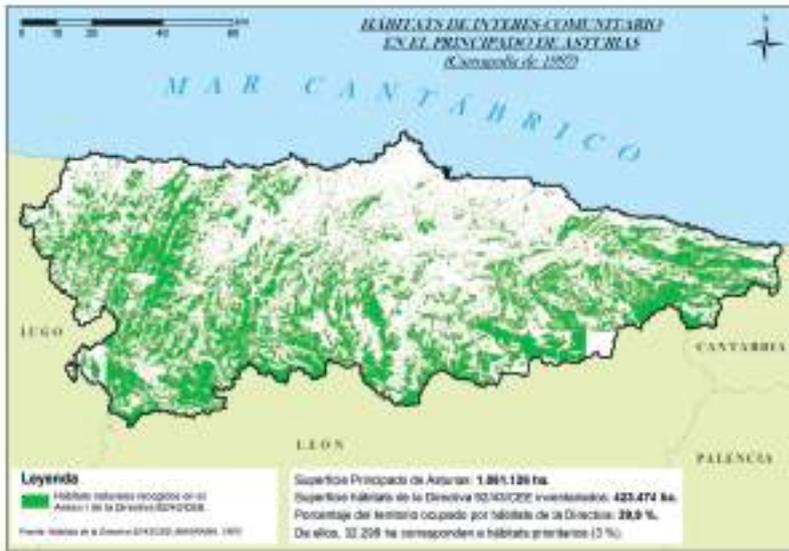


Figura 2. Hábitats de la Directiva 92/43/CEE (1997)

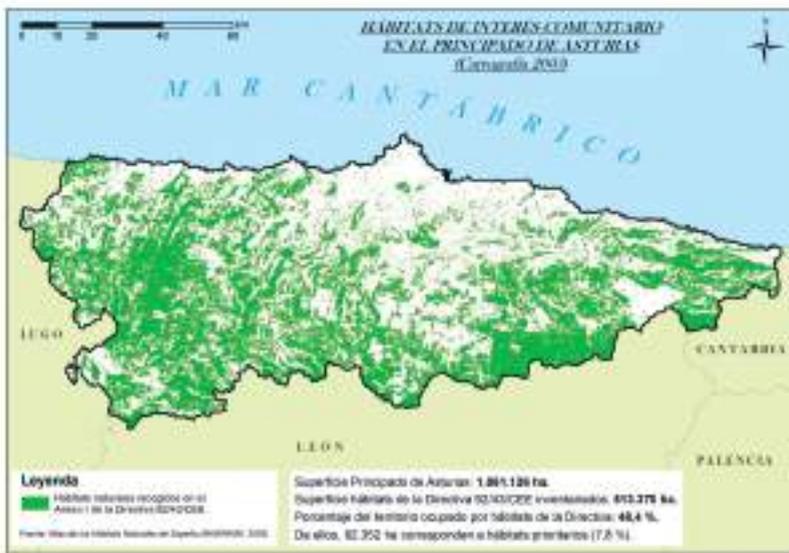
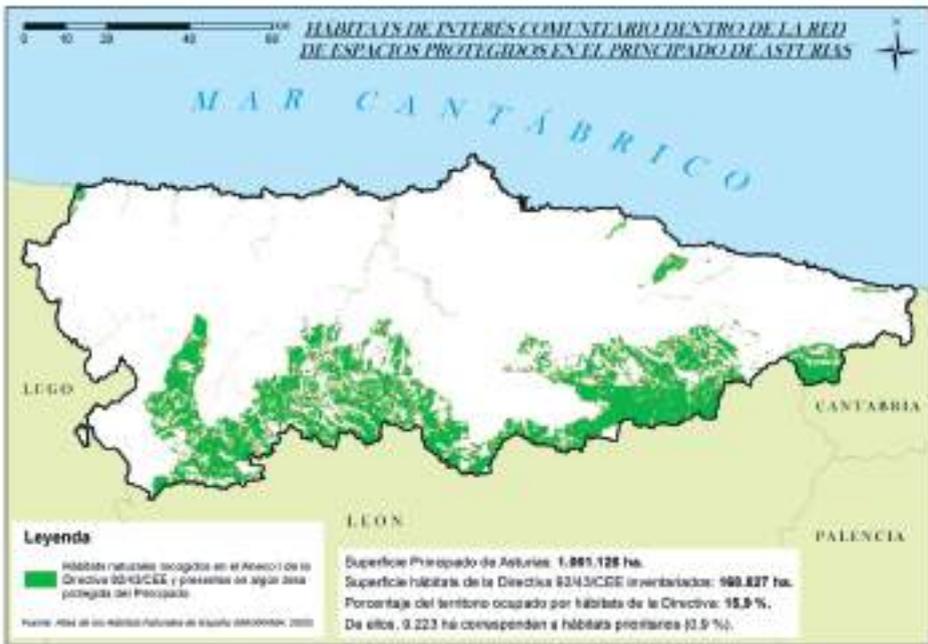


Figura 3. Atlas de los hábitats naturales de España (2005)

B) Análisis detallado de la cartografía del año 2005.

1) Considerando la extensión total del Principado de Asturias (1.061.126 ha):

- a. El 48,4 % del territorio asturiano está ocupado por algún tipo de hábitat de interés comunitario recogido en el Anexo I de la Directiva 92/43/CEE (513.370 ha, ver figura 3).
 - b. El 7,8 % de dicha superficie se corresponde con hábitats de interés prioritario (82.352 ha).
- 2) Considerando el conjunto de espacios protegidos que componen la red asturiana (incluidos espacios de la red "Natura 2000"):
- a. El 32,8 % del total de hábitats de la Directiva 92/43/CEE inventariados para el Principado de Asturias, se encuentran incluidos en alguna figura de protección del territorio 168.827 ha. (Figura 4).



- b. El 11,1 % del total de hábitats de interés prioritario inventariados para el Principado se encuentran incluidos en alguna figura de protección del territorio (9.223 ha).
- c. El 67 % de todos los hábitats de interés comunitario inventariados quedan fuera de alguna figura de protección del territorio (344.543 ha, ver figura 5).
- d. El 88 % del total de hábitats de interés prioritario presentes en el Principado quedan fuera de alguna figura de protección del territorio (73.129 ha).

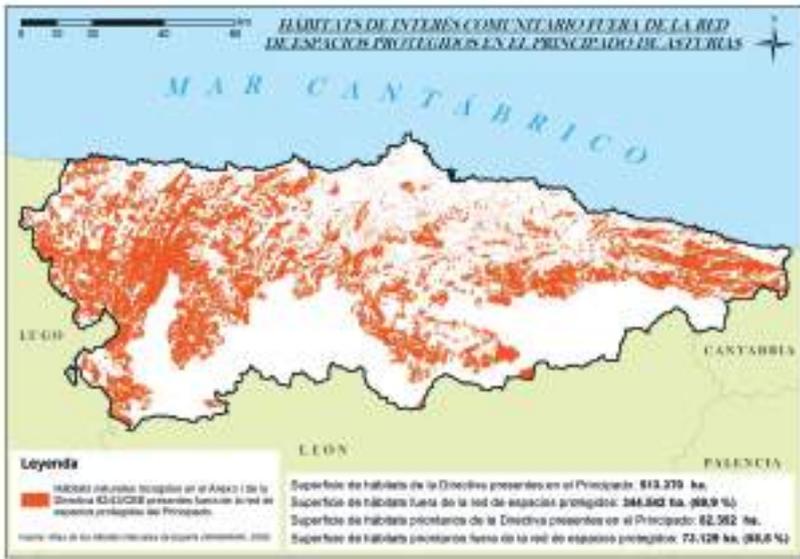


Figura 5. Hábitats de interés comunitario fuera de la Red de Espacios Protegidos de Asturias.

3) Los datos anteriores permiten estimar la superficie de hábitats de interés comunitario (sean prioritarios o no) que quedan fuera de la red de espacios protegidos del Principado (figura 6):

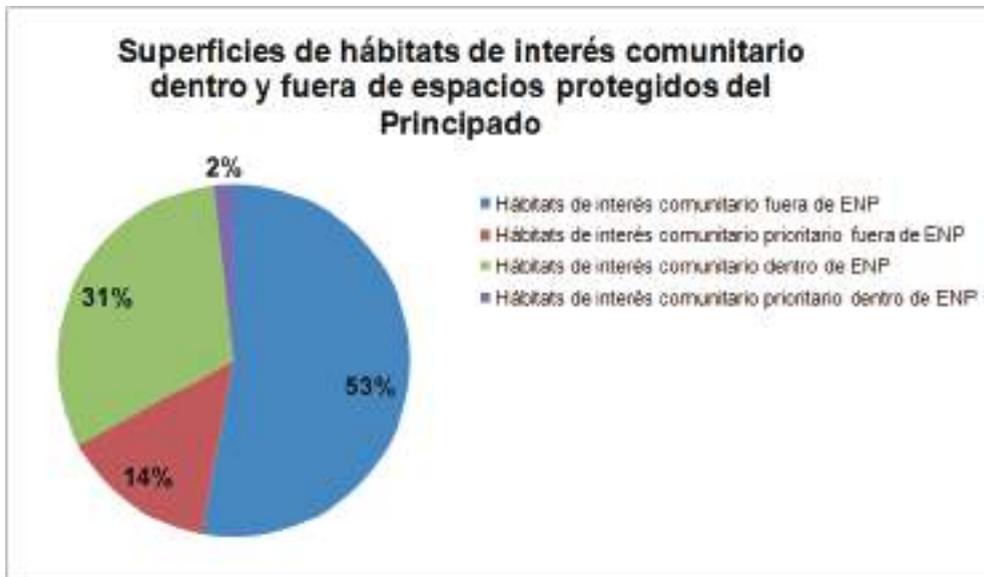


Figura 6. Superficie de Hábitats de interés comunitario.

Discusión

La cartografía de 2005 utilizó como base los trabajos ya realizados en la de 1997, de ahí que su estructura sea similar. Sin embargo, analizando en detalle las diferencias entre ambas, se observa un mayor detalle en la información ofrecida en sus bases de datos en la del 2005 respecto a la de 1997. Por este motivo, y por parecer ésta última una “actualización” de la primera. Si debiéramos optar por una de las dos cartografías, lo haremos por la de 2005.

En cualquier caso son cartografías elaboradas a la misma escala (1:50.000) por lo que han de interpretarse como aproximaciones iniciales en proyectos que requieran escalas mayores.

Por otro lado, hay que tener presente que la construcción de las cartografías y sus bases de datos asociadas, se realizó sobre la base conceptual de la fitosociología, considerando la asociación fitosociológica como la unidad mínima inventariable. A pesar de existir varios manuales o guías interpretativas cuya finalidad es facilitar la identificación en campo de los tipos de hábitats de la Directiva 92/43/CEE [4, 5, 6], la realidad y sensibilidad de la cuestión obliga a contar con botánicos expertos para garantizar la correcta identificación de la presencia o ausencia de un determinado tipo de hábitat.

Finalmente, es importante abrir el debate sobre si dichas cartografías son vinculantes o no. Dado que en la actualidad, a excepción hecha de aquellas comunidades autónomas que hayan elaborado sus propias cartografías, no existe otra fuente de información para el análisis territorial que estas dos cartografías de ámbito estatal. Pero analizada la normativa que le compete, no encontramos ninguna referencia a estas dos cartografías y, menos aún, a su carácter vinculante, por lo que en nuestra opinión debemos considerarlas como una herramienta de estudio preliminar, meramente indicativa, pero que debe complementarse con visitas de campo.

Conclusiones

En el presente trabajo se ha llevado a cabo una reflexión acerca la necesidad de estudiar los hábitats de interés comunitario, presentes dentro y fuera de espacios de la red “Natura 2000”, las herramientas disponibles a nivel estatal y, sus posibles interacciones con la implantación y puesta en funcionamiento de un proyecto.

Desde la publicación de la Directiva 92/43/CEE se han realizado numerosos esfuerzos de síntesis con el objeto de simplificar la interpretación e identificación de los hábitats de interés comunitario. Así, a nivel estatal existen dos cartografías: “Hábitats de Interés Comunitario del Anexo I de la Directiva 92/43/CEE” (1997) y el “Atlas de los hábitats naturales y seminaturales de España” (2005). Sin embargo, como hemos podido comprobar, la existencia de dos cartografías, sus limitaciones de uso (no es posible utilizarlas a cualquier escala), y la indefinición

en cuanto a su carácter vinculante, genera un contexto en el que, tanto desde el administrado como desde la administración ambiental, resultado difícil tomar decisiones sobre la viabilidad o no de un plan o proyecto, en relación con su afección a los hábitats de la Directiva 92/43/CEE no incluidos en espacios de la red "Natura 2000"

Queda mucho trabajo por hacer, en especial, a nivel normativo, reglamentario y cartográfico. También es necesario comenzar a actuar hacia el desarrollo de mecanismos novedosos de compensación de afección a los hábitats como son los mercados de medio ambiente y en especial los bancos de hábitat.

Referencias / Bibliografía

- (1) Rivas-Martínez, S; Asensi, A; Costa, M; Fernández-González, F; Llorens, L; Masalles, R; Molero Mesa, J; Penas, A; Pérez De Paz, P.L. 1993. *El Proyecto de cartografía e inventariación de los tipos de hábitats de la Directiva 92/43/CEE en España*. Colloques phytosociologiques 22, 611-661.
- (2) <http://www.magrama.gob.es/es/biodiversidad/servicios/banco-datos-naturaleza/informacion-disponible/habitat.aspx>
- (3) http://www.magrama.gob.es/es/biodiversidad/servicios/banco-datos-naturaleza/informacion-disponible/atlas_manual_habitats_espanioles.aspx
- (4) Dirección General de Medio Ambiente. Comisión Europea. *Manual de interpretación de los hábitats de la Unión Europea, EUR 25*. Noviembre 2003.
- (5) Bartolomé, C; Álvarez, J; Vaquero, J; Costa, M; Casermeiro M.A; Giraldo J; Zamora J. 2005. *Los tipos de habitat de interés comunitario de España*. Dirección General para la Biodiversidad. Ministerio de Medio Ambiente.
- (6) Hidalgo, R. (Dir.) 2012. *Bases Ecológicas Preliminares para la Conservación de las Especies de Interés Comunitario en España*. Dirección General de Calidad y Evaluación Ambiental y Medio Natural. Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente.

NUEVAS METODOLOGÍAS PARA EL ANÁLISIS DEL IMPACTO PAISAJÍSTICO EN ESTUDIOS DE IMPACTO AMBIENTAL. ANÁLISIS DE ALTERNATIVAS, DEL IMPACTO VISUAL Y DE EFECTOS SINÉRGICOS.

*ESCRIVÀ CAMARENA, C.; MURILLO MORÓN, F. J.; ARCOCHA AZCUE, C.;
URQUIJO PAGAZAURTUNDUA, J.; SANCHEZ-MARMOL GIL, L.*
Basoinsa S.L., cescriva@basoinsa.com. Leioa (Bizkaia).

Palabras clave: Paisaje, Impacto, Sinergias, Visibilidad.

Resumen

Desde la publicación del Convenio Europeo del Paisaje (Florenca, 20 de octubre de 2000), ratificado por el Estado español el 6 de noviembre de 2007; se comprueba un aumento de la sensibilidad social y de la administración hacia aspectos paisajísticos. Tanto la ratificación como la suma de intereses político, social y económico llevaron consigo el desarrollo de iniciativas legales que regulan y protegen el paisaje en varias comunidades autónomas, que en parte siguen las directrices del Convenio Europeo del Paisaje.

El paisaje ha pasado de ser un elemento menor en los estudios de impacto ambiental, a ocupar una posición cada vez más central. De hecho en varias comunidades autónomas se ha desplegado variada normativa, en virtud de la cual, se genera la necesidad de redactar estudios del paisaje de diversa índole, que frecuentemente forman parte del procedimiento de evaluación de impacto ambiental, aportando datos valiosos para la selección de alternativas y la correcta valoración de impactos.

Por tanto, la presente comunicación tiene como objetivo partir de la experiencia aportada en la redacción de estudios de paisaje, para incluir mejoras en los contenidos paisajísticos de los Estudios de Impacto Ambiental (especialmente de líneas eléctricas), y aportar nuevas metodologías incidiendo en los siguientes aspectos en concreto:

- Análisis del impacto visual
- Análisis de visibilidad desde los puntos de observación
- Evaluación de efectos sinérgicos.

Introducción

El origen del creciente interés por el paisaje en España puede situarse con claridad en la firma del Convenio Europeo del Paisaje (Florencia, 20 de octubre de 2000), ratificado por el Estado español el 6 de noviembre de 2007(1):

“El Convenio europeo del paisaje, lanzado por el Consejo de Europa, tiene como objetivo fundamental promover la protección, gestión y ordenación de los paisajes europeos. (.../...)

El Convenio ofrece un nuevo y sólido marco para situar el paisaje en un primer plano de las políticas europeas en materia de Patrimonio Cultural, Medio Ambiente y Ordenación del Territorio.

Respecto a otros Convenios anteriores -centrados exclusivamente en la protección del Patrimonio Cultural material o en la conservación de la naturaleza-, éste presenta algunas novedades relevantes. Los conceptos de Patrimonio Cultural y Natural por primera vez se fusionan en una visión integral del paisaje, que contempla tanto los aspectos naturales como los culturales. Además introduce la dimensión social del paisaje y le otorga la consideración de elemento de bienestar, dando especial cobertura a la relación que se establece entre el ser humano y el medio que habita.”

En el momento de ratificación de este convenio existe a nivel estatal una base de legislación dispersa y asistemática. Se trata de legislación sectorial, que incluyen en su articulado el paisaje.

- *Ley 16/1985, de 25 de junio, del Patrimonio Histórico Español*
- *Ley 25/1988, de 29 de julio, de carreteras*
- *Ley 22/1988 de Costas*
- *Ley 10/1998, de 21 de abril, de residuos*
- *RDL 1/2001, de 20 de julio, por el que se aprueba el texto refundido de la Ley de Aguas*
- *Ley 43/2003, de 21 de noviembre, de Montes*
- *Ley 42/2007, de 13 de diciembre, del Patrimonio Natural y de la Biodiversidad*
- *Ley 45/2007, de 13 de diciembre, para el desarrollo sostenible del medio rural*
- *RDL 2/2008, de 20 de junio, por el que se aprueba el texto refundido de la ley del suelo*
- *RD 975/2009, de 12 de junio, sobre gestión de los residuos de las industrias extractivas y de protección y rehabilitación del espacio afectado por actividades mineras*

Por otro lado, algunas comunidades autónomas aprueban desarrollos legales centrados en el paisaje claramente inspirados por el Convenio Europeo del Paisaje.

Catalunya

- *Ley 8/2005, de 8 de junio, de Protección, Gestión y Ordenación del Paisaje*
- *Decreto 343/2006, de 19 de septiembre, por el se desarrolla la Ley 8/2005 y se regulan los estudios e informes de impacto e integración paisajística*

Valencia

- *Ley 4/2004, de 30 de junio, de Ordenación del Territorio y Protección del Paisaje*
- *Decreto 120/2006, de 11 de agosto, del Consell, por el se aprueba el Reglamento de Paisaje de la Comunitat Valenciana*

Galicia

- *Ley 7/2008, de 7 de julio, de protección del paisaje de Galicia*

Por su parte, además se están desarrollando o están ya en tramitación normativas similares en gran parte del resto de comunidades autónomas.

Estas últimas leyes y reglamentos (2,3) introducen la necesidad de realizar estudios de paisaje, estudios de impacto e integración paisajística etc., y en algunos casos regulan incluso el contenido de los mismos (de un modo similar a lo que ocurre en evaluación ambiental).

¿Cómo afecta esto a la evaluación ambiental?

Desde los órganos ambientales de la administración competentes en la tramitación ambiental de planes, programas y proyectos ha aumentado la exigencia en cuanto al análisis de los impactos paisajísticos. Se solicitan cada vez más a menudo análisis de visibilidad, estudios de impacto e integración paisajística bajo varias denominaciones, análisis de aspectos concretos de impacto visual etc. en distintas fases del procedimiento de evaluación ambiental.

Además, tanto las respuestas a las consultas previas, como las alegaciones que se generan en las fases de información pública del procedimiento de evaluación ambiental, contienen cada vez más a menudo aspectos paisajísticos, que derivan de un aumento del interés por el paisaje tanto a nivel social, como económico, y por tanto, de la mano de los dos anteriores, a nivel político.

En definitiva se hace necesario aumentar el nivel de detalle y alcance del análisis de impactos sobre el paisaje en los planes, programas y proyectos evaluados, y para ello se propone la utilización de metodologías basadas en los reglamentos

y recomendaciones de las CC.AA. que cuentan con legislación paisajística, aunque adaptadas y desarrolladas por el equipo de Basoinsa.

Objetivos

Aprovechar las inercias creadas en torno al paisaje para mejorar el nivel de detalle en el análisis del mismo en los Estudios de Impacto Ambiental. Se parte de las experiencias en Estudios de Paisaje de líneas eléctricas, y se proponen nuevas metodologías probadas ya con éxito para el análisis de alternativas, y la valoración de impactos visuales.

Material y Métodos

El análisis del paisaje ha sido considerado un aspecto menor en los estudios del medio físico (4), de hecho, tradicionalmente el capítulo de paisaje en los estudios de impacto ambiental se ha afrontado con una mera descripción de unidades paisajísticas, así como de su calidad y fragilidad; por su parte se describían los hitos paisajísticos del ámbito de estudio y las cuencas visuales (normalmente coincidentes con las hidrológicas) (5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13). Dentro de los estudios de impacto ambiental son menos comunes, aunque no del todo ajenos, los análisis de visibilidad e impacto visual.

En la actualidad se han popularizado mucho más los análisis de visibilidad mediante Sistemas de Información Geográfica (SIG), que se basan en Modelos Digitales del Terreno (MDT). De estos análisis se obtiene la accesibilidad visual del plan o proyecto, clasificando el territorio en zonas desde las que el proyecto es visible y zonas desde las que no lo es.

Por otro lado se realizan análisis de intervisibilidad de un ámbito de estudio mediante una malla de puntos distribuidos de forma regular en el territorio aunque sin tener en cuenta su frecuentación, es decir, los puntos de la malla no tienen relación con la tipología, o número de observadores potenciales. Por último el análisis de sinergias que se realiza en la actualidad se queda en la descripción de efectos sin profundizar más.

Por tanto, se propone avanzar en nuevas metodologías que se basan en lo exigido en la legislación paisajística surgida en los últimos años, y en las soluciones técnicas que se dan a estas exigencias en los Estudios de Impacto e Integración Paisajística de líneas de transporte de energía eléctrica de alta tensión:

Análisis del impacto visual

Partiendo de las herramientas SIG habituales para el análisis de visibilidad, se incluye la distancia a la línea de alta tensión como factor. Para ello se establecen umbrales de nitidez a distancias definidas en la normativa y en la bibliografía (2, 14), se repite el análisis para cada umbral y posteriormente se ponderan los

resultados. Como conclusión se obtiene un mapa que va más allá de la cuenca visual habitual, y añade grados de visibilidad de la infraestructura en función del número de elementos que son visibles y la distancia a éstos.



Figura 1. Análisis de impacto visual de una línea eléctrica en el que se han establecido umbrales de nitidez en función de la distancia; EsIA de la línea a 400 kV Morata-Valdemingómez (REE).

Análisis de visibilidad desde los puntos de observación:

A partir de los datos del inventario ambiental, las bases de datos del Sistema de Información sobre Ocupación del Suelo de España, SIOSE , (15), se obtiene, mediante herramientas SIG, una malla de puntos de observación (núcleos, carreteras, rutas, miradores, áreas recreativas...), en los que la probabilidad de presencia de observadores potenciales es máxima.

Por tanto, procediendo de un modo similar que en la metodología anterior se pueden asociar a cada punto de observación, además de una ponderación en función de la distancia, factores como la sensibilidad de los observadores al nuevo plan o proyecto, el número de observadores etc., obteniendo así una imagen más realista de la accesibilidad visual del ámbito de estudio.

En función del tipo y número de observadores, y de la distancia se pondera la visibilidad obtenida mediante SIG. La capa resultante de visibilidad es una herramienta muy útil en la toma de decisiones de emplazamiento y/o trazado de nuevas infraestructuras en el territorio como las líneas de transporte de energía eléctrica, así como para la selección de la alternativa de menor impacto visual.

Evaluación de efectos sinérgicos

Tomando como referencia la metodología anterior, se establecen umbrales a partir de los cuales se entiende que los apoyos de las líneas de transporte de energía eléctrica dejan de percibirse como un elemento aislado y forman parte de un conjunto, de manera análoga a cuando se dejan de percibir árboles aislados a percibir un bosque, generando por tanto efectos sinérgicos.

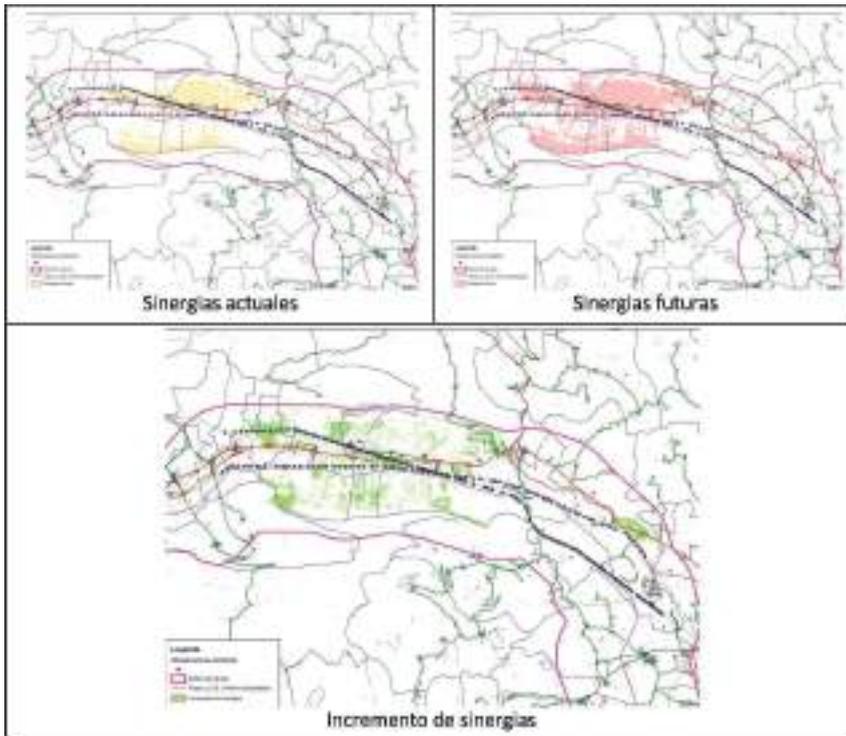


Figura 2. Proceso de obtención de las sinergias que aparecerán a causa de la construcción de la nueva línea a 400 kV Dicastillo-Itxaso en una zona en la que ya existían otras dos.

Se analizan en primer lugar los efectos previos a la actuación, estableciendo las zonas en las que ya existen efectos sinérgicos (ver figura 2). Posteriormente se repite el análisis, añadiendo las estructuras del proyecto, con lo que se obtienen las sinergias futuras. Con estas dos capas se pueden obtener finalmente las zonas en las que se verán incrementados los efectos sinérgicos por la creación de la nueva infraestructura. El resultado final se puede superponer a la información referente a los puntos de observación para estimar en qué medida las zonas en las que se producirán efectos sinérgicos nuevos son frecuentadas, y cuál es la sensibilidad de los observadores potenciales a estas sinergias.

Resultados, Discusión y Conclusiones

Como se ha visto, es evidente la necesidad de avanzar en el nivel de detalle y calidad del análisis de impacto sobre el paisaje que pueden causar planes, programas y proyectos. Para ello se ha partido de las directrices surgidas en la legislación de diversas comunidades autónomas, incluyendo las en los distintos apartados del procedimiento de evaluación ambiental.

De hecho, las metodologías que aquí se proponen tienen aplicación directa para el análisis de alternativas (Análisis de visibilidad desde los puntos de observación) si es aplicada en fases tempranas. En este caso, el resultado obtenido está estrechamente relacionado con la presencia o ausencia de observadores potenciales, y con la tipología de éstos. Conociendo la accesibilidad visual del territorio, y cuáles son las zonas más sensibles es sencillo diseñar trazados o implantaciones de planes o proyectos que las eviten, o al contrario si lo que se pretende es dar visibilidad a la actuación.

Por su parte las metodologías de análisis del impacto visual y análisis de efectos sinérgicos son claramente aplicables en la evaluación de impactos. En el caso de análisis del impacto visual, la metodología va más allá de si el proyecto es o no visible, sino que ofrece una graduación que permite valorar cuáles son los puntos más expuestos al proyecto en el territorio. De este modo se dota al equipo redactor de una herramienta muy útil para dirigir las medidas preventivas y correctoras a zonas en las que los resultados se optimicen.

Por último, en cuanto a efectos sinérgicos, lo que se pretende es dar un paso más allá de la mera discusión argumentada con la que se solventa habitualmente este tipo de efectos, proponiendo una metodología que permita evaluarlos adecuadamente.

Referencias / Bibliografía

- (1) www.mcu.es/patrimonio/docs/Convenio_europeo_paisaje.pdf
- (2) Generalitat Valenciana, 2006. Decreto 120/2006, de 11 de agosto, por el que se aprueba el Reglamento de Paisaje de la Comunitat Valenciana. DOGV 5325.
- (3) Comunidad autónoma de Galicia, 2009. Guía Metodológica para la elaboración de Estudios de Impacto e Integración Paisajística”
- (4) Delgado Mateo, S. , 2003, Tesis Doctoral: “Metodología para la realización de los estudios de impacto paisajístico en líneas eléctricas de transporte” Universidad Politécnica de Madrid. Madrid.
- (5) Bolós, M. “Manual de la Ciencia del Paisaje. Teoría, aplicación y métodos.” Colección Geografía, Masson, Barcelona, 1992.

- (6) Ministerio de Agricultura, ICONA. "Inventario Nacional de Paisajes Sobresalientes." Instituto Nacional para la Conservación de la Naturaleza. Servicio de publicaciones agrarias. Monografías 11, Madrid, 1977.
- (7) Ministerio de Medio Ambiente y Medio Rural y Marino. "Atlas de los paisajes de España." Secretaría de Estado de Aguas y Costas. Unidad de desarrollo territorial, 2003.
- (8) Ministerio de Medio Ambiente. Guía para la elaboración de estudios del Medio Físico. Centro de Publicaciones MIMAM, Madrid, 1998.
- (9) Zonneveld, I. S.. Land evaluation and landscape science. Enschede: ITC, Textbook VII-4, 1979.
- (10) Yeomans, W.C.. Visual impact assessment: Changes in natural and rural environment. En Sardon, R.C., Palmer, J.E. and Felleman, J.P., Eds.. Foundation for visual project analysis. John Wiley and Sons, New Cork, 1986.
- (11) G.Alonso S., Aguiló M. & Ramos A.. "Directrices y Técnicas para la estimación de impactos." ETS. Ingenieros de Montes, Madrid, 1983.
- (12) Busquets, J.; Cortina, A. -coord.-. "Gestión del paisaje. Manual de protección, gestión y ordenación del paisaje." Ed. Ariel, Barcelona, 2009.
- (13) USDA Forest Service. National forest landscape management. USDA Handbook 462, Washington D.C. , 1974.
- (14) 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. Jornada ECOPÁS 2010, Madrid.
- (15) <http://www.siose.es/siose/>

REVISIÓN DE LAS CAUSAS Y CONSECUENCIAS DE LA CONTAMINACIÓN LUMÍNICA

CASTILLO MARTÍNEZ, A; GUTIÉRREZ ESCOLAR, A; GUTIERREZ-MARTINEZ, JM; GÓMEZ PULIDO, JM

Departamento de Ciencias de la Computación
E.T.S. de Ingeniería Informática
Universidad de Alcalá
28871 Alcalá de Henares (Madrid), España
{ana.castillo; alberto.gutierrez;
josem.gutierrez; jose.gomez}@uah.es

Palabras clave: Contaminación lumínica, medio ambiente, alumbrado exterior, flujo hemisférico superior.

Resumen

No hace mucho tiempo el disfrute de la vida nocturna era inviable dada las características de las tecnologías utilizadas. El gran auge del sector de la iluminación ha permitido la expansión del horario social pero sin analizar los daños que éste puede provocar en el medio ambiente. Por este motivo nuestra investigación se ha centrado en analizar la configuración de los sistemas de alumbrado que provocan la contaminación lumínica, analizando también las consecuencias y las posibles soluciones para reducirla, incluyendo una crítica constructiva de la normativa vigente.

1. Introducción

Desde la antigüedad el ser humano ha sentido especial curiosidad por las estrellas, hasta tal punto que ha sido capaz de utilizar la información procedente de las estrellas para múltiples fines como son el guiarse en la oscuridad, o como fuente de información para saber cuándo realizar las tareas de labranza como cosechar o sembrar de los campos. Sin embargo en la actualidad resulta casi imposible encontrar sitios en los que se pueda observar con claridad las estrellas, más de la mitad de la población mundial no es capaz de visualizar la vía láctea a simple vista [1].

El ritmo de vida actual y los avances en materia de iluminación han ocasionado que el ser humano haya optado por modificar la noche en su beneficio, siendo posible mantener una vida social durante horarios nocturnos, cosa que en la antigüedad resultaba complicado. La primera utilización de la luz eléctrica en España fue Madrid en el 18 de febrero de 1852 [2].

Sin embargo, este desarrollo puede tener graves consecuencias si no se hace con cuidado. Durante millones de años la noche ha tenido un papel fundamental en la mayoría de los seres vivos del planeta, hasta el punto de que su ciclo de vida se encuentra fuertemente ligado a la alternancia entre el día y la noche, de modo que la ausencia de alguno de ellos puede tener efectos negativos en sus organismos.

Una de las consecuencias negativas del mal diseño en el alumbrado público es conocida como contaminación lumínica, causante de que en gran cantidad de sitios las estrellas no puedan ser observadas a simple vista y malgastando energía con las consecuencias que conlleva.

Todavía los problemas derivados de este tipo de contaminación no son conocidos por la mayor parte de la población pueden tener graves consecuencias en nuestros ecosistemas, ya que se está alterando de una forma desordenada las condiciones naturales de oscuridad que son propias de las horas nocturnas. Por este motivo se pretende recoger en este artículo un pequeño resumen de las causas y consecuencias de este tipo de contaminación con el fin de que pueda servir de ayuda en su prevención.

2. Definición

El resplandor luminoso nocturno o contaminación lumínica es la luminosidad producida en el cielo nocturno por la difusión y reflexión de la luz en los gases, aerosoles y partículas en suspensión en la atmósfera, procedente, entre otros orígenes, de las instalaciones de alumbrado exterior, bien por emisión directa hacia el cielo o reflejada por las superficies iluminadas [3].

Con el objetivo de reducir la contaminación lumínica el R.D. 1890/2008 [3] regula las emisiones luminosas hacia el cielo mediante la definición del flujo hemisférico superior instalado FHS_{ins} .

A pesar de que el efecto más característico de este tipo de contaminación es el resplandor luminoso sobre las ciudades, existen más efectos derivados de un incorrecto uso de la iluminación artificial.

A continuación se analizará más en profundidad las consecuencias de este tipo de contaminación.

2.1. Difusión hacia el cielo

Se trata del efecto más conocido, y se debe a la interacción de la luz artificial con las moléculas del aire, las cuales desvían el haz de luz en todas las direcciones. Este efecto se hace más notable en lugares con una mayor polución como son las grandes ciudades, ya que presentan una mayor cantidad de partículas en el aire.

El resultado de este fenómeno es un halo luminoso situado sobre las ciudades, el cual es visible a grandes distancias. En el caso de la ciudad de Barcelona, el halo de luz producido por este fenómeno es visible a 300 Km de distancia [4].

Este tipo de contaminación es el principal causante de que muchos niños no hayan visto jamás el cielo estrellado [5].



Figura 1. Contaminación lumínica en Barcelona [4]

2.2. Luz intrusa

Este efecto tiene lugar cuando el alumbrado exterior emite luz que entra por las ventanas de los edificios invadiendo el interior de estos, alterando la actividad humana de su interior. La principal causa de este efecto es la utilización de farolas excesivamente altas que, además de alumbrar la calzada, emite luz que incide sobre otros elementos como son los edificios [4].

Uno de los trastornos más comunes producidos es la alteración del sueño ya que este exceso de iluminación en los edificios puede ocasionar sueño inquieto, ausencia de reposo, cansancio, etc. [6].



Figura 2. Intrusión lumínica [7]

2.3. Deslumbramiento

Este fenómeno tiene lugar cuando la luz emitida por las fuentes artificiales de luz incide directamente sobre el ojo, produciendo una sensación de deslumbramiento que dificultará la visión durante un tiempo.

Este efecto es especialmente peligroso en el caso de los conductores, ya que esta reducción en la visibilidad puede impedir ver con claridad a peatones u otros vehículos pudiendo ocasionar accidentes de tráfico.

2.4. Sobreconsumo

El mal uso de la iluminación exterior provoca un gasto de energía innecesario lo que conlleva a un sobreconsumo de la instalación. En la mayoría de las ocasiones este fenómeno es una consecuencia directa del resto de elementos anteriores.

3. Efectos de la contaminación lumínica

Los efectos producidos por la contaminación lumínica son muy dispares y se pueden clasificar en varios apartados:

3.1. Efectos medioambientales

Una de las principales causas de un incorrecto alumbrado es el exceso del consumo de energía. Este sobreconsumo, además de traducirse en facturas más abultadas, tiene consecuencias nocivas para nuestros ecosistemas. Esto se debe a que al tener que producir una mayor cantidad de energía, esta aporta una mayor cantidad de CO₂ durante su generación.

En la mayoría de los casos, este problema puede derivar de una incorrecta configuración del alumbrado, por lo que podrían reducirse sus efectos si se ajustasen correctamente sus componentes (reflector, ángulo de inclinación, regulación del sistema de accionamiento, regulación del sistema de regulación, etc.).

3.2. Efectos sobre los animales

Para los animales, la iluminación es el indicador por el que se rigen para llevar a cabo la mayoría de sus funciones vitales, tales como las horas de sueño o de alimentación. Es por ello que muchas especies presentan una alteración en su comportamiento derivado del exceso de iluminación de las ciudades.

Cada año se producen multitud de choques de aves contra edificios altos iluminados, torres de televisión etc., que provocan la muerte de millones de pájaros. La mayoría de estas colisiones se producen por especies que vuelan a bajo nivel durante la noche, utilizando el cielo nocturno como método de orientación. En muchos casos, este exceso de iluminación artificial provoca la desorientación de las aves provocando que estas viajen en dirección a ventanas iluminadas. Sólo en uno de los rascacielos de Chicago se contabilizaron 20.967 aves muertas en un periodo de 14 años [8].

Para intentar disminuir estas consecuencias se han promovido diversas iniciativas como la que lleva a cabo la organización 'NY Audubon' a la que ha denominado 'Lights Out' y pretende que alguno de los edificios más importantes de Nueva York como el Empire State o el Rockefeller Center apaguen sus luces durante ciertos periodos para evitar que las aves migratorias choquen contra sus cristales [9].

3.3. Efectos sobre los humanos

La melatonina es una hormona que es secretada por la glándula pineal en el cerebro, la cual ayuda a prevenir la formación de tumores [10,11]. Nuestro cuerpo se encarga de producirla sobre todo durante la noche, disminuyendo su producción en presencia de luz.

Según diversos estudios [12,13] el exceso de luz durante la noche puede aumentar el riesgo de sufrir diversos tipos de cáncer como el cáncer de mama o de colon, ya que interfiere en la producción de melatonina. Estos estudios han comprobado que las personas que viven en países con un mayor nivel de iluminación por la noche tienen un 110% posibilidades de contraer cáncer de próstata que en países en los que la iluminación es menor.

4. Normativa

La actual normativa de España es muy permisiva en este aspecto, para comprender sus consecuencias [14], considere que, en promedio, la fracción de flujo devuelta por el suelo es aproximadamente el 10 % del flujo total emitido por una luminaria. Por tanto, por cada 100 lm emitidos desde una luminaria, 10 lm son reflejados irremediabilmente hacia arriba. Si permitimos, por ejemplo, que otros 3 lm sean emitidos directamente hacia el cielo desde la luminaria (FHS=3%), el flujo hemisférico superior del conjunto sería unos 13 lm, lo que supone un aumento de contaminación lumínica debida al FHS de aproximadamente el 30% sobre lo ya inevitable por la reflexión del suelo.

La tabla siguiente muestra con más detalle el drástico aumento de la contaminación lumínica con valores crecientes de FHS permitido:

A	B	C	D	E	F
FHS (%)	Flujo directo hacia arriba (lm)	Flujo directo hacia abajo (lm) [100-B]	Flujo reflejado hacia arriba (lm) [0,1*C]	Flujo total hacia arriba (lm) [B+D]	Incremento (%) [(B/D)*100]
1	1	99	9,9	10,9	10
3	3	97	9,7	12,7	31
5	5	95	9,5	14,5	53
10	10	90	9	19	111
15	15	85	8,5	23,5	176
25	25	75	7,5	32,5	333

Tabla 1 - Contaminación lumínica en función de FHS [14]

Si observamos la tabla anterior vemos que para un FHS del 25 % provoca un incremento del 333% debido a la reflexión del suelo.

Para comprender que los valores de la normativa Española no son exigentes vamos a comparar los valores de la normativa Española con la normativa Inglesa, en una tabla para que se pueda observar con la tabla anterior el aumento de contaminación que permite la normativa actual.

Normativa	R.D 1890/2008	ILE
Clasificación de zonas	Flujo hemisférico superior FHS	Flujo hemisférico superior FHS [Max %]
E1	≤ 1%	0
E2	≤ 5%	2,5
E3	≤ 15%	5
E4	≤ 25%	15

Tabla 2. Valores máximos de FHS dependiendo del país [3,15]

Dónde:

- E1 corresponde al área con entornos o paisajes oscuros (Parques nacionales, etc.).
- E2 corresponde a áreas de brillo o luminosidad baja (Extrarradios de las ciudades).
- E3 corresponde a área de brillo o luminosidad media (Zonas urbanas residenciales).
- E4 corresponde a áreas de brillo o luminosidad alta (Centros urbanos).

5. Soluciones

La contaminación lumínica tiene varias soluciones, a continuación detallamos nuestras propuestas:

1. Se debe utilizar luminarias que eviten por completo la emisión de luz sobre el horizonte. El límite adoptado en las mejores normativas de estados y regiones europeas (no así en España) es de 0 cd/klm a 90° o más sobre el plano horizontal (con una tolerancia de 0.5 cd/klm) para cualquier luminaria pública o privada.
2. Para un control efectivo de la contaminación lumínica es no sobreiluminar, es decir, no aplicar niveles de iluminación superiores a

las recomendaciones internacionales de seguridad para cada uso, y disminuir estos niveles de forma homogénea a las horas de la noche en que las circunstancias lo permitan. Esta es la única manera efectiva de no aumentar la contribución de la contaminación lumínica procedente de la reflexión del pavimento.

3. Usar lámparas cuya distribución espectral tenga la máxima intensidad en las longitudes de onda a las que el ojo tiene máxima sensibilidad en las condiciones típicas de las áreas a iluminar, evitando al máximo las lámparas de amplio espectro. De este modo, además de favorecer el máximo aprovechamiento de la luz para la función visual, se evita en parte invadir la región del espectro correspondiente a la visión escotópica, que es la predominante cuando se observa el cielo oscuro lejos de la zona donde están situadas las luminarias.

6. Referencias / Bibliografía

- (1) Ron Chepesiuk. Missing the dark: Health effects of light pollution. Enero 2009.
- (2) Carlos López Jimeno. Director General de Industria, Energía y Minas. Consejería de Economía y Hacienda. Guía de gestión energética en el alumbrado público. Madrid 2006.
- (3) Real Decreto 1890/2008, Reglamento de eficiencia energética en instalaciones de alumbrado exterior y sus Instrucciones técnicas complementarias EA-01 a EA-07.
- (4) Pere Horts. ¿Quién nos ha robado la vía láctea? El problema de la contaminación lumínica. Who still us Milky Way Galaxy? Light pollution problema. Enseñanza de las Ciencias de la Tierra, 1999. (7.2) 102-111. ISSN: 1132-9157.
- (5) Blanca Torquemada, Antonio Astorga, Virginia Ródenas. Entrevista a Monserrat Villar, coordinadora del Año de la Astronomía 2009. Periódico ABC, Lunes 27 de Octubre de 2008.
- (6) Mariola Rodríguez Fomt. La contaminación lumínica. Derecho del Medio Ambiente y Administración Local. Fundación Democracia y Gobierno Local.
- (7) Pierantonio Cinzano. Light pollution and the situation of the night sky in Europe, in Italy and Veneto. 2002. ISBN 88-88517-07-4, pags 91-101.
- (8) Mike Hansen. Casting Light on Light Pollution. Green Teacher, Núm. 71. 2003.
- (9) <http://www.rtve.es/noticias/20100903/luces-fuera-pajaros-volando-sobre-nueva-york/351378.shtml>

- (10) Bertha Mariana Reyes-Prieto, Mireya Velázquez-Paniagua, Bertha Prieto-Gómez. Melatonina y neuropatologías. Mayo 2009.
- (11) David E. Blask. Melatonin, sleep disturbance and cáncer risk. Laboratory of chrono-neuroendocrine oncology. Department of structural and cellular biology. New Orleans. 2009.
- (12) Richard G. Stevens. Electric light causes cáncer? Department of community medicine and health care. Farmington. 2009
- (13) Itai Kloog, Abraham Haim, Boris A. Portnov. Using kernel density function as an urban analysis tool: Investigating the association between night-light exposure and the incidence of breast cancer in Haifa, Israel. Source: Computers environment and urban systems. Vol. 33. Issue: 1. Pags: 55-63. Published: 2009. DOI: 10.1016/j.compenvurbsys.2008.09.006
- (14) Carlos Herranz Dorremochea. Aspectos de la contaminación lumínica. CONAMA 9. Congreso nacional del Medio Ambiente. Cumbre del Desarrollo Sostenible. Grupo de trabajo GT-LUZ. Pags: 6-11. Disponible en web: <http://cotfe1.reserva.ebd.csic.es/documentos/Redes/Filtrodecontaminacionluminica/todos/LUZ_final.pdf>. Consultado el 02 de octubre de 2013.
- (15) The Institution of Lighting Engineers. Guidance notes for the reduction of obtrusive light GN01:2011. Think before you light - The right amount of light, where wanted, when wanted. Disponible en web: <<https://www.theilp.org.uk/documents/obtrusive-light/>>. Consultado el 02 de octubre de 2013.

**BLOQUE VIII:
La evaluación de impactos
en la Cornisa Cantábrica**



CONSIDERACIONES SOBRE EL EMPLEO DEL INDICADOR BIOLÓGICO “MACROINVERTEBRADOS BENTÓNICOS” Y LA MÉTRICA M-AMBI EN EL PLAN DE VIGILANCIA AMBIENTAL DEL PUERTO DE EL MUSSEL (ASTURIAS)

GÓMEZ DE LA TORRE V.¹; GRANERO CASTRO J.¹;
GONZÁLEZ ARENALES M.²

¹ Área Medio Ambiente y Sostenibilidad TAXUS MEDIO AMBIENTE, Oviedo – Asturias.
E-mail: jgranero@taxusmedioambiente.com

² Autoridad portuaria de Gijón. E-mail: mgarenales@puertogijon.es

Palabras clave: macroinvertebrados bentónicos, indicador biológico, M-AMBI, Plan de Vigilancia Ambiental, Puerto, El Musel

Resumen

La Declaración de Impacto Ambiental del proyecto de ampliación del Puerto de El Musel, así como de los dragados para el relleno de dicha ampliación establecen la necesidad, entre otras, de monitorizar las poblaciones de macroinvertebrados bentónicos del entorno de actuación para determinar el nivel de impacto.

La presente comunicación mostrará la evolución de dicho indicador a lo largo de los 6 años de seguimiento realizados hasta la fecha y analizará los valores que resultan de la obtención de las métricas AMBI y M-AMBI, relacionándolos con los hitos principales de las actuaciones realizadas en el Puerto de El Musel.

Introducción

La Directiva Marco del Agua enfatiza en la necesidad de utilizar indicadores biológicos para el establecimiento de la calidad ecológica de las distintas masas de agua, atendiendo tanto a la composición como a la abundancia de la fauna bentónica de invertebrados.

Uno de los grupos biológicos más utilizado como bioindicador es el de los macroinvertebrados bentónicos, al poseer numerosas cualidades requeridas en

un indicador. Este grupo presenta una alta diversidad repartida en numerosos taxones, cada uno de los cuales tendrá unos requerimientos ecológicos distintos. Por otro lado, se pueden detectar alteraciones a medio y largo plazo debido a la variedad existente en la duración de sus ciclos de vida, siendo en ciertas especies menor de un mes y en otras mayor de un año.

El AZTI Marine Biotic Index (AMBI), desarrollado por Borja et al. (1), fue designado en un principio para establecer la calidad ecológica de las costas europeas, examinando la respuesta de las comunidades del bentos blando frente a perturbaciones naturales y/o humanas. Actualmente, este índice se utiliza para el análisis de la evolución de la calidad biológica de distintos medios a lo largo de un cierto periodo de tiempo, mediante la comparación de los datos obtenidos en las sucesivas campañas de muestreo.

Para unos resultados más fiables y completos, se desarrolló la métrica M-AMBI (Muxika et al., 2007)(2), que incluye, además del resultado obtenido del cálculo del índice AMBI, la diversidad y riqueza presentes en la muestra estudiada.

Material y Métodos

La metodología para la recogida de muestras se ha basado en la norma UNE-EN ISO 9391:1995. Calidad del agua. Muestreo de invertebrados en aguas profundas.

Para cada muestra recogida y analizada en cada uno de los puntos de muestreo, se elaboró un listado faunístico (Figura 1) y se calcularon las métricas AMBI y M-AMBI. Para el cálculo de ambos índices se ha utilizado el software AMBI para Windows 7 y la librería AMBI para Windows 7, versión de marzo de 2012.

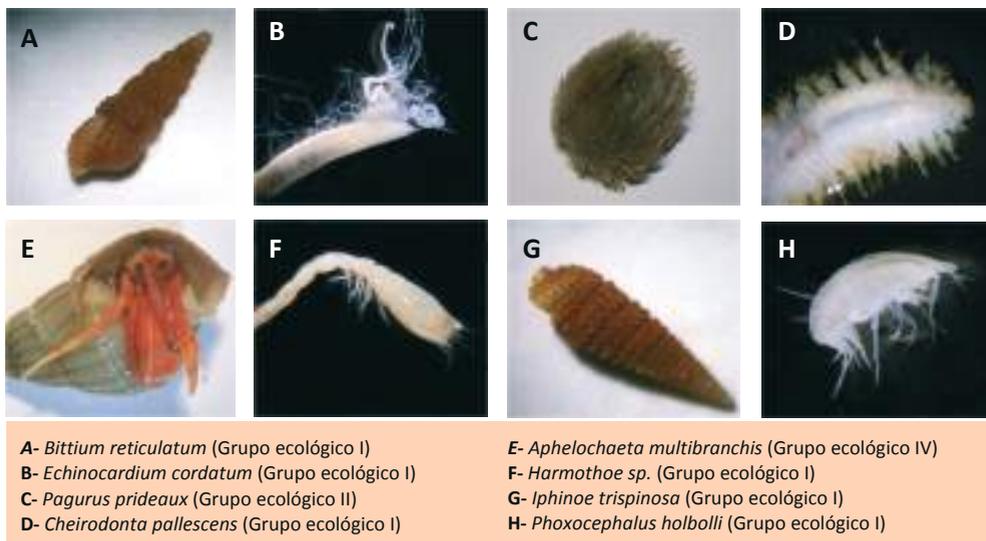


Figura 1. Muestra de macroinvertebrados identificados durante el estudio.

El índice AMBI reparte las distintas especies de macroinvertebrados bentónicos en cinco grupos establecidos en función de su sensibilidad o tolerancia a la contaminación, basándose en el porcentaje de abundancia de cada grupo ecológico en cada muestra tomada para el cálculo de la calidad ecológica.

- Grupo I: Especies muy sensibles al enriquecimiento con materia orgánica y presentes en condiciones sin contaminación.
- Grupo II: Especies indiferentes al enriquecimiento con materia orgánica.
- Grupo III: Especies tolerantes al exceso de materia orgánica. Pueden estar presentes en ausencia de contaminación, pero su población se ve estimulada por el aumento de materia orgánica.
- Grupo IV: Especies oportunistas de segundo orden.
- Grupo V: Especies oportunistas de primer orden.

El valor final obtenido toma valores comprendidos entre 0 (ausencia de alteración) y 7 (extremadamente alterado).

Por otro lado, la métrica M-AMBI es una herramienta de análisis multivariante que proporciona un resultado más completo al incluir datos sobre la riqueza y diversidad del bentos correspondiente a cada muestra, siendo el método de evaluación de referencia establecido en la IPH (Orden ARM/2656/2008) para la valoración de los invertebrados bentónicos de fondo blando de la cornisa cantábrica.

Con el fin de obtener resultados coherentes con la calidad ecológica correspondiente a la zona de estudio, se utilizaron los valores de las condiciones de referencia indicados en el Plan Hidrológico de la Demarcación Hidrográfica del Cantábrico Occidental (aprobado por el R.D. 399/2013, del 7 de junio):

AMBI	Clasificación	EQR	Calidad ecológica
0 – 1,2	Sin perturbación	1 – 0,77	Muy buena
1,2 – 3,3	Ligeramente alterado	0,77 – 0,53	Buena
3,3 – 5	Moderadamente alterado	0,53 – 0,38	Moderada
5 – 6	Fuertemente alterado	0,38 – 0,20	Deficiente
6 – 7	Extremadamente alterado	0,20 – 0	Mala

Tabla 1. Valoración final del índice AMBI y del Ecological Quality Ratio (EQR) en la métrica M-AMBI.

Resultados

A continuación se comentarán los resultados obtenidos tras el cálculo de los índices AMBI y M-AMBI en los 6 años en los que se ha llevado a cabo el seguimiento de las poblaciones de macroinvertebrados bentónicos.

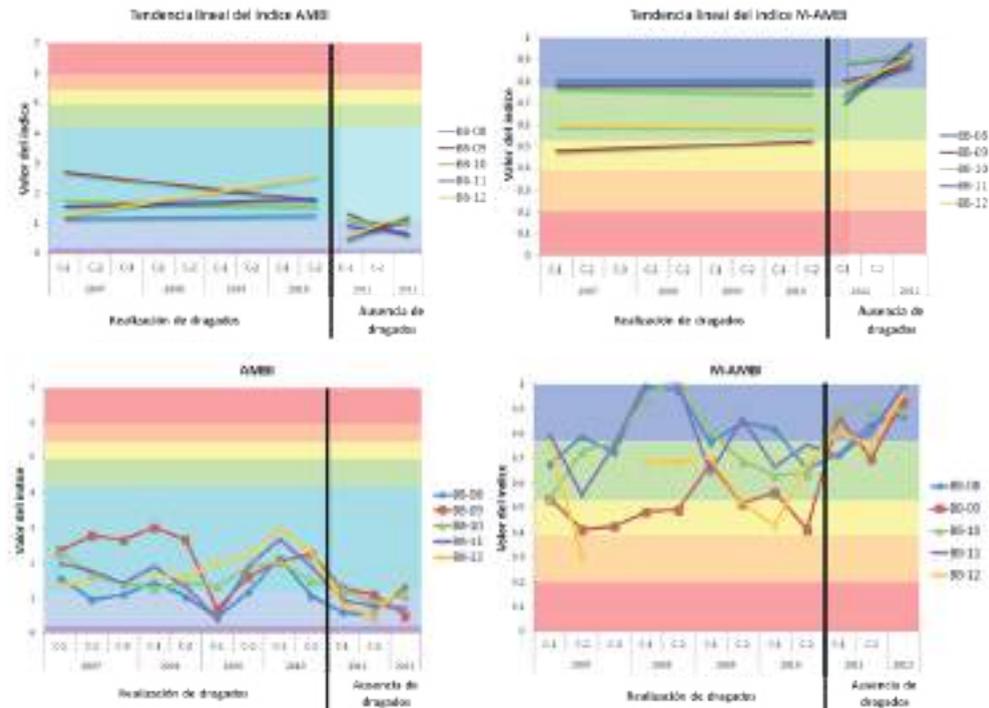


Figura 2. Valores de los índices AMBI y M-AMBI a lo largo de los 6 años en los que se realizaron los muestreos y su tendencia lineal.

Para una mejor visualización y comprensión de los datos, los valores obtenidos para ambos índices se han representado gráficamente (véase Figura 2), mostrándose el valor que toma el índice en cada una de las campañas de muestreo que se han realizado a lo largo de los 6 años. En ambos gráficos, se han dividido las distintas campañas en dos fases: Realización de dragados (que incluye el año 2007, 2008, 2009 y 2010) y Ausencia de dragados (referente al año 2011 y 2012). Además, se ha representado la tendencia lineal de dichos valores durante las dos fases (Figura 2).

Al observar la distribución de los valores obtenidos para el índice AMBI a lo largo de las distintas campañas de muestreo, se pueden detectar diversas fluctuaciones en dichos valores (indicando inestabilidad de la comunidad), sin embargo, durante los años 2011 y 2012 se observa una disminución del valor que toma el índice con respecto a los años anteriores. Los valores obtenidos para el índice M-AMBI muestran un comportamiento similar, observándose fluctuaciones en todos los puntos durante los años en los que se han realizado los dragados, y un aumento de dichos valores en los años 2011 y 2012.

En la primera campaña del año 2010 se ha registrado una alteración en la comunidad de macroinvertebrados presente en cada uno de los puntos

muestreados con respecto al año anterior, aumentando el valor obtenido para el índice AMBI y disminuyendo el valor referente al M-AMBI. Además, esta alteración viene acompañada de un cambio en la composición granulométrica del sedimento en beneficio de arenas más gruesas. Estas alteraciones pudieron ser consecuencia del efecto directo de los dragados o del efecto indirecto del cambio en la granulometría que pudo alterar la composición de la comunidad bentónica, favoreciendo el establecimiento de especies oportunistas con ciclos de vida rápidos.

Al representar la tendencia lineal de ambos índices durante el periodo en que se realizaron los dragados, se observa una estabilidad de los valores o un empeoramiento de los mismos, solo en el caso del punto BB-08 se observa una mejoría con respecto a años anteriores. Sin embargo, una vez finalizados los dragados, la tendencia lineal obtenida indica una notable mejoría en todos los puntos muestreados para la métrica M-AMBI y mejores valores para el índice AMBI.

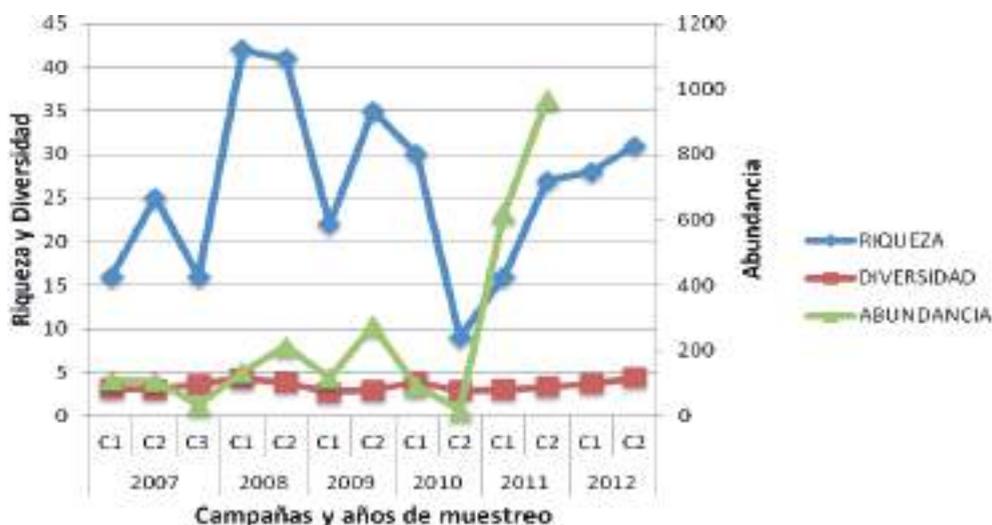


Figura 3. Evolución de la riqueza, diversidad y abundancia a lo largo de los 6 años muestreados.

Un dato a favor del uso de los índices AMBI y M-AMBI es la situación que presenta el punto BB-09 durante el año 2009 (véase Figura 3). En la segunda campaña de dicho año se observa un aumento en riqueza, diversidad y abundancia de macroinvertebrados bentónicos con respecto a la primera campaña del mismo año, sin embargo, analizando los datos obtenidos para el índice AMBI se puede observar que empeora el valor que toma, indicando un aumento de macroinvertebrados oportunistas en la comunidad bentónica.

Muestra	AMBI	Clasificación	Calidad Ecológica (M-AMBI)
BB-8	1,322	Ligeramente alterado	Alta
BB-09	0,5015	Sin perturbación	Alta
BB-10	1,1025	Sin perturbación	Alta
BB-11	0,709	Sin perturbación	Alta
BB-12	1,505	Ligeramente alterado	Alta

Tabla 2. Valores obtenidos para la métrica AMBI y Calidad Ecológica durante el año 2012.

Los valores obtenidos en el año 2012 para la métrica AMBI muestran ausencia de perturbación en tres de los puntos muestreados (BB-09, BB-10 y BB-11) y una ligera perturbación en los dos puntos restantes (BB-08 y BB-12). Estos resultados se pueden explicar al observar el porcentaje de cada grupo ecológico presente en cada uno de los puntos muestreados (véase Figura 4), siendo los individuos pertenecientes al Grupo Ecológico I (especies muy sensibles al enriquecimiento con materia orgánica y presentes en condiciones sin contaminación) los mayoritarios en todos los puntos sometidos a muestreo. Por otro lado, se ha obtenido en todos ellos una Calidad Ecológica Alta (métrica M-AMBI).

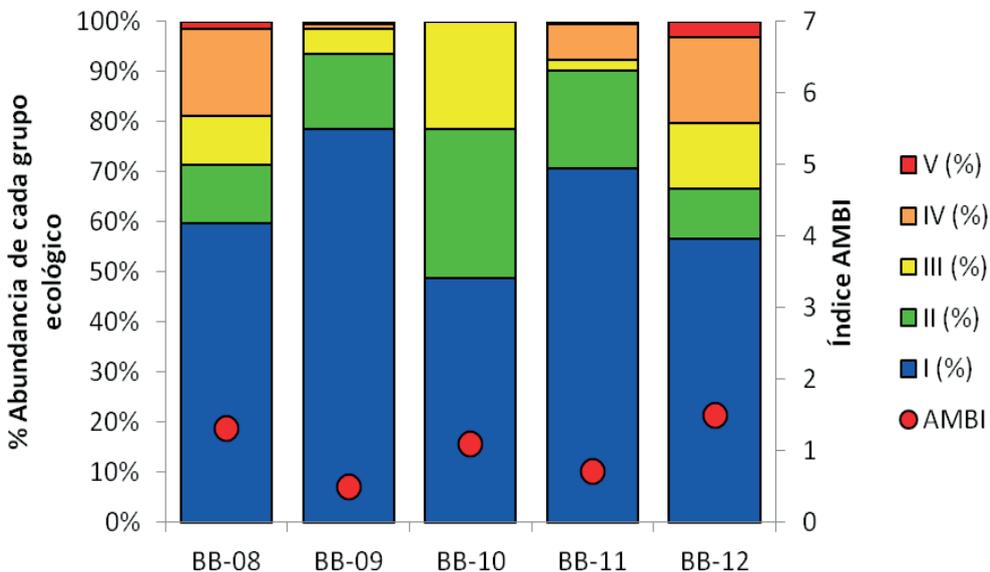


Figura 4. Porcentaje de abundancia de cada grupo ecológico en los distintos puntos muestreados durante el año 2012.

Discusión y Conclusiones

Pese a las alteraciones sufridas en detrimento de la comunidad bentónica a lo largo de los años en los que se realizaron los dragados (del 2007 al 2010), los resultados parecen indicar una madurez progresiva en la población de macroinvertebrados desde el momento que los dragados finalizan (año 2011), presentando en el 2012 una Calidad Ecológica Alta para todos los puntos muestreados.

La evolución de la comunidad bentónica registrada a través de los muestreos realizados evidencia el correcto uso de los macroinvertebrados bentónicos como bioindicadores para el establecimiento de la calidad ecológica de la zona, correspondiendo las épocas en las que la fluctuación de la comunidad es mayor y su composición indica una mayor alteración, con los años en los que se realizaron los dragados.

Por otro lado, para confirmar que la mejoría observada se debe al restablecimiento de la comunidad de macroinvertebrados y no a una mejoría puntual por causas intrínsecas de la población, se debería continuar la monitorización de dicha comunidad, de manera que se pueda observar su tendencia real.

Con el seguimiento continuado se podrían establecer los valores sobre los que oscila la población de forma natural, pudiéndose obtener datos de referencia para futuros proyectos.

El estudio de los macroinvertebrados bentónicos existentes en la zona afectada permite determinar el nivel de impacto generado, ya sea de forma natural y/o artificial, mostrando la evolución de la comunidad bentónica a lo largo del periodo en el que ocurran dichas alteraciones.

Referencias / Bibliografía

- (1) Borja, J.; 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 Vol. 40, No. 12, 1100-1114.
- (2) Muxika, I.; Borja, Á.; Bald, J. (2007). *Using historical data, expert judgement and multivariate analysis in assessing reference conditions and benthic ecological status, according to the European Water Framework Directive*. Marine Pollution Bulletin, No. 55, 16-29.
- (3) Borja, Á.; Mader, J.; Muxika, I. (2012). *Instructions for the use of the AMBI index software (Versión 5.0)*. Revista de Investigación Marina, AZTI-Tecnalia, No. 19 (3), 71-82.
- (4) Muxika, I.; Borja, Á.; Bonne, W. (2005). *The suitability of the marine biotic index (AMBI) to new impact sources along European coasts*. Ecological indicators, No. 5, 19-31.

- (5) Muxika, I.; Ibaibarriaga, L.; Sáiz, J.I.; Borja, Á. (2007) *Minimal sampling requirements for a precise assessment of soft-bottom macrobenthic communities, using AMBI*. Journal of experimental marine biology and ecology, No. 349, 323-33.

ESTACIONALIDAD DEL “ESTADO BÁSICO” DEL RÍO NALÓN, AGUAS ABAJO DE LA CENTRAL TÉRMICA DE SOTO DE RIBERA (ASTURIAS)

SÁNCHEZ ARANGO, M.¹; GRANERO CASTRO, J.¹;
RODRÍGUEZ GARCÍA, J.¹; PUENTE MONTIEL, A.¹;

Cordón Ezquerro, J.¹; Montes Cabrero, E.¹

¹ Área de Medio Ambiente y Sostenibilidad

TAXUS MEDIO AMBIENTE - Oviedo, ASTURIAS; E-mail: msanchez@

taxusmedioambiente.com

Palabras clave: Estado básico, Responsabilidad Medioambiental, Seguimiento Ambiental, Calidad del Agua, Directiva Marco del Agua.

Resumen

La ley de Responsabilidad Medioambiental establece la necesidad de prevenir, evitar y reparar los daños medioambientales causados por el desarrollo de ciertas actividades económicas. Así, incide en que la reparación del daño medioambiental se consigue restituyendo el medio ambiente a su *estado básico*, definiendo éste como “*aquel en que, de no haberse producido el daño medioambiental, se habrían hallado los recursos naturales*”.

Con el fin de dar respuesta a esta Ley y en previsión de futuros escenarios indeseables, la Central Térmica de Soto de Ribera ha iniciado en 2011 la Caracterización Ecológica del río Nalón, aguas abajo de su ubicación. Con ello pretende definir el “estado básico” actual del medio afectado por su actividad.

El presente trabajo analiza los resultados obtenidos por TAXUS durante los tres primeros muestreos de dicho seguimiento ambiental (2011-2012). Éstos serán posteriormente comparados con los datos más recientes de Confederación Hidrográfica del Cantábrico (2003), observándose una gran divergencia entre ellos, lo que pondrá de manifiesto la importancia de conocer el “estado básico de tipo dinámico” y la necesidad de establecer muestreos periódicos específicos que permitan monitorizar el medio.

Introducción

La Ley 26/2007(1) de Responsabilidad Medioambiental y el Real Decreto 2090/2008(2) que la desarrolla parcialmente, regulan la responsabilidad de cualquier persona que desempeñe una actividad económica de las incluidas en su anexo, de prevenir, evitar y reparar los daños medioambientales causados por dicha actividad.

Se define: "Daño Medioambiental" como *"cualquier daño que produzca efectos adversos significativos en la posibilidad de alcanzar o de mantener el estado favorable de conservación de los hábitats o las especies, las aguas, la ribera del mar y las rías o el suelo"*.

Este carácter significativo se evaluará en relación con el "Estado Básico": *"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"*, diferenciando entre:

- Estado básico de tipo dinámico: *"Aquél que prevé la posible evolución de los recursos naturales y los servicios que éstos presentan desde que se produce el daño hasta que surte efecto la reparación"*.
- Estado básico de tipo estático: *"No prevé dicha evolución"*.

Con el fin de dar respuesta a dicha Ley y en previsión de futuros escenarios indeseables, la Central Térmica de Soto de Ribera, propiedad de EDP, ha iniciado en 2011 la Caracterización Ecológica actual del río Nalón, aguas abajo de su ubicación. Para ello se ha procedido al muestreo semestral de dos zonas:



Figura 1. Ubicación de las estaciones de muestreo.

Metodología

Debido a que el medio potencialmente afectado por la citada actividad es un curso fluvial (río Nalón) para su análisis será además de aplicación la Directiva Marco del Agua 2000/60/CE(3) (en adelante DMA).

El estado de una masa de agua, en el contexto de la DMA, se define como el grado de alteración que presenta respecto a sus condiciones naturales (condiciones de referencia) y viene determinado por el peor valor de su estado químico y su estado ecológico.

- **Estado químico:** El buen estado químico de las aguas superficiales es el estado químico alcanzado por una masa de agua en la que las concentraciones de contaminantes no superan las normas de calidad medioambiental (NCA) establecidas en la Directiva 2008/105/CE(4) relativa a las normas de calidad ambiental en el ámbito de la política de aguas. Ésta establece la Concentración Media Anual y el Valor Máximo Admisible para 48 compuestos: 29 Sustancias Prioritarias y 19 Contaminantes de otro tipo. Para ilustrar el estado químico de una masa de agua se emplea el siguiente código de colores:

Tabla 1. Clasificación del Estado Químico de las masas de agua superficiales según la DMA

Estado químico	Color
BUENO	Azul
NO ALCANZA EL BUEN ESTADO	Rojo

- **Estado ecológico:** El estado ecológico de las masas de agua superficiales se clasifica en función de los siguientes indicadores:
 - INDICADORES BIOLÓGICOS:
 - Fauna bentónica de invertebrados
 - Fauna ictiológica
 - Flora acuática: Macrófitos y Organismos fitobentónicos
 - INDICADORES DE CALIDAD HIDROMORFOLÓGICOS:
 - Régimen hidrológico
 - Continuidad del río
 - Condiciones morfológicas
 - INDICADORES DE CALIDAD FÍSICO-QUÍMICOS:
 - Condiciones generales

- Contaminantes específicos sintéticos
- Contaminantes específicos no-sintéticos

Es de destacar (según criterios de la DMA) la importancia de los indicadores biológicos frente a los otros dos tipos de indicadores, que actúan como soporte. Para su muestreo y análisis se han seguido las directrices establecidas en los "Protocolos de muestreo de comunidades biológicas acuáticas fluviales en el ámbito de las Confederaciones Hidrográficas del Miño-Sil y Cantábrico" (Pardo et al. 2010)(5).

Finalmente, para obtener la calificación del estado ecológico, se calcula el denominado EQR (*Ecological Quality Ratio*) para cada elemento: la relación existente entre los valores observados para una determinada variable y los valores obtenidos para esa misma variable en las estaciones de referencia. Este sistema permite establecer 5 categorías:

Tabla 2. Clasificación del Estado Ecológico de las masas de agua superficiales según la DMA

EQR	Color	Estado Ecológico	GRADO DE ALTERACIÓN
≈ 1	Azul	MUY BUENO	Sin alteración o de muy escasa importancia
	Verde	BUENO	Ligera desviación de las Cond. de Referencia
	Amarillo	ACEPTABLE	Moderada desviación de las Cond. de Referencia
	Naranja	DEFICIENTE	Alteraciones importantes
≈ 0	Rojo	MALO	Alteraciones graves (severas)

Como condiciones de referencia se consideraron los resultados presentados en:

- Orden ARM/2656/2008(6), por la que se aprueba la instrucción de planificación hidrológica.
- Tipología de ríos y conformidad con las comunidades biológicas en el ámbito de las Confederaciones Hidrográficas del Miño-Sil y Cantábrico (Pardo et al, 2010)(7).

Resultados

La tabla que se presenta a continuación, resume los resultados obtenidos por campaña de muestreo en los dos ciclos anuales desarrollados hasta el momento (se representa el promedio de los valores obtenidos en ambas estaciones):

Tabla 3. Resultados obtenidos por campaña de muestreo
(valor promedio de Estación 1 y 2)

		1 ^{er} CICLO ANUAL		2 ^o CICLO ANUAL
		2011-AGO	2012-JUN	2012-OCT
BIOLÓGICOS	MACROINVERTEBRADOS	0,56	0,47	0,63
		ACEPTABLE	DEFICIENTE	ACEPTABLE
	DIATOMEAS	0,44	0,39	0,37
		DEFICIENTE	DEFICIENTE	DEFICIENTE
	PECES	ACEPTABLE	ACEPTABLE	ACEPTABLE
MACRÓFITOS	DEFICIENTE	DEFICIENTE	DEFICIENTE	
HIDROMORFOLÓGICOS		DEFICIENTE	DEFICIENTE	DEFICIENTE
FÍSICO-QUÍMICOS		BUENO	BUENO	BUENO
ESTADO ECOLÓGICO		DEFICIENTE	DEFICIENTE	DEFICIENTE
ESTADO QUÍMICO		NO ALCANZA ESTADO BUENO		BUENO
ESTADO TOTAL DEL RÍO NALÓN EN LA ZONA DE MUESTREO		DEFICIENTE	DEFICIENTE	DEFICIENTE

Conclusiones

De la tabla anterior se pueden extraer las siguientes conclusiones:

- **Estado Ecológico:** Aplicando el criterio del valor crítico (“uno fuera, todos fuera”) establecido por la DMA, el estado ecológico vendrá condicionado por el peor valorado de los parámetros analizados. Es por ello que en las tres campañas de muestreo desarrolladas hasta el momento el Estado Ecológico ha sido clasificado como “deficiente”:

Macroinvertebrados: Este elemento define el estado ecológico del medio como inferior al “estado bueno” establecido como objetivo por la DMA. Se observa además, una cierta disminución de la calidad en junio de 2012.

- **Diatomeas:** La composición de la comunidad refleja una alteración significativa respecto a las condiciones de referencia, siendo el valor global por campaña de muestreo inferior en todos los casos al estado ecológico obtenido mediante el análisis de los macroinvertebrados.

- **Peces:** No existen condiciones de referencia para este elemento. No obstante, la comunidad piscícola presente en el tramo está compuesta por 5 especies bien distribuidas y equilibradas en cuanto a proporciones por clases de edad; no habiendo sido observadas diferencias significativas entre las tres campañas de muestreo desarrolladas hasta el momento. Es por ello que el estado ecológico del medio en función de este parámetro se valora "aceptable".
- **Macrófitos:** La valoración de la zona de estudio en función de la vida vegetal es "deficiente" ya que entre las dos estaciones han sido detectadas 14 especies alóctonas invasoras: *Amaranthus* sp. (Amaranto), *Artemisia verlotiorum* (Ajenjo chino), *Bidens frondosa* (Cáñamo de agua americano), *Buddleja davidii* (Lila de verano), *Conyza* sp. (Zamarraga), *Cyperus eragrostis* (Juncia loca), *Helianthus tuberosus* (Aguaturma), *Oenothera glazioviana* (Hierba del burro), *Paspalum paspalodes* (Grama de agua), *Populus nigra* (Álamo negro), *Reynoutria japonica* (Polígono japonés), *Robinia pseudoacacia* (Falsa acacia), *Solanum lycopersicum* (Tomatera) y *Xanthium strumarium* (Cadillo).
- **Hidromorfológicos:** El grado de alteración del cauce es fuerte, existiendo numerosos elementos antrópicos perturbadores (varios puentes, estación de aforo, vía del tren,...). Es por ello que la valoración del medio en función de este parámetro se estima "deficiente".
 - **Estado Químico:** De los 48 compuestos analizados (establecidos en la Directiva 2008/105/CE(4)) únicamente han ido superadas las Normas de Calidad Ambiental en el caso del Tributilestaño en la Estación 1 en la campañas de agosto de 2011; estando el resto muy por debajo de los límites establecidos. Es por ello que el estado químico de la zona se caracteriza en 2011 como "inferior al bueno". No obstante, este compuesto desaparece totalmente en 2012.

Según todo lo anteriormente expuesto se concluye que el **Estado del río Nalón, aguas abajo de la central térmica de Soto de Ribera**, es **DEFICIENTE** a lo largo de todo el periodo analizado (2011-2012).

Discusión

Tal como ha sido comentado, la DMA otorga mayor relevancia a los indicadores biológicos, siendo éstos (macroinvertebrados) los empleados por la Confederación Hidrográfica del Cantábrico (CHC) para caracterizar el río Nalón en la zona de Estudio (estación NAL012, coincidente con la Estación 1).

La gráfica siguiente representa los datos obtenidos por el equipo de TAXUS por estación y campaña de muestreo en la zona de estudio (2011-2012). A continuación se comparan gráficamente estos resultados con los datos de CHC más recientes (2003).

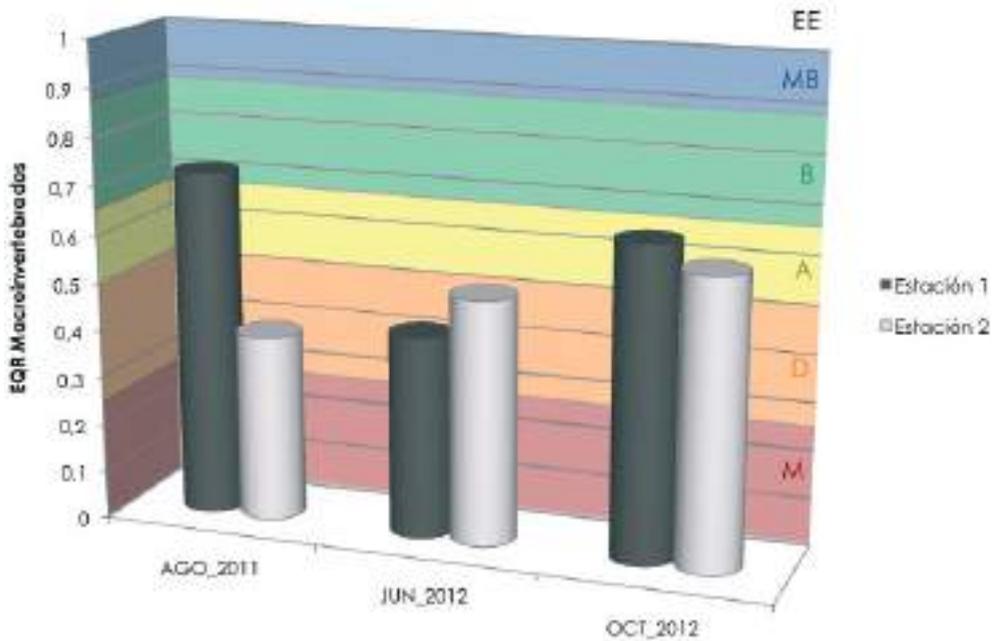


Figura 2. Representación de los resultados del cálculo del EQR de macroinvertebrados y calificación del Estado Ecológico, por estación y campaña de muestreo

Se observa una cierta variación de la calidad del medio atendiendo a este indicador biológico, la cual es divergente en ambas estaciones: mientras que la calidad de la Estación 1 disminuye en junio de 2012 (pasando de un Estado Ecológico "Bueno" a "Deficiente"), para aumentar (a "Aceptable") en octubre del mismo año; en la Estación 2 se observa un incremento progresivo de la calidad (pasando de un Estado Ecológico "Deficiente" a "Aceptable"). Los valores extremos se observan en la Estación 1: máximo en agosto de 2011 y mínimo en junio de 2012.

Comparando estos datos con los obtenidos por CHC en la estación NA012, se observa una enorme divergencia, siendo este último valor (2003) muy superior a los primeros (2011-2012).

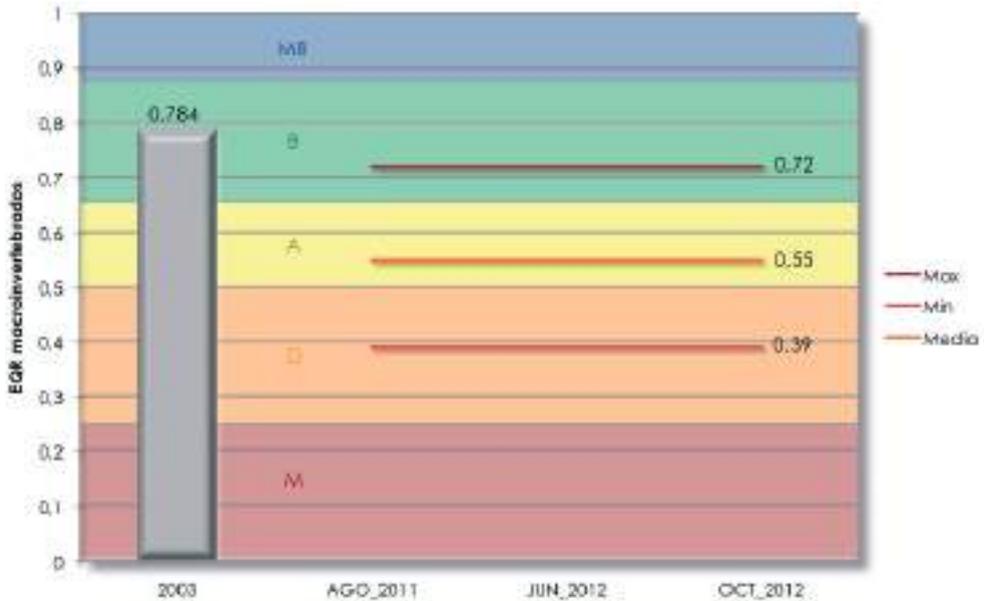


Figura 3. Comparativa gráfica de los valores extremos obtenidos en el periodo 2011-2012 y los resultados más recientes de CHC en el mismo punto (2003)

Como se extrae de las gráficas anteriores, el EQR de invertebrados para la Estación 1 ha sufrido un significativo descenso desde 2003, observándose en la última campaña (octubre de 2012) una cierta recuperación (que no llega a alcanzar los valores iniciales).

En general, la estructura y composición de las comunidades biológicas están influenciadas por las interacciones establecidas por un conjunto de factores ambientales y biológicos que actúan conjuntamente sobre las poblaciones (Schluter y Ricklefs, 1993)(9): Condiciones Hidráulicas, Estructura y Composición del Sustrato, Recursos Tróficos, Características Físico-Químicas, etc.

Estas complejas relaciones, unidas al hecho de que existe un gran lapso temporal entre los muestreos desarrollados por TAXUS y los de CHC, dificultan por el momento la obtención de conclusiones certeras sobre las posibles causas de esta variación en la calidad de las aguas. No obstante ponen de manifiesto la importancia de caracterizar el medio en función de la variación espacial y temporal de sus comunidades biológicas ("estado básico de tipo dinámico"), así como la necesidad de establecer muestreos periódicos específicos; ya que, tras la entrada en vigor de la Ley de Responsabilidad Medioambiental (2007), en caso de producirse un daño medioambiental el promotor estará obligado a llevar el medio afectado hasta su estado inicial, previa ocurrencia del daño medioambiental, definiéndose éste "a partir la mejor información disponible".

Referencias / Bibliografía

- (1) Ley 26/2007, de 23 de octubre, de Responsabilidad Medioambiental.
- (2) 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.
- (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. Traspuesta al ordenamiento jurídico español a través de la Ley 62/2003, de 30 de diciembre, de medidas fiscales, administrativas y de orden social; y modificada por la Directiva 2008/32/CE, del Parlamento Europeo y del Consejo, de 11 de marzo de 2008, que modifica la Directiva 2000/60/CE por la que se establece un marco comunitario de actuación en el ámbito de la política de aguas, por lo que se refiere a las competencias de ejecución atribuidas a la Comisión.
- (4) Directiva 2008/105/CE, del Parlamento Europeo y del Consejo, de 16 de diciembre de 2008, relativa a las normas de calidad ambiental en el ámbito de la política de aguas, por la que se modifican y derogan ulteriormente las Directivas 82/176/CEE, 83/513/CEE, 84/156/CEE, 84/491/CEE y 86/280/CEE del Consejo, y por la que se modifica la Directiva 2000/60/CE. Traspuesta al ordenamiento jurídico español a través del Real Decreto 60/2011, de 21 de enero, sobre las normas de calidad ambiental en el ámbito de la política de aguas.
- (5) Pardo, I.; Abraín, R.; Gómez-Rodríguez, C.; García-Roselló, E. 2010. Tipología de ríos y conformidad con las comunidades biológicas en el ámbito de las Confederaciones Hidrográficas del Cantábrico Miño-Sil. Convenio entre la Universidad de Vigo y las Confederaciones Hidrográficas del cantábrico Miño-Sil. 28 + xi pp. NIPO 783-10-003-9.
- (6) Orden ARM/2656/2008, de 10 de septiembre, por la que se aprueba la instrucción de planificación hidrológica.
- (7) Pardo, I., García, L., Delgado, c., costas, N. & Abraín, R., 2010. Protocolos de muestreo de comunidades biológicas acuáticas fluviales en el ámbito de las Confederaciones Hidrográficas Miño-Sil y Cantábrico. Convenio entre la Universidad de Vigo y las confederaciones Hidrográficas del Miño-Sil y Cantábrico. 68 pp. NIPO 783-10-001-8.
- (8) Schluter D. y Ricklefs R.E., (1993). Species diversity: An introduction to the problem. In: D. Schluter (Editor), Species Diversity in Ecological Communities; Historical and Geographical perspectives. The University of Chicago Press, Chicago, USA, pp. 1-10.

EVALUACIÓN AMBIENTAL DE UN PLAN DE EXPLOTACIONES MINERAS DE CARBÓN EN EL MARCO DE LA RED NATURA 2000. CASO PRÁCTICO DE APLICACIÓN METODOLÓGICA

GONZÁLEZ MARTÍN, J.M.

AmbiNor Consultoría y Proyectos SL, juanma@ambinor.com, León

Palabras clave: Red Natura 2000, minería, cielos abiertos, cordillera cantábrica, metodología evaluación, sostenibilidad y compatibilidad.

Resumen

La explotación del carbón en la Cordillera Cantábrica y la necesidad de disponer de recursos energéticos propios, se aborda desde un doble prisma: por un lado la extracción del recurso debe ser rentable y por otro su presencia coincide espacialmente con importantes valores naturales objeto de conservación de los espacios designados dentro de la Red Natura 2000. Por ello se hace necesaria una planificación que contemple la coexistencia de forma compatible y sostenible de ambos aspectos.

Desde la Junta de Castilla y León, se ha promovido un Plan Regional que aborda la ordenación sostenible de los recursos y la conservación de los valores naturales.

Se ha realizado una Evaluación Ambiental del plan que comprende la elaboración de un Informe de Sostenibilidad Ambiental, en el que se han seleccionado las cortas viables menos impactantes y conjugado su actividad y programación con los criterios de conservación de los espacios y las especies prioritarias, procurando el mantenimiento de la integridad del lugar y la coherencia de la Red Natura. Tras la fase de información pública, se ha incorporado el resultado de la misma en una memoria ambiental. Se han establecido diversos indicadores; entre ellos, se ha tenido en cuenta la pérdida de calidad del hábitat y su fragmentación. Abordando afecciones directas e indirectas y su mitigación, poniendo énfasis en los efectos sinérgicos y acumulativos, tratando de mantener un equilibrio entre rentabilidad y capacidad de acogida del medio.

Como resultado, se han determinado afecciones a la Red Natura; junto con la justificación de razones imperiosas de primer orden dadas por el gobierno regional, conlleva la propuesta, definición y programación de medidas compensatorias acorde los criterios fijados desde la Unión Europea; abordando

adicionalmente un plan de aseguramiento ambiental que controle la efectividad de las acciones y el mantenimiento en los umbrales de los impactos previstos.

Introducción

El **"Plan Regional de Ámbito Sectorial de Explotaciones a Cielo Abierto en Lacia y Babia (León)"**, ha sido diseñado con el objetivo general de compatibilizar la actividad extractiva de carbón a cielo abierto en las comarcas de Lacia y Babia, de la provincia de León, con la estricta protección medioambiental del entorno y para ello se ha desarrollado una propuesta ordenada de la actividad minera en cumplimiento de la legislación ambiental aplicable.

El Plan comprende una planificación de la actividad minera atendiendo a los recursos de carbón existentes en la zona, evaluando la capacidad de acogida del medio y del grado de compatibilidad entre los diferentes usos, dentro del marco de una estrategia de desarrollo económico, social, cultural y ambiental, considerando que el ámbito del Plan se corresponde con un área de gran valor ambiental, amparada por diferentes figuras de protección, entre las que se incluyen espacios pertenecientes a la Red Natura 2000.

La tramitación del Plan ha seguido el procedimiento de Evaluación Ambiental regulado por la Ley 9/2006, de 28 de abril (1), sobre evaluación de los efectos de determinados planes y programas en el medio ambiente, mediante la que se incorpora a la legislación española la Directiva 2001/42/CE del Parlamento Europeo y del Consejo, de 27 de junio de 2001 (2), así como lo establecido la Ley 10/1998, de Ordenación del Territorio de Castilla y León (3).

Asimismo, teniendo en cuenta que el Plan podría afectar de forma apreciable a espacios incluidos en la Red Natura 2000, se ha sometido a una adecuada evaluación de sus repercusiones sobre dichos lugares, teniendo en cuenta los objetivos de conservación de los mismos, en cumplimiento de lo establecido en la Directiva 92/43/CEE del Consejo, de 21 de mayo de 1992, relativa a la conservación de los hábitats naturales y de la fauna y flora silvestres (4), y en su transposición a la normativa española mediante la Ley 42/2007, de 13 de diciembre, del Patrimonio Natural y de la Biodiversidad (5).

La evaluación ha concluido que el Plan no condicionará la representatividad de los hábitats de interés comunitario afectados por los que el LIC "Alto Sil" fue designado como espacio de la Red Natura 2000, y por lo tanto no se verán comprometidos los objetivos de conservación en este sentido. No obstante, con respecto a las especies de interés comunitario inventariadas en el LIC, la evaluación concluye que existirá una afección apreciable sobre la integridad del LIC debido a la afección sobre sus principales especies; el oso pardo (especie prioritaria) y el urogallo cantábrico, por las cuales se designó la inclusión de este espacio en la Red Natura 2000 (6).

A pesar de las citadas conclusiones negativas de la evaluación de repercusiones sobre la Red Natura 2000, y ante la falta de soluciones alternativas, la Comunidad Autónoma de Castilla y León considera que el Plan debe realizarse por razones imperiosas de interés público de primer orden, de índole social y económica (Acuerdo de fecha 11 de diciembre de 2008, del Consejo de Gobierno de la Junta de Castilla y León).

Por ello, de acuerdo con lo previsto en el artículo 6.4 de la Directiva 92/43/CE, (4) se tomarán las medidas compensatorias necesarias para que la coherencia global de la Red Natura 2000 quede protegida y, habida cuenta de la afección del Plan sobre una especie prioritaria, se consulta a la Comisión Europea de forma previa a su aprobación, solicitando su dictamen de conformidad.

Así, una vez adoptada la alternativa de ejecución del Plan ante la falta de otras soluciones alternativas (incluidas la alternativa 0 y de minería de interior), durante el procedimiento de Evaluación Ambiental se llevó a cabo un estudio de alternativas centrado en el análisis ambiental de las posibles explotaciones que serían viables desde el punto de vista técnico y económico, teniendo en cuenta las características, elementos y valores naturales, ambientales, culturales, demográficos, socioeconómicos y de infraestructuras del territorio afectado, y seleccionándose finalmente para su inclusión en el Plan, las explotaciones que resultan más viables ambientalmente.

Teniendo además en cuenta que el Plan establecerá el marco para la futura autorización de proyectos legalmente sometidos a Evaluación de Impacto Ambiental en materia de minería, se ha definido una programación escalonada de entrada en funcionamiento de las cortas seleccionadas, a medida que se vayan aprobando sus correspondientes proyectos, y se ha planificado su explotación conjunta a lo largo de un periodo de 14 de años, al final del cual se habrá culminado la restauración ambiental de los terrenos afectados. Los efectos conjuntos y acumulativos de estas explotaciones sobre los indicadores ambientales en general, y sobre la Red Natura 2000 en particular, han sido identificados y evaluados durante el procedimiento de Evaluación Ambiental a que se ha sometido el Plan.

El ámbito del Plan se resume en la siguiente tabla de la forma:

Tabla 1: Ámbito del Plan.

Promotor	Dirección General de Energía y Minas de la Consejería de Economía y Empleo de la Junta de Castilla y León
Carácter	Plan Regional de Ámbito Sectorial (Ley 10/1998, de 5 de septiembre, de Ordenación del Territorio de Castilla y León). Con fecha 11 de diciembre de 2008, el Consejo de Gobierno de la Junta de Castilla y León, declaró mediante Acuerdo, de "interés público de primer orden" social y económico el Plan al considerar que la dependencia económica de estas comarcas respecto a la actividad minera es prioritaria.
Ámbito territorial	Comarcas leonesas de Lacia y Babia. Término municipal de Villablino, perteneciente a la comarca de Lacia y en el municipio de Cabrillanes, que se corresponde con la comarca leonesa de Babia.
Ámbito temporal	El Plan se programa para un periodo final de 14 años a partir de la fecha de inicio de su ejecución

Tabla 2: Figuras de protección en el ámbito del Plan.

Figura de protección	Denominación
Red Natura 2000	LIC y ZEPA "Alto Sil" (ES0000210) LIC y ZEPA "Valle de San Emiliano" (colindante) (ES4130035)
Red de Espacios Naturales de Castilla y León	Espacio Natural "Sierra de Ancares" Espacio Natural "Valle de San Emiliano (Valles de Babia y Luna)" (colindante)
Reserva de la Biosfera	Reserva de la Biosfera "Valle de Lacia" Reserva de la Biosfera "Babia"
Planes de Recuperación de Especies	Ámbito de aplicación del Plan de Recuperación del Oso Pardo (<i>Ursus arctos</i>)
	Ámbito de aplicación del Plan de Recuperación del Urogallo Cantábrico (<i>Tetrao urogallus cantabricus</i>)
Hábitats de interés comunitario incluidos en el ámbito del LIC "Alto Sil" dentro del que se encuentran incluidas la mayoría de las cortas propuestas en el Plan	<ul style="list-style-type: none"> o 4030 Brezales secos europeos o 4090 Brezales oromediterráneos endémicos con aliaga o 6160 Prados ibéricos silíceos de <i>Festuca indigesta</i> o 8130 Desprendimientos mediterráneos occidentales y termófilos o 8230 Roquedos silíceos con vegetación pionera del <i>Sedo-Scleranthion</i> o del <i>Sedo albi-Veronicion dillenii</i> o 9230 Robledales galaico-portugueses de <i>Quercus robur</i> y <i>Q. pyrenaica</i>

Los objetivos del Plan

Las bases del plan son: Propuesta ordenada de la actividad minera y se fija el sostenimiento de la actividad en tres cortas en explotación simultánea (dos situadas en el Valle de Laciana, al norte del río Sil, y una última al sur del mismo, y al este del valle), cumplir con los compromisos de suministro, mantener el equilibrio productivo y garantizar la propia viabilidad de las empresas mineras.

El Plan define 14 objetivos particulares de carácter sectorial y social-ambiental.

Tabla 3: Objetivos particulares que contempla el Plan.

	Objetivos particulares
1	Mantenimiento de una actividad minera sostenible en la comarca: Localizando las explotaciones en zonas con recurso seguro y suficiente para garantizar viabilidad económica de la explotación y las medidas ambientales destinadas a minimizar las afecciones sobre el medio.
2	No afección significativa a las poblaciones localizando las explotaciones distancias superiores a 250 m de poblaciones y de infraestructuras primarias de transporte.
3	Disminución de la siniestralidad laboral, fomentando métodos de explotación seguros y que provean de condiciones suficientes de seguridad y salud en el trabajo
4	Obtención de carbón con bajo nivel de contaminantes, evitando la explotación de carbones con alto contenido en cenizas y elevado contenido en SO ₂ , NO _x , partículas y plomo.
5	Protección de aguas: Prevención del deterioro de las distintas masas de agua, su protección, mejora y regeneración, con el fin de alcanzar un buen estado de las aguas. No afección a la red principal de ríos
6	Conservación de la biodiversidad vegetal: No afección a los hábitats prioritarios establecidos en 92/43 (Directiva Hábitats) ni a especies vegetales catalogadas o de especial representatividad respecto figuras de protección del territorio.
7	No reducción de la superficie forestal arbolada En particular las formaciones vegetales autóctonas o susceptibles de constituir biotopo para aquellas especies en peligro extinción o representativas de las figuras de protección afectadas.
8	No afección a las poblaciones o biotopos actuales de oso pardo y urogallo cantábrico: En particular no afección a las figuras de protección (áreas críticas) establecidas en los documentos de gestión de estas especies.
9	Conservación biotopo potencial de oso pardo y urogallo cantábrico: No disminución de los biotopos potenciales de especies faunísticas en peligro de extinción ni afectación de a la integridad de los corredores biológicos utilizados por estas especies en la comarca.
10	No afección a las poblaciones o biotopos actuales de otras especies faunísticas de especial representatividad respecto las figuras de protección del territorio.

	Objetivos particulares
11	Conservación de la integridad del paisaje: No aumento o dispersión de los paisajes sujetos a degradación, en particular donde las figuras de protección establezcan este como un valor constituyente de su integridad.
12	Cumplimiento de las prescripciones definidas en los planes de ordenación del territorio existentes en la comarca.
13	Conservación y defensa del dominio y utilidad pública: vías pecuarias y M.U.P.
14	Conservación y defensa del patrimonio artístico y cultural de la comarca.

Material y Métodos

Conceptos sobre la metodología y su aplicación

La multiplicidad de metodologías de análisis y evaluación ambiental de planes y programas es necesariamente grande, dada la gran diversidad de contenidos y enfoques de éstos: planes sectoriales, planes territoriales, programas con proyectos definidos, estrategias, propuestas políticas,...

Tratando de establecer una clasificación necesariamente reductora, nos encontramos con los siguientes cuatro grandes grupos metodológicos:

- Modelos basados en la evaluación de impacto ambiental clásica. Dada la amplia extensión del territorio que constituye el ámbito del Plan y el nivel de definición de las acciones que propone, no contempladas en el mismo a escala de proyecto, este método, por sí solo, no resulta idóneo para valorar adecuadamente los efectos derivados del Plan
- Modelos basados en las premisas del desarrollo sostenible. La principal ventaja de este conjunto de metodologías radica en la posibilidad de incorporar los principios del desarrollo sostenible en los planes y programas. Sin embargo, el nivel de detalle de las predicciones obtenidas por estos modelos es escaso y las metodologías aún poco definidas, por lo que no lo consideramos un método de elección.
- Modelos basados en las técnicas de la ordenación del territorio. Las técnicas derivadas de la ordenación territorial, inciden especialmente en la identificación de zonas afectadas y en la agregación espacial de efectos. Por tanto, al contrario que las metodologías basadas en EIA, hacen hincapié en la acumulación de efectos, más que en los efectos individuales.
- Modelos de análisis de políticas. El nivel de concreción de las políticas es extremadamente bajo, por lo que la evaluación de efectos ambientales de éstas se limita a un planteamiento abstracto de aspectos críticos sobre los que efectuar un seguimiento en los posteriores niveles de desarrollo de la política. Por ello, estos modelos no son adecuados para

la evaluación de propuestas con mayor nivel de concreción, como es el Plan que nos ocupa.

Las características principales del Plan, desde el punto de vista de la selección de la metodología de evaluación a aplicar, son las siguientes:

- Ámbito territorial comarcal.
- Efectos ambientales previsibles concretados en el espacio y en el tiempo.
- Nivel de concreción de las propuestas limitado.
- No agregación de efectos sobre el territorio por solapamiento con otros planes y programas.
- Existencia de instrumentos de planificación superiores (Estrategia de Desarrollo Sostenible de Castilla y León (7); Planes de Ordenación de los Espacios Naturales (8), Red Natura 2000, Plan Nacional de Reserva estratégica de Carbón 2006-2012 (9), entre otras) y de carácter normativo limitante (normativa europea, nacional y autonómica).

Vistas estas características y, en base a lo expuesto en el apartado anterior, se puede concluir que es necesaria la aplicación de una **metodología mixta** que contemple:

- Coherencia de los objetivos del Plan con instrumentos de planificación superiores, incluyendo los principios de sostenibilidad emanados de dichos instrumentos y de las directrices europeas al respecto.
- Análisis de las alternativas y justificación de la propuesta del Plan.
- Efectos ambientales directos, específicos y concretos, de las explotaciones previstas y efectos ambientales indirectos potencialmente presentes como consecuencia de la implementación del Plan.

La metodología propuesta toma elementos de tres de los cuatro modelos genéricos, asumiendo las ventajas de todos ellos y compensando algunos de los inconvenientes que plantean. Esta metodología permitirá asumir principios generales y establecer efectos a una escala elevada, y a la vez llegar a un nivel de detalle suficiente en aquellas acciones del Plan definidas con mayor nivel de concreción. Ello permite afirmar que la propuesta metodológica efectuada es adecuada para evaluar convenientemente los aspectos ambientales del Plan.

Metodología aplicada en el Informe de Sostenibilidad Ambiental (ISA)

La Ley 9/2006, de 28 de abril (1), que traspone la directiva Directiva 2001/42/CE (2), incluye en el Anexo I el contenido mínimo del ISA, ampliando el alcance del mismo con respecto a la directiva europea.

Además, en el apartado 9.1 de la citada ley se indica que *“La amplitud, nivel de detalle y el grado de especificación del informe de sostenibilidad*

ambiental se determinará por el órgano ambiental, tras identificar y consultar a las administraciones públicas afectadas... se comunicará al órgano promotor mediante un documento de referencia que incluirá además los criterios ambientales, estratégicos e indicadores de los objetivos ambientales y principios de sostenibilidad aplicables en cada caso."

El Documento de Referencia del Plan, aprobado por la Orden MAM/1223/2009, de 22 de mayo (10) por la Consejería de Medio Ambiente de la Junta de Castilla y León, establece en el apartado "2.-Contenido, Amplitud y nivel de detalle del ISA" la estructura y contenidos que deberá integrar el ISA.

Atendiendo a las especificaciones anteriores, el contenido del ISA del Plan se ha realizado teniendo en cuenta lo especificado por la normativa anterior así como las determinaciones indicadas en el citado Documento de Referencia.

Se centra la presente publicación en detallar aquellos aspectos metodológicos que se consideran de mayor relevancia para su aplicación práctica y de importancia en el análisis ambiental del Plan, de esta forma los siguientes apartados no se aborda en la presente publicación, por entenderse bien meramente descriptivos, bien convencionales, así:

- Análisis de coherencia externa del Plan con otros planes y programas
- Justificación de la incorporación de criterios ambientales en los objetivos del Plan
- Análisis y diagnóstico. Caracterización de los factores ambientales
- Medidas propuestas para prevenir, contrarrestar los efectos ambientales negativos del Plan Programa de seguimiento ambiental
- Resumen no técnico
- Viabilidad económica de las alternativas y de las medidas propuestas

Todos estos capítulos, su análisis y descripción detallada, pueden ser consultados en la documentación hecha pública en la tramitación del Plan (11).

Aspectos metodológicos del Estudio de Afecciones a la Red Natura 2000

En cuanto al alcance de la valoración, tanto la normativa europea como la nacional establecen que el alcance geográfico del procedimiento de evaluación de repercusiones sobre la Red Natura 2000 no se limita a los proyectos y planes que se incluyen en un espacio protegido, sino también a los que, pese a estar situados fuera, pueden tener un impacto apreciable sobre él.

Por ello se evalúa la afección del Plan sobre el LIC "Alto Sil" que coincide con el ámbito geográfico de la mayoría de cortas propuestas, en el que se centra principalmente este análisis. Asimismo, dada la proximidad a otro espacio incluido en la Red Natura 2000, el LIC "Valle de San Emiliano", se ha evaluado también la probabilidad de que dicho espacio pueda verse afectado por el desarrollo del Plan de manera indirecta.

Discusión y resultados

La valoración ambiental de las actividades alternativas

El procedimiento de análisis se basa en analizar para todas las alternativas posibles, una vez descartadas las alternativas iniciales de no intervención y la de minería subterránea, el tipo de afección que se produce, empleando para ello diferentes indicadores que integran los principales aspectos ambientales, así como socioeconómicos y culturales, basados en condicionantes de índole legal, atendiendo a los principios ambientales establecidos en el Plan (ver tabla 3).

Se realiza una evaluación o selección multicriterio y en consecuencia inter y multidisciplinar, dado que se realiza una comparación de las alternativas analizando el comportamiento de cada una de ellas en relación con una serie de criterios de distinta índole para seleccionar entre las posibles, la mejor.

De forma genérica se desarrolla el método en varios pasos que a continuación se describen:

- Paso 1. Identificación y selección de los criterios de evaluación, en este caso los factores ambientales más relevantes. Separación de los criterios cuantificables de los cualitativos o intangibles y, entre los primeros, diferenciar los directamente cuantificables de los que sólo pueden medirse a través de algún indicador, determinando para estos últimos el indicador correspondiente. Los criterios de evaluación que se adoptan en su conjunto, se entienden como representativos de la calidad ambiental en el ámbito de estudio y, en la medida de lo posible, como independientes y fácilmente aplicables.
- Paso 2. Identificación de los efectos de cada alternativa sobre cada criterio, en términos de ventajas (positivos) e inconvenientes (negativos).
- Paso 3. Cuantificación de los efectos utilizando algún tipo de medida.
- Paso 4. Interpretación o juicio de dichos efectos en términos de comportamiento respecto a los criterios de evaluación, y valoración en una escala adimensional y homogénea para todos.
- Paso 5. Adopción de algún modelo de decisión a partir de los datos anteriores, que permita bien seleccionar una alternativa, bien segmentar el conjunto en grupos de valor (buenas, malas, y aquellas que requieren un análisis más detallado) o bien ordenarlas según clases de valor.

De acuerdo con esto, la evaluación de alternativas implica dos fases bien diferenciadas:

- Fase 1. Formalizar una matriz de datos para la evaluación en donde se incluyan los indicadores analizados y las alternativas contempladas.

- Fase 2. Aplicar un modelo de decisión a dicha matriz y decidir en función de los resultados obtenidos para cada alternativa.

Los métodos de evaluación (12) no proporcionan resultados taxativos, incuestionables, sino que deben entenderse simplemente como ayuda a la decisión, si bien de gran importancia, en la medida en que sistematizan el proceso de reflexión y hacen explícitos los criterios que se van adoptando.

El contenido esbozado para la evaluación en general se basa en las técnicas multicriterio desarrolladas en el campo de la planificación. En este caso los criterios de evaluación se deducen de la optimización ambiental, lo que significa que se tratará de maximizar los impactos positivos, minimizar los negativos y maximizar también la aptitud del entorno para el desarrollo de la alternativa del plan de que se trate.

Los indicadores seleccionados para el estudio de alternativas del Plan están basados en criterios ambientales, atendiendo a requisitos legales de aplicación o de otros. Agrupan los principales parámetros de disponibilidad de recursos, capacidad de acogida del medio ambiente, grado de compatibilidad con otros usos del suelo, así como la viabilidad económica, ambiental y social, atendiendo a los factores y principios ambientales que establece el Plan.

Tabla 4: Listado de indicadores para el análisis de alternativas.

Factor	Principio Ambiental	Indicadores objeto del análisis de alternativas del Plan
Socioeconomía	Mantenimiento de una actividad minera sostenible en la comarca.	Producción de carbón estimada por superficie de ocupación (TM/ha)
	No afección significativa a las poblaciones.	Distancia a núcleos de población (m)
	Disminución de la siniestralidad laboral.	-
Atmósfera	Obtención de carbón con bajo nivel de contaminantes.	-
Hidrología	Protección de aguas.	Distancia a cursos de agua permanentes (m) y ocupación de microcuencas de vertido directo
Flora y vegetación	Conservación de la biodiversidad vegetal.	Afección a habitats prioritarios y taxones de flora protegida (*)
	No reducción de la superficie forestal arbolada.	Superficie de bosques naturales (ha) y Superficie de repoblaciones (ha) afectada

Factor	Principio Ambiental	Indicadores objeto del análisis de alternativas del Plan
Fauna en peligro de extinción: Oso pardo y urogallo cantábrico	No afección a las poblaciones o biotopos actuales de oso pardo y urogallo cantábrico.	Distancia a áreas críticas de Oso Pardo y Urogallo Cantábrico (m)
	Conservación biotopo potencial de oso pardo y urogallo cantábrico.	Superficie afectada de formaciones vegetales características del biotopo de especies en peligro (ha) y grado de antropización de la zona objeto de la corta (ha)
Otra Fauna de interés	No afección a las poblaciones o biotopos actuales de otras especies faunísticas de especial representatividad respecto las figuras de protección del territorio.	
Paisaje	Conservación de la integridad del paisaje.	Población afectada por la visibilidad de las cortas (número de habitantes afectados y núcleos de población) y afección a la calidad paisajística a través de la superficie afectada de masas arboladas (ha)
Ordenación territorial	Cumplimiento de las prescripciones definidas en los planes de ordenación del territorio existentes en las comarcas de Lacia y Babia.	Compatibilidad con los instrumentos de ordenación del territorio (***) y Compatibilidad con los instrumentos de planeamiento urbanístico
	Conservación y defensa del dominio y utilidad pública: vías pecuarias y M.U.P.	(***)
Patrimonio artístico y cultural	Conservación y defensa del patrimonio artístico y cultural de la comarca.	Distancia a elementos del patrimonio arqueológico, artístico y etnográfico (m)

(*) Atendiendo al estudio realizado: Estudio de afección a la Red Natura 2000,.

(**) Dada la inexistencia de PORN del espacio natural afectado, así como otros instrumentos en vigor que condicionen la viabilidad del Plan en relación a las figuras de protección, se ha considerado como indicador a evaluar la delimitación establecida en las figuras de las Reservas de la Biosfera que establece una zonificación de estos espacios con restricciones.

(***) No se afecta a ninguna vía pecuaria por lo que no es necesario establecer un indicador. En el caso de los MUP, todas las cortas se sitúan sobre estos terrenos forestales, por lo que no se plantea ningún indicador ya que no resultaría excluyente a la hora de analizar la viabilidad de las alternativas estudiadas.

El análisis de alternativas que se ha realizado atendiendo a la elaboración de una matriz de datos para la evaluación acorde al representado en la tabla adjunta que se formaliza de la siguiente manera:

- Atributos al cumplimiento de criterios: Sobre la matriz se escribe si o no, según la alternativa sea o no satisfactoria a tal criterio. Suele combinarse como o con un segundo criterio o indicador. Se correlaciona con un nivel de afección en la escala de 1 a 4.
- Valoración simple. Es la atribución de un código de una escala sencilla, en este caso de nivel 1 a nivel 4, representativo del comportamiento de cada alternativa respecto a cada criterio. El grado de afección, significación o atributo de cada criterio o indicador se establece en una serie de niveles que se especifican para criterio, acorde a una tabla de la forma:

Tabla 5: Grado de afección, significación o atributo de cada criterio o indicador.

	Criterio - Indicador (rango unidades) /significación
NIVEL 1	Ud min > Ud. 1. // menor grado de significación /afección
NIVEL 2	Ud 1 < Ud2 . // grado de significación /afección
NIVEL 3	Ud2 < Ud3 . // menor grado de significación /afección
NIVEL 4	Ud3 < Ud max . // menor grado de significación /afección

La decisión no permitirá generalmente seleccionar una alternativa, se puede deducir observando la ubicación de los códigos asignados, también es posible considerar tales códigos como valores, recurriendo a su agregación, bien por suma simple o bien ponderada para obtener un valor total de cada alternativa, para ello sería necesario atribuir pesos a los criterios. No obstante los datos de la matriz así resuelta no suelen disponer de la precisión suficiente para aconsejar esta agregación, si bien si permitirá expresar la noción de dominancia, permitiendo ordenar las alternativas en dos casos, dominantes que se podrán eliminar y las no dominadas que se denominan eficaces u óptimo de Pareto.

- Matriz gráfica. Es una forma de visualización simple. En la que se atribuye una gama de colores, fría para los comportamientos o valores bajos y cálida para los altos, que permite de forma rápida realizar una aproximación visual de la posición de las alternativas frente a los criterios. Los colores empleados en este caso son los resaltados en al tabla anterior de valoración simple.

Se ha empleado una conjunción de las técnicas anteriores para la realización de una evaluación simple, que si bien no permite priorizar unas alternativas frente a otras, al menos si nos permite acorde al cumplimiento de criterios, el poder aconsejar la eliminación alguna de ellas.

En el caso que nos ocupa se realiza una simplificación acorde el nivel más restrictivo para el conjunto de las alternativas (de 1 a 4) y acorde a esta agregación

simplificada el poder desestimar las alternativas que presentan existencia de criterios con valoración de nivel 4 (rojo), de la siguiente forma:

Tabla 6: Matriz simple de valoración y análisis de alternativas sobre cortas posibles

	Rodeviejas	Ampliac. Feixolín	Buxonte	Muxivén	Chabiadas	Felisa	Ladrones	La Mora
1 Reservas por hectárea	Green	Light Green	Yellow	Yellow	Yellow	Red	Light Green	Green
2 Afección a núcleos población	Light Green	Green	Green	Light Green	Light Green	Light Green	Green	Green
3 Afección a la hidrología	Green	Yellow	Red	Light Green	Red	Red	Green	Yellow
4 Afección a formaciones arboladas	Yellow	Light Green	Red	Light Green	Yellow	Red	Yellow	Light Green
5 Afección a áreas críticas de fauna	Yellow	Light Green	Yellow	Yellow	Yellow	Red	Yellow	Light Green
6 Afección a biotopos potenciales de especies en peligro	Green	Yellow	Red	Light Green	Red	Red	Green	Light Green
7 Afección a otros biotopos	Yellow	Green	Green	Yellow	Yellow	Green	Green	Light Green
8 Afección al paisaje	Light Green	Green	Red	Light Green	Green	Yellow	Light Green	Light Green
9 Afección a figuras de interés	Green	Light Green	Light Green	Red	Yellow	Red	Light Green	Light Green
10 Calificación urbanística	Green	Green	Green	Green	Green	Green	Green	Yellow
11. Afección al patrimonio cultural	Light Green	Light Green	Green	Light Green	Light Green	Light Green	Green	Green
Evaluación simple y tabla resumen de resultados	Yellow	Yellow	Red	Red	Red	Red	Yellow	Yellow

Descripción de las principales repercusiones directas sobre la Red Natura 2000: LIC “Alto Sil”

Para determinar adecuadamente si existen o no afecciones a un lugar de la Red Natura 2000, es necesario conocer los objetivos de conservación del mismo. Para ello se disponen de los formularios normalizados (13) de datos elaborados por la Comisión desarrollados por los estados miembros para cada uno de estos lugares. Atendiendo a esta información se han valorado las principales repercusiones sobre el LIC “Alto Sil”, donde se hará especial hincapié en la valoración sobre hábitats y especies, así como la representatividad y el estado de conservación para los hábitats, y conservación para las especies.

Ha sido importante que la valoración que se realice vaya enfocada a determinar el grado de afección que el Plan pueda tener sobre los hábitats y especies faunísticas que previamente han sido catalogados por su alto valor (14) y debido a los cuales se ha designado el lugar con varias figuras de protección.

Para ello, se han considerado dos tipos de valoraciones:

- Valoración Específica: en la cual se busca determinar la importancia que cada uno de los valores objeto de conservación tiene en el LIC, así como valorar el grado de afección que sobre ellos pueda ejercer el desarrollo del Plan.
- Valoración General: mediante la cual se pretende evaluar la afección que dicho Plan pueda ocasionar a los valores globales por los que dicho lugar fue declarado como LIC. Esta valoración permite ver los impactos generales ocasionados, con lo que se facilita la identificación de puntos clave para la conservación de la integridad del lugar.

Se ha establecido como criterio básico para ambas valoraciones considerar la superficie relativa de afección, es decir la relación entre la superficie de los objetivos de valoración que pueden verse afectada (hábitat, biotopos, etc) con la superficie total del dicho objetivo de conservación.

Análisis de las afecciones previstas respecto a cada tipo de hábitat de interés comunitario inventariado en el lugar

Para el desarrollo de la metodología llevada a cabo en este apartado es preciso reflejar que todos los datos utilizados proceden de la base documental del Ministerio de Medio Ambiente y Rural y Marino (15 y 16), así como, de estudios específicos del Servicio de Espacios Naturales, Flora y Fauna de la Dirección General de Medio Natural de la Junta de Castilla y León (17).

En cuanto a la representación en superficie de cada uno de los hábitats analizados se han tomado como referencia los datos extraídos de la cartografía utilizada (18, 19, 20 y 21).

Toda la información ha sido tratada mediante la aplicación de un Sistema de Información Geográfica (SIG), mediante el cual se ha realizado el cálculo de superficies afectadas por cada una de las cortas incluidas en el Plan con el fin de identificar no solo el tipo de hábitat incluido en el área de afección sino la superficie del mismo.

a) Indicadores de Valoración

Los criterios que se han considerado más relevantes para valorar la afección a los hábitat de interés comunitario en el ámbito del LIC "Alto Sil" son:

- Superficie Relativa de Afección: se considera la superficie relativa como la superficie de hábitat que se puede ver afectado respecto

al total de la unidad presente en el espacio Red Natura. Este dato nos permite valorar la viabilidad que presenta dicho ecosistema en el caso de verse afectado por el Plan. Dentro de este parámetro es importante diferenciar tanto la superficie de afección directa debido a la ocupación de las cortas, que supone la pérdida directa de la superficie de ese hábitat, como la superficie de afección indirecta, que se corresponde con aquella superficie que no se verá afectada directamente por el desbroces para este criterio se ha tomado como referencia un buffer de 50 metros, se trata de una zona en la pueden darse impactos temporales reversibles y/o recuperables, como la afección de la vegetación por la emisión de partículas. Este indicador se representa en forma de porcentaje.

- Fragmentación del Hábitat: la fragmentación de hábitats es el proceso de división de hábitats continuos en fragmentos que a medida que se hacen más pequeños quedan más aislados entre si y que en conjunto ocupan sólo una fracción de la superficie original del hábitat. De este modo, para este criterio, se ha considerado por un lado el grado de fragmentación interna, considerando la superficie de afección de la subunidad de hábitat sobre la que se asienta la corta y por otro lado la fragmentación general que se produce sobre la totalidad de esa unidad concreta del hábitat a la que pertenece la subunidad. Los umbrales críticos de fragmentación dependerán de los requerimientos de cada especie en términos de hábitat y de movilidad.
- Grado de protección del Hábitat: finalmente la valoración de la importancia que dicho hábitat tienen dentro del lugar por ser prioritario.

b) Metodología Empleada

En cuanto a la metodología de cálculo se ha tenido en cuenta una ponderación previa en base a la importancia relativa de cada indicador empleado, siendo el criterio de conservación el más importante, seguido de la fragmentación y finalmente la superficie relativa de afección, la relación entre los tres parámetros nos dará el rango de valoración final.

Para valorar la fragmentación se ha determinado en base a estudios realizados que cuando el 60% de un determinado hábitat original ha desaparecido de un paisaje, los fragmentos remanentes pueden llegar a ser insuficientes para mantener las especies que dependen de ellos, por ello se ha considerado que independientemente de los otros dos criterios en el caso de que se eliminara más del 60% de la superficie de un hábitat el impacto ocasionado será CRÍTICO. La conservación y restauración de corredores ecológicos se contempla como la más eficaz estrategia contra la fragmentación de los hábitats presentes en un lugar.

De este modo la tabla de resultados posibles es la siguiente:

Tabla 7: Resultados posibles en la afección de hábitats por el desarrollo del Plan y su fragmentación.

Grado conservación	Superficie Relativa	Tipo de afección	Fragmentación	Valoración
Prioritario	>60%	Directa	En todos los casos	CRITICO
Prioritario	30-60%	Directa	>75% subunidades afectadas	CRITICO
Prioritario	30-60%	Directa	50-75% subunidades afectadas	SEVERO
No Prioritario	>60%	Directa	En todos los casos	SEVERO
Prioritario	10-30%	Directa	25-50% subunidades afectadas	MODERADO
No Prioritario	30-60%	Directa	50-75% subunidades afectadas	MODERADO
Prioritario	<10%	Directa	<25% subunidades afectadas	COMPATIBLE
No Prioritario	< 30%	Directa	<25% subunidades afectadas	COMPATIBLE
Prioritario/No Prioritario		Indirecta		COMPATIBLE

Análisis de afecciones sobre especies clave: oso pardo y urogallo cantábrico

En el caso del oso pardo se trata de una especie prioritaria según la Directiva Hábitats (4), valorada atendiendo a la información reflejada en los formularios oficiales del LIC (13) como especie "significativa." Por otra parte el urogallo, incluido dentro de la Directiva Aves (22), obtiene una valoración de "excelente" dentro este espacio, constituyendo uno de los principales valores por los que se declaró su inclusión en la Red Natura 2000.

Su simple presencia –más allá de los problemas de conservación a los que se enfrentan ambas y su incierto futuro- es un claro símbolo de la salud medioambiental de la que aún gozan estas tierras, y una oportunidad para continuar luchando por su supervivencia en la Cordillera donde tienen uno de sus últimos reductos poblacionales en la Península, estrechamente ligado a los bosques atlánticos de frondosas.

Dado el estatus poblacional de estas especies y los esfuerzos de conservación llevados a cabo durante años, y ante la perspectiva de aumentar la presencia del hombre y sus actividades en el territorio que ocupan, se analizan, a continuación, sus principales características y situación, así como los previsibles efectos que la actividad minera pudiera ocasionarles. Entre los potenciales efectos derivados del desarrollo del Plan, cabría citar.

- Efecto barrera
- Destrucción y fragmentación de hábitats
- Molestias

Para llevar a cabo este estudio se han consultado diferentes publicaciones relacionadas con estas especies (23, 24, 25, 26, 27 y 28) así como la documentación aportada por la Consejería de Medio Ambiente atendiendo a estudios desarrollados por el Servicio de Espacios Naturales, Flora y Fauna en este espacio. Dado que dichas especies constituyen los principales valores ambientales de este espacio, la metodología para valorar la afección del Plan sobre dichas especies incluye un análisis detallado atendiendo a la programación de las cortas previstas en el ámbito del Plan y dentro del espacio Red Natura, de cara a obtener un adecuado análisis al respecto. Se han considerado asimismo los posibles efectos acumulativos y sinérgicos derivados de la explotación conjunta de diferentes cortas, diferenciando principalmente entre aquellas situadas al norte de la infraestructura CL-623 y al sur de la misma.

Análisis de afecciones sobre otras especies

a) Indicadores de Valoración

Para este análisis se ha primado el estudio de afección a los espacios que son de importancia para las especies que son objeto de protección por la Red Natura 2000, por ello aquí no se habla de afecciones directas a los ejemplares de fauna, sino que se trata de valorar como el desarrollo del plan puede causar degradación de los espacios vitales para ellos, la afección a dichos espacios es lo que provocaría que las poblaciones de esa especie se vean alteradas. Se han excluido de esta valoración el oso pardo y el urogallo cantábrico, que han sido analizados en el apartado anterior, atendiendo a criterios más concretos dada la importancia de ambas especies dentro del espacio Red Natura 2000.

De este modo, se valorará por un lado la afección a las siguientes zonas:

- Zonas de reproducción: principal biotopo o biotopos en los que cada especie centre su actividad reproductora.
- Zonas de Alimentación: biotopos faunísticos en los que cada especie encuentre recursos tróficos.
- Zonas de descanso o hibernación: En líneas generales se trata de biotopos en los que cada especie centre sus momentos de descanso del día, a excepción del oso en el que se hace referencia además a las zonas en la que la especie hiberne.

El otro criterio de valoración utilizado ha sido el grado de protección de la especie y su representatividad en el espacio protegido, en la tabla se

clasificará por grupos de especies indicando en cada caso aquellas que presenten una mayor relevancia al estar incluidas en las especies objeto de protección por la Red Natura 2000.

b) Metodología Empleada

La metodología de valoración utilizada en este caso, se basa en ponderar los indicadores aplicados en función de su importancia, de este modo, se ha considerado que el grado de protección que presenta el taxón es el factor más relevante y por tanto con mayor ponderación. Dentro del otro indicador considerado, la afección a espacios de importancia, el orden de prioridad es: Afección a la zona de reproducción, afección a la zona de descanso o hibernación y finalmente la afección a la zona de campeo o alimentación.

Para obtener la valoración parcial del indicador Grado de protección se ha considerado el siguiente rango, en base a las categorías establecidas en el Catálogo Nacional de Especies Amenazadas (29):

Tabla 8: Rangos aplicados a la valoración del grado de conservación.

Grado de conservación	Valoración
En Peligro	5
Sensible a la alteración del hábitat	4
Vulnerable	3
Interés especial	2
No Catalogada	1

Por otro lado, en cuanto al valor parcial resultante de la afección de espacios de importancia se ha considerado el siguiente rango y ponderación:

Tabla 9: Rangos aplicados a la valoración parcial de espacios de importancia

Espacios de Importancia	Valoración	
Reproducción	Si afecta	3*1
	No afecta	3*0
Descanso o hibernación	Si afecta	2*1
	No afecta	2*0
Campeo o alimentación	Si afecta	1*1
	No afecta	1*0
Resultado	Reproduc.+Descanso+Campeo	

Por tanto, para el cálculo de la valoración final se ha combinado el resultado de la valoración individual de los dos indicadores propuestos, de tal manera que nos dé un resultado global de la afección que dicho plan puede ocasionar sobre los taxones de fauna presentes en la zona de estudio. Finalmente en la fórmula para el cálculo del impacto se ha introducido el tipificador de la magnitud considerada esta como el grado de incidencia de la acción impactante sobre cada factor y que se obtiene a partir de valores cuantitativos asignados en función de la composición o naturaleza de la acción.

De este modo, no es lo mismo que la afección a un espacio de importancia sea de forma indirecta por posibles ruidos temporales que por destrucción de dicho espacio, de la intensidad con la que se produce la acción, entendiéndose como intensidad la cantidad de contaminante (ya sean decibelios, gases contaminantes, contaminantes al suelo, etc.) o la fuerza con que se produce la acción; de la distancia de la acción al factor del medio afectado y de si la acción es continua o discontinua de la forma siguiente.

Tabla 10: Descripción de la magnitud y los valores que se le asignan

Magnitud	Valor
Baja	1
Media	2
Alta	3
Muy alta	4

2*Grado de Protección + (Afección espacios de importancia*Magnitud)= Valoración Final

Tabla 11: Resultados establecidos para la valoración final del impacto:

Resultado	Valoración final
> 25	Crítico (Cr)
19-25	Severo (S)
12-18	Moderado (M)
< 12	Compatible (C)

Análisis de las repercusiones previstas al espacio Red Natura 2000

Tras llevar a cabo una valoración atendiendo a los hábitats y taxones afectados por el Plan se incluye una valoración de la potencial afección del conjunto del Plan a lo largo de su ámbito de aplicación, sobre la integridad del LIC "Alto Sil" y teniendo en cuenta la existencia de impactos acumulativos y sinérgicos.

Según el documento elaborado por la Comisión Europea en el año 2007 sobre el apartado 4 del artículo 6 de la Directiva Hábitat se define la "integridad de un espacio Red Natura 2000" (30) como el conjunto de factores que contribuyen al mantenimiento del ecosistema, incluidos los valores estructurales y funcionales. En el marco de la Directiva Hábitats (4), la integridad biológica de un lugar va ligada a los "objetivos de conservación" que responden a las exigencias ecológicas de los hábitats y de las especies por lo que ha sido designado. Estos objetivos vienen definidos en función de las especies silvestres y los tipos de hábitats de interés comunitario que alberga un lugar según los datos correspondientes de los formularios normalizados de datos de Natura 2000, teniendo en cuenta la importancia relativa de éstos. En este sentido, se considera que existirá una afección a la integridad de un lugar cuando se vean comprometidos los "objetivos de conservación" de dicho lugar.

Otro aspecto relacionado con la Red Natura que debe ser objeto de valoración es la afección a la "coherencia global de la red" cuya definición integra diferentes parámetros que se evalúan.

a) En cuanto a superficie afectada del LIC

Atendiendo a la superficie afectada del LIC atendiendo a la programación prevista en el Plan, se obtiene que se vería afectado, en el caso más desfavorable, el 1,85% de la superficie total del espacio "Alto Sil", siendo algo inferior en el periodo inicial del Plan.

b) En cuanto a la afección a la integridad del LIC "Alto Sil"

Las posibles afecciones del Plan deben evaluarse en función del concepto de conservación, anteriormente mencionado, teniendo en cuenta que la Red Natura está compuesta por lugares y se tiene que garantizar el mantenimiento de los hábitats naturales y especies que albergan un estado de conservación favorable en su área de distribución, que se reflejan en la naturaleza dinámica de los hábitats y especies que alberga.

En primer lugar, atendiendo al posible deterioro de los hábitats representados dentro del LIC, es necesario reseñar, que los criterios evaluados están relacionados con una potencial afección al estado de conservación de los mismos atendiendo a los aspectos que se relacionan a continuación:

- área de distribución natural y estabilidad de las superficies comprendidas dentro de dicha área.
- existencia de la estructura y funciones específicas necesarias para su mantenimiento a largo plazo.
- estado de conservación favorable de sus especies típicas.
- el área de distribución natural de la especie.
- existencia de hábitats de extensión suficiente para las poblaciones a largo plazo.

Por otra parte, la “**coherencia global de la Red Natura**” constituye uno de los elementos fundamentales de la Red, la cual debe ser protegida en el caso de planes o proyectos de efectos negativos. Atendiendo al estudio realizado por Korpinen&Piekainen (31), se han considerado los siguientes factores para análisis de la afección a la coherencia de la Red Natura como consecuencia de desarrollo del Plan. Los factores son:

- Representatividad: se corresponde con el mantenimiento de una muestra representativa de los objetos de conservación que contiene la red y que debe mantenerse al menos en el ámbito de la región biogeográfica. En este sentido el desarrollo del Plan no afectará a la representatividad de las especies y hábitats que alberga el LIC “Alto Sil”, asociados a las regiones biogeográficas eurosiberiana y mediterránea que alberga el lugar.
- Conectividad: es un aspecto propio de las especies y poblaciones a conectar que está en función de los ciclos de las especies, distancias de dispersión, etc. Atendiendo al análisis realizado, la conectividad global del espacio LIC “Alto Sil” con el resto del territorio no se verá afectada a nivel global. Asimismo, no se constata la existencia de una fragmentación de los hábitats que comprometa dicha conectividad.
- Replicación de los objetivos de conservación: se refiere a la presencia de los mismos hábitats, especies o procesos ecológicos en los diferentes lugares. En este sentido ninguna de las especies y hábitats se restringen al ámbito del LIC evaluado, por lo que no se considera la existencia de una afección sobre este factor.
- Tamaño y forma. El tamaño de las áreas no es un parámetro absoluto e invariable que asegure la coherencia ya que es función de la matriz territorial donde se localice el lugar. Se trata de un factor relacionado con el efecto de la fragmentación de los hábitats. Tal y como se deriva del análisis de la afección a hábitats, no se constata la existencia de fragmentación de los hábitats afectados por el Plan, y además si se considera la superficie relativa afectada por el Plan, inferior al 2% del LIC, se considera que no existirá una afección sobre este factor, que condicione la coherencia global de la Red Natura.
- Resiliencia y funciones ecológicas del ecosistema. Los componentes de la resiliencia de una red incluyen la gestión efectiva, el aumento de la capacidad de dispersión por la inclusión de hábitats replicados o representativos, entre otros aspectos, por otra parte las funciones ecológicas tienen relación con la interacción entre especies. En este sentido, el Plan no se considera que ocasione alteraciones significativas sobre estos factores que supongan una afección sobre la coherencia de la red.

Por lo tanto, atendiendo a los anteriores criterios se obtuvo que el desarrollo del Plan no afectará a la coherencia global de la Red Natura 2000.

Conclusiones

Los principales valores ambientales del ámbito territorial donde se ha de desarrollar el Plan de Explotaciones de Laciana y Babia vienen definidos por la existencia de espacios naturales incluidos en la Red Natura 2000. Concretamente, varias de las cortas previstas se sitúan dentro de los límites del LIC y ZEPA "Alto Sil" (Código ES0000210), mientras que otras se sitúan en sus proximidades

Este espacio Red Natura 2000 presenta una serie de valores naturales bien conservados y con una gran naturalidad por los cuales fue designado como Lugar de Importancia Comunitaria y Zona de Especial Protección para las Aves. Entre estos valores cabe destacar la presencia de numerosos hábitats de interés comunitario, algunos de ellos clasificados como de interés prioritario, así como la presencia de dos especies de interés comunitario catalogadas como En Peligro de Extinción: el urogallo cantábrico y el oso pardo, especie esta catalogada además como de interés prioritario.

En este sentido se recoge una determinación de las afecciones que tendrá el Plan de Explotaciones sobre las referidas especies y hábitats de interés comunitario, a fin de definir las medidas correctoras o de mitigación precisas, así como las medidas compensatorias necesarias para que la coherencia global de la Red Natura 2000 quede protegida.

Esta determinación se realiza a partir de la documentación reunida durante la evaluación de repercusiones sobre la Red Natura 2000 a la que se ha sometido el Plan, dentro del procedimiento de Evaluación Ambiental seguido. Para ello, se ha tenido en cuenta el Estudio de Afecciones a la Red Natura 2000 que se incorporaba dentro del Informe de Sostenibilidad Ambiental del Plan.

De acuerdo con el análisis de afecciones sobre las especies de interés comunitario en peligro de extinción, la evaluación de las repercusiones del Plan sobre los espacios Red Natura 2000 ha concluido que existirá una afección apreciable sobre la integridad del LIC "Alto Sil" debido a la afección sobre sus principales especies; el oso pardo (especie prioritaria) y el urogallo cantábrico, por las cuales se designó la inclusión de este espacio en la Red Natura 2000. El desarrollo del Plan puede suponer la alteración de algunos factores que ayudan a mantener las condiciones favorables de las citadas especies, que se traducen en la generación de molestias y ciertos efectos barrera en cuanto a su potencial dispersión.

A pesar de la adopción de las medidas preventivas, protectoras y correctoras que se desarrollan a fin de minimizar los efectos ambientales negativos del Plan, y en particular para mitigar las afecciones a las citadas especies de interés comunitario, estas afecciones no podrán ser totalmente eliminadas durante el periodo de ejecución del Plan, por lo cual se adoptarán las medidas compensatorias necesarias para que la coherencia global de la Red Natura 2000 quede protegida.

De acuerdo con el análisis de afecciones sobre los hábitats de interés comunitario, la evaluación de las repercusiones del Plan sobre los espacios Red Natura 2000 ha concluido que el Plan no generará una fragmentación de los hábitats de interés comunitario afectados, atendiendo a las escasas unidades afectadas con respecto al número total de unidades que existen de cada hábitat en el LIC "Alto Sil". Se concluye asimismo que la afección directa por eliminación, atendiendo a criterios de estructura y dinámica de los hábitats afectados, no condicionará la representatividad de dichos hábitats y por lo tanto no se verán comprometidos los objetivos de conservación en este sentido.

Por otra parte, la ejecución de los Planes de Restauración asociados a los proyectos de explotación de cada una de las cortas en el futuro, será la principal medida correctora a aplicar a fin de mitigar el deterioro de los hábitats afectados. En cualquier caso, a pesar de su posterior recuperación, durante el periodo de ejecución del Plan, resulta inevitable la afección a los hábitats en las superficies antes especificadas, por lo cual el presente Plan de Explotaciones establece la adopción de una serie de medidas compensatorias a dichas afecciones temporales, según se recoge en la memoria final del Plan (aún inédita).

Las citadas medidas compensatorias se aplicarán adicionalmente y en el mismo sentido a los efectos de compensar la afección a los hábitats de interés comunitario existentes fuera de la Red Natura 2000 y que se verían afectados por el desarrollo de las cortas del Plan de Explotaciones que se sitúan fuera de la referida Red Natura 2000.

Referencias / Bibliografía

- (1) BOE num. 102 de 29-04-2006. *Ley 9/2006, de 28 de abril, sobre evaluación de los efectos de determinados planes y programas en el medio ambiente*
- (2) DOCE num. L197 de 21-07-2001. 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*
- (3) BOCyL num. 236 de 10 de Diciembre de 1998 y BOE núm. 16 de 19 de Enero de 1999. *Ley 10/1998, de Ordenación del Territorio de Castilla y León*
- (4) DOCE num. L 206 de 22/07/1992 p. 0007 - 0050 Directiva 92/43/CEE del Consejo, de 21 de mayo de 1992, *relativa a la conservación de los hábitats naturales y de la fauna y flora silvestres*
- (5) BOE num. 299 del 14/12/2007. *Ley 42/2007, de 13 de diciembre, del Patrimonio Natural y de la Biodiversidad*
- (6) DOUE núm L 10/1, de 13/01/2012. Decisión de Ejecución de la Comisión, de 18 de noviembre de 2011, *por la que se adopta la quinta lista actualizada de lugares de importancia comunitaria de la región biogeográfica mediterránea*

- (21) García Cortés,Á. , Gallego Valcarce,E. , Barettino Fraile,D. et al. (1995) Atlas del medio natural de la provincia de León. Instituto Tecnológico Geominero de España. Madrid.
- (22) DOUE nun. 20 de 26/01/2010. Directiva 2009/147/CE del Parlamento Europeo y del Consejo de 30 de noviembre de 2009 *relativa a la conservación de las aves silvestres*
- (23) Blanco y González. (1992). *Libro Rojo de los Vertebrados de España*. Ministerio de agricultura, pesca y alimentación
- (24) Velasco, J.C. et al (2005). *Fauna vertebrada de Castilla y León. Volumen II: Peces, anfibios, reptiles y mamíferos*. Náyade Editorial. Medina del Campo (Valladolid)
- (25) Palomo, L.J., Gisbert, J. y Blanco, J. C. (2007). *Atlas y Libro Rojo de los Mamíferos Terrestres de España*. Dirección General para la Biodiversidad - SECEM - SECEMU, Madrid, 588 pp.
- (26) VV.AA. (2009). *Actuaciones forestales en el corredor entre las dos poblaciones subcantábricas del oso pardo (León, Palencia): resumen de 15 años de trabajos y nuevos retos*. Junta de Castilla y León y Fundación Patrimonio Natural. Ponencia incluida en el 5º Congreso Forestal Español.
- (27) VV.AA. (2002) *Identificación y valoración de los corredores faunísticos en los Ancares*. Xunta de Galicia y Junta de Castilla y León.
- (28) VV.AA. (2004). *El corredor de comunicación entre las subpoblaciones cantábricas de osos. Seguimiento de osos pardos, identificación de corredores y barreras y propuesta de gestión*. Junta de Castilla y León.
- (29) BOE num. 46 de 23/02/2011. Real Decreto 139/2011, de 4 de febrero, *para el desarrollo del Listado de Especies Silvestres en Régimen de Protección Especial y del Catálogo Español de Especies Amenazadas*
- (30) VV.AA (2007). *Manual de Interpretación de hábitats de la Unión Europea EUR-27*. Comisión Europea
- (31) Korpinen & Piekäinen (2006) “*Literature review on ecological coherence of a network of marine protected areas (MPAS). Suggestions for practical criteria to evaluate ecological coherence of the Baltic Sea MPA Network.*” BALANCE/HELCOM Workshop on ecologically coherent network of MPAs in the Baltic Sea and the North East Atlantic. Helsinki, 25-27 Oct.2006

IMPACTO AMBIENTAL RELACIONADO CON LA CONSTRUCCIÓN DE LOS TÚNELES DE PAJARES EN EL NORTE DE LEÓN

VALENZUELA, P ⁽¹⁾; DOMÍNGUEZ-CUESTA, MJ ⁽¹⁾; JIMÉNEZ-SÁNCHEZ, M ⁽¹⁾; MELÉNDEZ-ASENSIO, M ⁽²⁾ Y SÁENZ DE SANTA MARÍA, JA ⁽³⁾.

⁽¹⁾ *Departamento de Geología, Universidad de Oviedo. pvalenzuela@geol.uniovi.es; mjdominguez@geol.uniovi.es; mjimenez@geol.uniovi.es. Oviedo.*

⁽²⁾ *Instituto Geológico y Minero de España. m.melendez@igme.es. Oviedo.*

⁽³⁾ *GEHMA Geología y Geotecnia. joseantonio@saenzdesantamaria.es. Oviedo.*

Palabras clave: Impacto ambiental, túneles de Pajares, nivel freático, sumideros, infiltración.

Resumen

Parte del trazado de los Túneles de la Variante ferroviaria de Pajares se ha construido a 450 m de profundidad bajo el Valle de Alcedo, en la Cordillera Cantábrica (León, N de España), una zona de alto interés ecológico englobada en la Reserva de la Biosfera "Alto Bernesga". Los túneles cruzan un área geológicamente compleja caracterizada por la alternancia de litologías con comportamientos mecánicos e hidrogeológicos muy diferentes, algunas de las cuales constituyen acuíferos (fisurales y/o kársticos). Desde 2007 han aparecido una serie de sumideros en el fondo de uno de los valles que discurren en superficie en la vertical del túnel. En un primer momento se procedió a rellenarlos y a canalizar 370 m del cauce para evitar la infiltración del flujo superficial. En octubre de 2010, un fuerte episodio de lluvias provocó el desbordamiento del arroyo, produciendo la socavación y fractura de la canalización en varios puntos, lo que agravó el fenómeno de los sumideros con la aparición de colapsos. El fenómeno de los sumideros ha seguido evolucionando, dando lugar en la actualidad a la pérdida total del caudal ecológico del arroyo de Alcedo y a su desconexión del resto de la red hidrográfica del área. El objetivo del trabajo es la caracterización geomorfológica de los socavones surgidos en el área de estudio. Se ha concluido que la evolución del problema es consecuente con: 1) el abatimiento del nivel freático debido al drenaje del túnel; 2) la formación de dolinas de colapso en los sedimentos cuaternarios que cubren el sustrato calcáreo karstificado; 3) el incremento del flujo de agua subterránea en el acuífero kárstico y 4) el aumento de la erosión debido al descenso del nivel de base.

Introducción

La formación de dolinas de colapso (socavones), que constituyen el riesgo geológico más común en áreas kársticas, suele estar relacionada con cambios bruscos del equilibrio hidrogeológico natural inducidos por la actividad humana (Tihansky, 1999; Waltham, 2008). La perforación de túneles genera frecuentemente impactos hidrogeológicos, como el abatimiento del nivel freático y el secado total o estacional de cauces y manantiales (Vincenzi *et al.*, 2009), lo que conlleva importantes afecciones al medio ambiente y a la población local (Sjolander-Lindqvist, 2005). En el caso de las líneas ferroviarias de alta velocidad, los estrictos requisitos de su trazado implican la construcción de "túneles de base", caracterizados por grandes longitudes y profundidades superiores a 500 m (Zuferri y López Pita, 2011), lo que contribuye a incrementar la importancia de su incidencia ambiental. Dos túneles de base paralelos de 24,9 km de longitud, 8,50 m de diámetro interior y orientación NO-SE, construidos entre 2005 y 2009, constituyen la principal infraestructura de la Variante Ferroviaria de Pajares. Dicha construcción permite la conexión entre León y Asturias mediante una Línea de Alta Velocidad a través de la Cordillera Cantábrica, una zona geológicamente compleja caracterizada por la alternancia de litologías afectadas por pliegues y distintos tipos de fracturas y con comportamientos mecánicos e hidrogeológicos diferentes. Parte del trazado de los Túneles de la Variante ferroviaria de Pajares se ha perforado aproximadamente a 450 m de profundidad bajo el Valle de Alcedo (provincia de León, N de España) (Fig. 1). Varios meses después de la perforación, en el verano de 2007, comenzaron a aparecer una serie de sumideros en el cauce del arroyo principal (Álvarez Díez *et al.*, 2009), por lo que se procedió a canalizar 370 m del mismo para evitar la infiltración. En octubre de 2010, un fuerte episodio de lluvias provocó el desbordamiento del arroyo y la socavación y fractura de la canalización en varios puntos, agravándose el fenómeno de infiltración e incrementándose el área afectada por los colapsos. Los socavones resultantes, que actúan como sumideros de la totalidad del flujo superficial del arroyo, han evolucionado, incrementando su tamaño hasta la actualidad.

La cuenca fluvial del arroyo de Alcedo ocupa 6,83 km² de la vertiente sur de la Sierra del Rozo (Cordillera Cantábrica), al N de la localidad de Folledo (León) (Fig. 1A). Presenta una orientación SE y un rango de altitudes entre los 1803 y los 1160 m, con temperaturas medias anuales inferiores a 10°C (Galán, 1990) y precipitaciones en régimen pluvio-nival entre 1000-1300 mm/año (Garrido Ruiz *et al.*, 2009). Debido a su interés ecológico, el valle de Alcedo fue incluido en 2005 en la Reserva de la Biosfera "Alto Bernesga" (Fig. 1B). El objetivo de esta figura de protección, establecida por la UNESCO en el contexto del Programa MaB (*The Man and the Biosphere*), es compatibilizar la conservación del medio ambiente y las formas tradicionales de explotación sostenible de los recursos naturales con el desarrollo económico y humano (UNESCO, 1996). La estructura geológica del área es el resultado del intenso plegamiento y

fracturación experimentados por los materiales de la serie paleozoica durante las orogenias Varisca y Alpina, (Alonso y Suárez Rodríguez, 1990; Aller *et al.*, 2004; Alonso y Rubio, 2009), dando lugar a una alternancia de formaciones con comportamientos mecánicos e hidrogeológicos muy diferentes. Algunas de dichas formaciones albergan acuíferos de distinta naturaleza, fisurales (en zonas de intensa fracturación), porosos (por arenización de las Cuarcitas de Barrios, de edad Ordovícico) y kársticos (por fracturación/karstificación de las Calizas de Láncara, de edad Cámbrico), que están frecuentemente compartimentados por la complejidad estructural del macizo (Garrido Ruiz *et al.*, 2009).

El objetivo de este trabajo es la caracterización geomorfológica del impacto ambiental generado por la construcción de los Túneles de Pajares en el Valle de Alcedo.



Figura 1. A. Ubicación del área de estudio; B. Situación del valle de Alcedo dentro de la Reserva de la Biosfera "Alto Bernesga"; C. Posición de sumideros, socavones y cicatrices generados en el área de estudio.

Material y Métodos

Para la caracterización geomorfológica del área se ha realizado: i) una cartografía de las estructuras observadas (zonas de subsidencia o colapso, escarpes y

sumideros), así como de la canalización existente, utilizando la ortofoto del PNOA realizada en 2011 (0,25 m de pixel) y ortofotogramas 1:10000 del centro de descargas del ITACyL; ii) trabajo de campo para recabar datos de longitud, anchura y profundidad de los socavones, y de longitud, anchura y salto de los escarpes, mediante medidor láser STABILA LE200. La superposición de esta cartografía a la traza de los túneles y al mapa geológico de la zona elaborado a escala 1:10000, ha permitido estudiar la relación existente entre los fenómenos de subsidencia del terreno e infiltración del arroyo y su contexto geológico y geotécnico; iii) un ensayo con trazador salino en el arroyo mediante un dispositivo de tipo SalinoMADD; iv) la representación y superposición de todas de capas de información digital mediante el uso de un Sistema de Información Geográfica (ArcGIS).

Resultados

De los 15 socavones o dolinas de colapso que se han cartografiado, 9 se sitúan al nivel de la canalización y 6 en la ladera oeste del valle, a unos 5 m de altitud por encima del cauce principal (Figs. 1C, 2A y 2B). Sus dimensiones son diversas, variando desde los 12,9 m de longitud del diámetro del socavón mayor hasta los 1,2 m del más pequeño; los socavones menores tienen forma redondeada, mientras que los mayores, generados seguramente por la coalescencia de varios menores, presentan contornos más irregulares y un mayor desarrollo en la dirección paralela al cauce del arroyo (Fig. 1C). Sus profundidades oscilan entre 0,8 y 3,4 m. Todas las estructuras se han generado en unos depósitos cuaternarios de origen mixto aluvial, coluvial y glacial que ocupan el fondo de valle y la parte baja de las laderas. Dichos depósitos son bastante heterogéneos y están constituidos por cantos de tamaños diversos (milimétricos a decimétricos), de morfología subredondeada a angulosa y de naturaleza cuarcítica, que aparecen embebidos en una matriz con abundante arcilla, arena y materia orgánica. El crecimiento de los socavones situados al pie de dicha ladera ha provocado, en algunos puntos, el descalce de la misma, originando fenómenos de deslizamiento de tierra muy superficiales que muestran cicatrices en sus cabeceras. También se han producido fenómenos de socavación de la canalización que han culminado con el hundimiento y consecuente fractura de la misma en dos puntos (Fig. 2A).

Se ha constatado la existencia de 7 sumideros activos. Su funcionamiento está directamente relacionado con el caudal del arroyo, de forma que, en época de estiaje, la totalidad del flujo se infiltra por el sumidero situado a mayor cota (Fig. 2C), mientras que con caudales mayores, dicho sumidero no tiene capacidad de drenaje suficiente, por lo que parte del agua se sume en el siguiente punto de infiltración, y así progresivamente, produciéndose el funcionamiento conjunto de todos los sumideros sólo en episodios de grandes avenidas. Las observaciones realizadas in situ han revelado que, incluso en los momentos de mayor caudal,

la totalidad del mismo se infiltra por los sumideros, permaneciendo siempre seco un tramo de la canalización de unos 100 m.

Aguas abajo de la zona de los socavones existen dos surgencias cercanas entre sí, las cuales vuelven a aportan caudal al arroyo (Fig. 1C). La realización de un ensayo con trazador salino ha permitido descartar la posibilidad de que el caudal de dichos manantiales provenga de una resurgencia del flujo superficial infiltrado en los sumideros.



Figura 2. Aspectos del valle de Alcedo: A. Fractura de la canalización; B. Socavón generado en la ladera oeste del valle; C. Aspecto del socavón a mayor cota (1331 m) situado en el cauce del arroyo de alcedo.

Discusión y Conclusiones

La Figura 1C muestra que todas las estructuras cartografiadas se sitúan en un tramo de unos 160 m del Arroyo de Alcedo en el que su cauce y la traza del Túnel oeste (en profundidad) son prácticamente coincidentes y atraviesan materiales calcáreos pertenecientes a la Fm. Láncara y cubiertos en superficie por depósitos cuaternarios. La generación de los socavones puede ser explicada por la acción drenante del túnel, que provoca el abatimiento del nivel piezométrico en el acuífero kárstico existente en la caliza y, como consecuencia, también en los materiales cuaternarios que lo recubren. La creación de un vacío,

debido al drenaje del agua y al consecuente arrastre de finos en los conductos kársticos, provoca una socavación y una pérdida de sostenimiento en la base de los materiales suprayacentes. La morfología de los socavones (Fig. 2B) y el importante componente arcilloso presente en los sedimentos, que les confiere un comportamiento cohesivo, hacen pensar que dichas estructuras se han formado por un proceso de colapso repentino, originado por la formación en los materiales que cubren los conductos kársticos de una cavidad que va creciendo por colapsos progresivos de su techo hasta alcanzar la superficie (Tihansky, 1999). La infiltración continua de agua hacia los conductos/sumideros kársticos va incrementando los fenómenos de lavado y erosión, agravando el impacto superficial generado. Así, el arroyo ha experimentado una modificación importante en su dinámica hidrológica, comportándose actualmente como influente o perdedor. La infiltración de la totalidad del flujo superficial en los sumideros da lugar al aislamiento del curso alto del arroyo de Alcedo con respecto a su curso bajo. En consonancia con esto, la cabecera del valle se ha convertido en una sub-cuenca independiente con un nivel de base artificial situado a la cota del túnel y se ha producido la pérdida del caudal ecológico del arroyo en un tramo de 100 m aguas abajo de los sumideros.

Los resultados obtenidos en este trabajo permiten plantear que el efecto dren, originado por la construcción de los Túneles de base de Pajares, ha sido el causante de un abatimiento general del nivel freático que afectaría al endokarst de las Calizas de Láncara, generando la aparición de estructuras de colapso en los sedimentos suprayacentes poco tiempo después de perforarse el túnel. El proceso sigue activo y se prevé que continúe progresando debido, entre otros factores, a la acción erosiva que ejerce el flujo superficial del arroyo al infiltrarse hacia su nuevo nivel de base.

Referencias / Bibliografía

- (1) Aller, J., Álvarez-Marrón, J., Bastida, F., Bulnes, M., Heredia, N., Marcos, A., Pérez-Estaún, A., Pulgar, J.A. y Rodríguez-Fernández, L.R. 2004. Zona Cantábrica. Estructura, deformación y metamorfismo. En: Vera, J.A. (ed.), *Geología de España*. Sociedad Geológica de España-Instituto Geológico y Minero de España, Madrid, 42-47.
- (2) Alonso, J.L. y Suárez Rodríguez, A. 1990. Tectónica En: Rodríguez Fernández, R.L. (ed.), *Memoria del Mapa Geológico de España 1:50.000, hoja n°103 (Pola de Gordón)*. Instituto Tecnológico GeoMinero de España, Madrid, 79-89.
- (3) Alonso, J.L. y Rubio, A. 2009. La estructura geológica de la sección del Túnel de Pajares. En: Pando, L., López Fernández, C. y De la Rubia Mir, L. (eds.), *Jornadas técnicas de la Variante de Pajares. Comunicaciones presentadas*, Universidad de Oviedo, 29-39.

- (4) Álvarez Díez, J., Vinding Fallesen, J., Garrido Ruiz, M. S., Lombardero Barceló, M., Marcos Bermejo, F., Monge Cristóbal, J.C. y Serrano Martín, L. 2009. Hidrogeología de los Túneles de Pajares. En: Míguez Bailo, R. (ed.), *Túneles de Pajares*. ADIF, 167-208.
- (5) Galán, L. 1990. Hidrogeología. En: Rodríguez Fernández, R.L. (ed.), *Memoria del Mapa Geológico de España 1:50.000, hoja nº103 (Pola de Gordón)*. Instituto Tecnológico GeoMinero de España, Madrid, 120-121.
- (6) Garrido Ruiz, M.S., Serrano Martín, L., Míguez Bailo, R., Lombardero Barceló, M., Fernández-Serrano Sánchez, M. y Álvarez Díez, J. 2009. El Estudio Hidrogeológico de los Túneles de Pajares. En: Pando, L., López Fernández, C. y De la Rubia Mir, L. (eds.), *Jornadas técnicas de la Variante de Pajares. Comunicaciones presentadas*, Universidad de Oviedo, 77-86.
- (7) Sjolander-Lindqvist, A. 2005. Conflicting perspectives on water in a Swedish railway tunnel project. *Environmental Values*, 14(2), 221-239.
- (8) Tihansky, A.B. 1999. Sinkholes, west-central Florida. En: Galloway, D., Jones, D.R. y Ingebritsen, S.E. (eds.), *Land Subsidence in the United States: U.S. Geological Survey Circular 1182*, 121-140.
- (9) UNESCO. 1996. *Reservas de la biosfera: La Estrategia de Sevilla y el marco estatutario de la red mundial*, Programa del Hombre y la Biosfera, UNESCO, París, 19pp.
- (10) Vincenzi, V., Gargini, A. y Goldscheider, N. 2009. Using tracer and hidrological observations to evaluate effects of tunnel drainage on groundwater and surface waters in the Northern Apennines (Italy). *Hydrogeology Journal*, 17, 135-150.
- (11) Waltham, T. 2008. Sinkhole hazard case histories in karst terrains. *Quarterly Journal of Engineering Geology an Hydrogeology*, 41, 291-300.
- (12) Zuferrí Arqué, D. y López Pita, A. 2011. Experiencia en la construcción de túneles en líneas de alta velocidad. *Tesina*, Universidad Politécnica de Cataluña, 144pp.

SEGUIMIENTO DE ESPECIES PROTEGIDAS EN EL ENTORNO DE LAS OBRAS DE LA PLANTA DE REGASIFICACIÓN DE GAS NATURAL LICUADO DE EL MUSSEL (PUERTO DE GIJÓN, ASTURIAS)

ALEXIS PUENTE MONTIEL¹; ALEA PULGAR NORIEGA²;
JESSICA RODRÍGUEZ GARCÍA¹; MIGUEL FERRANDO SÁNCHEZ²;
JAVIER GRANERO CASTRO¹

¹ Área de Medio Ambiente y Sostenibilidad; ² Área de Consultoría
TAXUS MEDIO AMBIENTE - Santa Susana 5, Bajo A · 33007 Oviedo, ASTURIAS
Tel.: 985 24 65 47 – Fax: 984 15 50 60; Correo electrónico: apuente@
taxusmedioambiente.com

Palabras clave: Planta de Regasificación de Gas Natural Licuado, acantilados costeros, comunidades vegetales halófilas, cormorán moñudo, *Phalacrocorax aristotelis*, halcón peregrino, *Falco peregrinus*, El Musel, Asturias

Resumen

La Planta de Regasificación de Gas Natural Licuado de El Musel (puerto de Gijón, Asturias) se encuentra próxima al cabo Torres, en cuyos acantilados se conservan comunidades vegetales halófilas singulares que cuentan con varias especies amenazadas y sirven de lugar de reproducción para dos especies de aves recogidas en el Catálogo Regional de Especies Amenazadas: el cormorán moñudo (*Phalacrocorax aristotelis*) y el halcón peregrino (*Falco peregrinus*). Debido a ello, se realizó un seguimiento de su evolución poblacional a lo largo de todo el periodo de obras (enero 2010 – noviembre 2012) con el objetivo de obtener conclusiones acerca del impacto ambiental de la construcción de la planta sobre el cercano Cabo Torres.

Introducción

El Plan de Vigilancia Ambiental de la planta de regasificación de gas natural licuado de El Musel establece la necesidad de llevar a cabo un “seguimiento de la fauna y la vegetación (especialmente la avifauna protegida y la vegetación halófila)”

con el objetivo de evaluar el posible impacto de las obras, en cumplimiento de lo estipulado en la Declaración de Impacto Ambiental (aprobada por la Resolución de 18 de septiembre de 2008, de la Secretaría de Estado de Cambio Climático), el Estudio de Impacto Ambiental y los condicionantes establecidos por la Autoridad Portuaria de Gijón. En el marco de este seguimiento, cuyos resultados se exponen en el presente artículo, se han realizado visitas con regularidad a Cabo Torres a lo largo de todo el periodo de obras (Mapa 1), con una periodicidad quincenal durante el primer año (enero 2010 – enero 2011), y posteriormente mensual.

Metodología

Flora y vegetación

Se empleó una metodología mixta, que combina parcelas y transectos de muestreo, para determinar los diferentes parámetros poblacionales y ecológicos de interés en vistas a valorar la evolución de las comunidades vegetales del Cabo Torres y poder detectar posibles afecciones. Su localización puede verse en el Mapa 1.

Mapa 1. Mapa de localización.



Se establecieron un total de seis parcelas de muestreo. La ubicación de las parcelas se hizo de acuerdo a la zonación de la vegetación presente en el área de estudio, de modo que se intentó situar dos parcelas en cada una de las tres cintururas de vegetación que, de manera genérica, se suelen diferenciar en los acantilados costeros cantábricos. No obstante, debido a la inaccesibilidad de la primera cintura de vegetación halocasmofítica, las parcelas nº 1 y 2 no se situaron en la cintura propiamente dicha sino en la zona de transición entre ésta y la segunda cintura de pastizales gramínoide aerohalófilos. Adicionalmente, en cada cintura, una de las parcelas se orientó hacia el este (en dirección al puerto de El Musel) y la otra hacia el oeste, con el objetivo de ver si las diferencias observadas entre una y otra parcela podían deberse a la exposición en la que se encuentran. Una exposición diferente implica un cambio en el número de horas de sol que recibe cada parcela, así como en la predominancia de los vientos recibidos.

El tamaño de las parcelas de muestreo se determinó hallando el “área mínima”, es decir, la parcela de menor superficie dentro de la cual se puede encontrar una representación apropiada de una comunidad vegetal de estructura dada. El área mínima de la parcela para un lugar dado sería aquella a partir de la cual, al aumentar el área de la parcela no aparecen especies nuevas o el número de especies que aparecen es despreciable. El tamaño de las parcelas establecido fue de 1 m² en el caso de la primera cintura de vegetación halocasmofítica y 16 m² en las restantes.

Por otra parte, en la cintura de vegetación situada en la posición intermedia (en la que se encuentran las parcelas de muestreo nº 3 y 4) se estableció otra parcela de 1 m² para su seguimiento fotográfico, ya que es en esta zona donde se encontró una mayor diversidad de especies y por tanto donde se puede obtener mayor información.

Complementariamente a las parcelas se emplearon transectos lineales, consistentes en extender una cinta métrica por el suelo en dirección aleatoria (en el presente estudio se utilizó la diagonal de las parcelas estudiadas) y recoger los datos de longitud de cada una de las copas de las plantas que se encuentran bajo la línea con graduación métrica.

Fauna

Para el seguimiento de fauna en el Cabo Torres se estableció una red de puntos o estaciones de observación en aquellos lugares más propicios para visualizar correctamente a las distintas especies, con especial atención al cormorán moñudo (*Phalacrocorax aristotelis* L.) y el halcón peregrino (*Falco peregrinus* Tunstall), las dos especies protegidas de fauna que se reproducen en la zona (catalogadas como “De Interés Especial” en el Catálogo Regional de Especies Amenazadas, y la primera de ellas como “En Peligro de Extinción” en el *Libro Rojo de las Aves de España*) y de atención preferente de acuerdo a la DIA. Para la ubicación de éstas se tuvo en cuenta información previa sobre las zonas

usadas por ambas especies para la cría en temporadas anteriores, así como la información obtenida durante las primeras visitas a la zona. Estos puntos o estaciones se complementaron con transectos por los diferentes hábitats presentes para intentar recopilar la mayor información posible, de aves y de otros grupos de fauna. En el Mapa 1 se detalla la localización de las distintas estaciones de observación y transectos.

El equipo usado constó de:

- Telescopio *Vortex Skyline* de 80 mm, con un aumento ocular de 20-60x.
- Prismáticos *Vortex Viper 12x42*.
- Trípodes extensibles.

Resultados

Flora y vegetación

Se inventariaron 54 especies, de las cuales fitosociológicamente 14 son características de asociación y unidades superiores, y las restantes 40 acompañantes. La Tabla 1 detalla el inventario de especies detectadas.

Las especies recogidas en el Catálogo Regional de Especies Amenazadas de Asturias potencialmente presentes en Cabo Torres son:

- Berza silvestre (*Brassica oleracea* L.). Vulnerable. Especie abundante en el Cabo Torres, principalmente en las primeras cinturas de vegetación. No han sido observados cambios significativos, en abundancia, densidad, cobertura u otros aspectos, a lo largo del seguimiento realizado.
- Cabriña (*Davallia canariensis* L.). Vulnerable. Se han detectado ejemplares pero fuera de las parcelas de muestreo, en repisas verticales de los acantilados del Cabo Torres. No se ha observado ningún cambio significativo a lo largo del seguimiento en los individuos localizados.
- Píjara (*Woodwardia radicans* L.). De interés especial. Aunque hay citas en la bibliografía para la zona, no ha sido localizado ningún individuo durante los trabajos de campo, posiblemente debido a que los hábitats presentes en el Cabo Torres no son propicios para este helecho (es una especie característica de bosques ribereños, con suelos ricos en materia orgánica y muy húmedos).

Las especies con comportamiento invasor probado o probable detectadas en la zona de estudio son:

- Uña de gato (*Carpobrotus acinaciformis* L.). Procedente de Sudáfrica. En la zona de estudio existe una población en la cara este del faro del

Cabo Torres que se extiende por parte del acantilado que está orientado hacia El Musel.

- Pita (*Agave americana* L.). Procedente de México. Un único ejemplar localizado, en las inmediaciones del faro, con orientación este.
- Vinagrillo (*Oxalis pes-caprae* L.). Procedente de Sudáfrica. Se han localizado pequeñas manchas dispersas en el entorno de La Campa Torres, bordeando la zona de césped.

Tabla 1. Inventario de especies vegetales

Inventario de especies	
Especies características de asociación y unidades superiores	
<i>Anthyllis vulneraria iberica</i> Becker	<i>Lagurus ovatus</i> L.
<i>Armeria maritima</i> Mill.	<i>Leucanthemum ircutianum</i> Turcz.
<i>Crithmum maritimum</i> L.	<i>Lotus corniculatus crassifolius</i> Pers.
<i>Dactylis maritima</i> Schrad.	<i>Plantago maritima</i> L.
<i>Daucus carota gummifer</i> Hook	<i>Rumex acetosa biffornis</i> Lange
<i>Festuca rubra pruinosa</i> Hack.	<i>Silene uniflora uniflora</i> Roth
<i>Inula crithmoides</i> L.	<i>Trifolium occidentale</i> Coombe
Especies acompañantes	
<i>Agave americana</i> L.	<i>Hypochoeris radicata</i> L.
<i>Agrostis stolonifera</i> L.	<i>Inula crithmoides</i> L.
<i>Asphodelus aestivus</i> Brot.	<i>Leucanthemum vulgare</i> Vaill.
<i>Avena sativa</i> L.	<i>Ligustrum vulgare</i> L.
<i>Bellis perennis</i> L.	<i>Lithodora prostrata</i> Loisel.
<i>Brachypodium pinnatum rupestre</i> Host	<i>Matthiola incana</i> L.
<i>Brassica oleracea</i> L.	<i>Merendera montana</i> L.
<i>Calluna vulgaris</i> L.	<i>Oxalis pes-caprae</i> L.
<i>Carpobrotus acinaciformis</i> L.	<i>Plantago coronopus</i> L.
<i>Cochlearia danica</i> L.	<i>Plantago lanceolata</i> L.
<i>Cornus sanguinea</i> L.	<i>Plantago media</i> L.
<i>Daboecia cantabrica</i> Hudson	<i>Pteridium aquilinum</i> L.
<i>Dactylis glomerata</i> L.	<i>Reichardia picroides</i> L.
<i>Davallia canariensis</i> L.	<i>Rhamnus alaternus</i> L.
<i>Dittrichia viscosa</i> L.	<i>Rubus lainzii</i> Weber
<i>Echium vulgare</i> L.	<i>Scilla verna</i> Huds.
<i>Erica cinerea</i> L.	<i>Smilax aspera</i> L.
<i>Erica vagans</i> L.	<i>Ulex europaeus maritimus</i> Hy
<i>Galactites tomentosa</i> Moench	<i>Umbilicus pendulinus</i> DC.
<i>Hedera helix</i> L.	<i>Urtica membranacea</i> Poirét

Fauna

Se localizaron 57 especies de aves, de las cuales las más abundantes fueron cuatro passeriformes (pardillo común, jilguero común, bisbita pratense y colirrojo tizón). Cabe destacar la localización de varias especies costeras o marinas como el alca común, el frailecillo común, el correlimos común, el charrán patinegro y varias especies de gaviotas (gavión atlántico, gaviota argétea, gaviota sombría, y gaviota reidora), así como la observación en migración de un grupo de tres ánsares comunes y otro de cinco patos cuchara en la zona de relleno de El Musel en febrero de 2012. La Figura 1 recoge la evolución mensual de las observaciones totales y de las cuatro especies más abundantes.

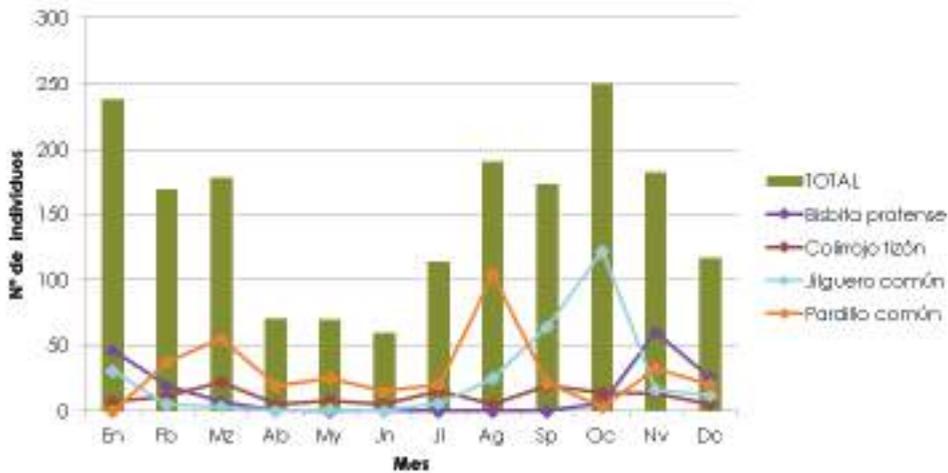


Figura 1. Evolución mensual de las observaciones totales y de las cuatro especies más abundantes

Acerca de las especies protegidas, objeto de seguimiento específico:

- Halcón peregrino (*Falco peregrinus* Tunstall). Una pareja reproductora que durante los tres años de seguimiento ubicó su nido en la cara este de la punta oeste (orientado hacia el puerto de El Musel). Cada año dos pollos volaron fuera del nido (cifra dentro del rango medio de esta especie).
- Cormorán moñudo (*Phalacrocorax aristotelis* L.). Tres parejas localizadas en el Cabo Torres. Al menos en el caso del nido observable desde tierra firme (situado en la cara este de la punta oeste, con visión directa del puerto de El Musel), su ubicación exacta se mantuvo a lo largo de todo el seguimiento efectuado, con un éxito reproductor similar (2-3 pollos volaron fuera del nido, una tasa de vuelo superior a la media,

que se sitúa en torno a 1,5). Se tiene constancia de éxito reproductor (5 juveniles) también en los dos nidos situados en la cara oeste de la misma punta, aunque debido a las dificultades de su seguimiento (solo son observables desde embarcación), no han podido ser controlados con la misma rigurosidad.

Por su parte, la numerosa colonia de gaviota patiamarilla (*Larus michahellis* Naumann) de Cabo Torres se ha mantenido también a lo largo del periodo de seguimiento, con un número de parejas reproductoras similar cada año.

Conclusiones

Flora y vegetación

En conjunto, se puede concluir que la flora y vegetación identificada, respecto a la esperable en función de la zonación indicada en la bibliografía, se corresponde relativamente bien en el caso de la cintura de vegetación superior (brezal-tojal aerohalófilo), poco en el caso de la cintura inferior (vegetación halocasmofítica, aunque en este caso las parcelas no se situaron en la cintura propiamente dicha sino en la zona de transición entre ésta y la media), e intermedio en el caso de la cintura media (pastizales gramínoideos aerohalófilos). El principal responsable de las diferencias halladas entre los datos de campo y los teóricos es la intensa y prolongada actividad antrópica a la que se ha sometido la vegetación del Cabo Torres desde hace más de 3.000 años, y que se ha mantenido hasta la actualidad. Durante el seguimiento no se han detectado alteraciones adicionales a las previamente existentes que puedan achacarse a la construcción del terminal de regasificación.

Fauna

En resumen, parece poder concluirse que las obras de construcción no han tenido un impacto negativo significativo sobre la fauna del Cabo Torres y su entorno, incluido las especies protegidas. A lo largo de los tres años de seguimiento, las parejas reproductoras de cormorán moñudo y halcón peregrino mantuvieron sus nidos y obtuvieron un buen éxito reproductor, a pesar de su ubicación expuesta al puerto de El Musel y las posibles molestias derivadas de la obra en forma de trasiego de personas, maquinaria y generación de ruido.

Referencias / Bibliografía

- (1) Atlas de las Plantas Alóctonas Invasoras en España. Mario Sanz Elorza, Elías D. Dana Sánchez, Eduardo Sobrino Vesperinas (Editores). Dirección General de Conservación de la Naturaleza – Sociedad Española de Ornitología (2004).

- (2) Caracterización de los hábitats de interés Comunitario (Red Natura 2000) existentes en el Principado de Asturias. I: Hábitats litorales halófilos (dunas, acantilados y marismas). Tomás Emilio Díaz González. Boletín de Ciencias Naturales del R.I.D.E.A., 50: 223-280 (2009).
- (3) Libro Rojo de las Aves de España. Alberto Madroño, Cristina González, Juan Carlos Atienza (Editores). Dirección General de Conservación de la Naturaleza – Sociedad Española de Ornitología (2004).

**BLOQUE IX:
Seguimiento de factores
ambientales**



CONSECUENCIAS DE LA NO APLICACIÓN DEL PROCEDIMIENTO DE EVALUACIÓN DE IMPACTO AMBIENTAL A PROYECTOS DE LIMNOEMBALSES (“DIQUES DE COLA”): EL CASO DEL LIMNOEMBALSE DE PAREJA (EMBALSE DE ENTREPEÑAS; PROVINCIA DE GUADALAJARA, ESPAÑA)

SASTRE MERLÍN, A; DÍAZ-CARRIÓN I;
MARTÍNEZ PÉREZ S; MOLINA NAVARRO E

Universidad de Alcalá (antonio.sastre@uah.es) Alcalá de Henares (España);
Universidad Autónoma de Baja California (iarlene@yahoo.com) Tijuana (México);
Universidad de Alcalá (silvia.martinez@uah.es) Alcalá de Henares (España);
Universidad de Alcalá (eugenio.molina@uah.es) Alcalá de Henares (España)

Palabras clave: limnoembalses, embalse de Entrepeñas, evaluación de impacto ambiental de proyectos

Resumen

Una de las novedades introducidas por el vigente Plan Hidrológico Nacional fue el mandato de acometer la construcción de diques inundables para el desarrollo recreativo de embalses preexistentes en las cuencas del Tajo, Ebro y Júcar. Resultaba especialmente relevante el énfasis que se ponía en actuaciones de tal cariz en los embalses de Entrepeñas y de Buendía, en la cabecera del Tajo; sin embargo, de los varios proyectos o anteproyectos que a raíz de la aprobación del Plan se sugirieron en el entorno de los mismos, solo se ha substanciado por el momento el ubicado en las inmediaciones del núcleo urbano de Pareja (Guadalajara).

La materialización de la actuación -efectuada entre 2003 y 2006 y plenamente operativa desde 2007- se ha llevado a cabo sin la instrucción de una evaluación de impacto ambiental propiamente dicha, justificándose esta decisión en razón del desarrollo de aquélla íntegramente en la zona inundable del embalse matriz. Cabe advertir que el pertinente estudio de viabilidad de la obra si incorporó un capítulo dedicado a estudio -que no evaluación- de impacto ambiental.

Tras un seguimiento detallado del comportamiento limnológico, geohidrológico, edafológico y de aterramiento, así como del uso de esta infraestructura por parte la ciudadanía desde el año 2008 hasta la actualidad, en este trabajo se ponen

de manifiesto algunos de los inconvenientes derivados de la no aplicación del procedimiento de evaluación de impacto ambiental en su momento, entre los que destacan los relacionados con la no participación pública en la toma de la decisión final. Algunos de tales inconvenientes se arrastran hasta la actualidad, por lo que parece oportuno recomendar que en futuras actuaciones similares el órgano sustantivo correspondiente aplique el procedimiento de evaluación de impacto ambiental en su plenitud, con especial consideración del trámite de información pública.

Introducción

Los grandes embalses permiten incrementar notablemente la disponibilidad de recursos hídricos, especialmente en áreas de clima mediterráneo. Como es sabido, en España hay cerca de 1200 grandes presas, la mayoría de ellas construidas en la segunda mitad del s. XX. Sin embargo, estas infraestructuras conllevan una serie de impactos -ambientales y socioeconómicos- negativos, derivando buena parte de éstos de las amplias fluctuaciones del nivel del agua -la denominada "carrera de embalse"- que generan una franja árida perimetral cuyo desolador aspecto contrasta con el impacto paisajístico positivo de la propia lámina de agua. Además del aspecto paisajístico, cabe reseñar otras facetas negativas del fenómeno, como es su incidencia en el desarrollo de la fauna del entorno terrestre (mayor exposición a los depredadores, al tener que recorrer un mayor espacio en busca del agua) y aún a la fauna acuática, pues las oscilaciones de nivel -especialmente si son rápidas- pueden alterar sustancialmente el régimen reproductivo de las especies piscícolas; o también la exposición a la erosión subaérea de esa franja territorial abandonada por el agua en su descenso.

Para mitigar estos impactos se han propuesto algunas actuaciones innovadoras en las últimas décadas en nuestro país, entre las que está la construcción de pequeños diques en sectores de cola de esos grandes embalses -ya en la cola propiamente dicha, sobre el curso aferente principal, ya en un área marginal del embalse donde alcance a desembocar en éste un curso afluente con suficiente entidad- que conllevan la aparición de una masa de agua en una zona que, de otro modo, estaría abocada a ser parte de la mencionada franja árida. Los pequeños embalses así generados e individualizados de la dinámica hidrológica y de explotación del embalse principal por el propio dique, están concebidos para mantener una lámina de agua a nivel constante. Como quiera que a los efectos ambientales lo determinante es la masa de agua así creada, se ha propuesto para la misma el término "limnoembalse" (1), recordando con ello un comportamiento de "lago," pero también el origen artificial de la misma, ocupando las más de las veces el espacio inundable del embalse matriz pero que frecuentemente permanecería sin agua por corresponder a la zona de cola de aquél.

Aunque los primeros limnoembalses aparecieron en España a finales de los años 80 y principios de los 90, con los descritos fines de salvaguarda y mejora ambiental, estas iniciativas, que desde el punto de vista del impacto ambiental se sitúan a caballo entre el carácter de medida correctora y compensatoria, tuvieron un notable impulso a raíz de la aprobación y publicación del Plan Hidrológico Nacional en 2001, especialmente en lo referente a las cuencas del Tajo, Júcar, Duero, Guadiana y Ebro (2). Se ha constatado hasta el momento la existencia de veintidós diques de cola en quince grandes embalses dispersos en el territorio de las cuencas citadas, aunque en diferentes estadios (en proyecto, en construcción o en operación).

En este trabajo se va a considerar especialmente el caso del denominado Limnoembalse de Pareja, con una capacidad de 0,94 hectómetros cúbicos y una superficie de 26 hectáreas, alimentado por el río Ompólveda, el cual está situado al pie del pueblo homónimo en la zona de cola de un brazo lateral del embalse de Entrepeñas, en la provincia de Guadalajara (Figura 1), siendo el primero que fue concebido con la doble finalidad ambiental y recreativa, como lo demuestran las actuaciones desarrolladas en su construcción (Figura 2). Está localizado en un área de importancia estratégica, puesto que su embalse matriz y su vecino embalse de Buendía, construidos en 1956 y 1957 respectivamente, configuran un conjunto hiperembalse clave para la gestión del agua en España. Los impactos negativos mencionados afectan a estos embalses, especialmente desde principios de los años 80 debido al descenso generalizado de las aportaciones y al comienzo en esas fechas del trasvase de agua hacia el sureste español a través del acueducto Tajo-Segura.

Material y Métodos

La construcción de estas infraestructuras hasta la fecha se ha realizado sin acometer un procedimiento de evaluación de impacto ambiental propiamente dicho, bajo la justificación, por un lado, de no afectar más superficie que la correspondiente a la zona inundable del embalse matriz ya construido y en operación –lo que además lleva consigo no necesitar prácticamente de nuevas expropiaciones- y, por otro, el no percibirse la existencia de impactos ambientales significativos adversos sobre el entorno. Para ello, en algunos casos se ha recurrido a un procedimiento de consultas previas, pero en otros el órgano ambiental ha dictado resolución sin ese trámite previo, como es el caso de referencia antes descrito.



Figura 1. Localización del Limnoembalse de Pareja y desarrollo de la banda árida en el embalse de Entrepeñas. Modificado de (1).



Figura 2. Actuaciones desarrolladas en la construcción del Limnoembalse de Pareja. Modificado de (3)

Pocas dudas ofrece la justificación de no someter una iniciativa de este tipo al procedimiento de evaluación de impacto ambiental por razón de la mejora evidente que ésta lleva consigo en el entorno inmediato del área afectada, especialmente cuando está destinada a corregir aspectos ambientales relacionados con el paisaje, la flora y/o la fauna acuática o terrestre. Sin embargo los inconvenientes aparecen cuando la finalidad de la actuación, además de este tipo de objetivos, pretende incorporar el disfrute ciudadano y fomentar el uso lúdico de la infraestructura, especialmente en lo que concierne a dejar de lado la información

y la participación pública y por ello no considerar la discusión de las cuestiones a afrontar bajo esta perspectiva hasta ahora inédita en este tipo de actuaciones. Y todo ello sin olvidar que el coste de este tipo de actuaciones no es despreciable: a modo de ejemplo, el coste de la descrita actuación ejecutada en Pareja supuso un coste de seis millones de euros, sobre un presupuesto de construcción inicial de ejecución de algo más de cuatro millones doscientos mil (3); en otros casos el presupuesto de licitación ha alcanzado cifras muy superiores, como es el caso de los veinte millones de euros de los dos limnoembalses en construcción en el embalse de Alarcón (4)(5) o los casi veintiocho millones de los igualmente dos diques de cola satélites en el entorno del embalse de Itoiz (6).

Como quiera que no tuvo lugar un proceso de información pública y al efecto de pulsar la opinión de la ciudadanía usuaria de esta infraestructura, se han efectuado una serie de encuestas especialmente diseñadas en virtud de la idiosincrasia de los usuarios a los que iba dirigida, de las que se han extraído algunas de las consideraciones que en los epígrafes siguientes se comentarán. Una de ellas fue dirigida hacia los usuarios que utilizan la infraestructura con finalidad lúdica y/o de tiempo libre; otra lo fue hacia los alumnos del Grado en Ciencias Ambientales que imparte la Universidad de Alcalá; la tercera fue cumplimentada por los participantes en una iniciativa de triatlón reglada, que utiliza el limnoembalse y su entorno como sede de una competición homologada en el calendario nacional.

Resultados

Los resultados que a continuación de aquí se van a comentar se han alcanzado tras haber desarrollado un seguimiento del referido limnoembalse de Pareja con motivo de la realización de la Tesis Doctoral de uno de los autores (7) recientemente defendida, con el apoyo económico del Plan de Regional de Investigación de Castilla-La Mancha.

Una primera cuestión relevante tiene que ver con la disponibilidad de agua para el llenado del limnoembalse: el estudio de viabilidad de esta infraestructura (8) contaba con una aportación media anual de 20,36 hm³, con una fluctuación entre 48,5 y 10,0 hm³ según la oscilación interanual de precipitación. A pesar de disponer de una estación de aforos en la desembocadura del río Ompolveda, dicho estudio optó por efectuar el cálculo a partir de datos de aportación y esorrentía media en este sector de la cuenca del Tajo. El análisis de los datos de la indicada estación ha mostrado una disponibilidad bastante inferior, que se puede situar entre 13,7 y 1,1 hm³, con un valor medio en el periodo en el que dicha estación estuvo operativa (1980-2003) de 5,1 hm³. Sin duda alguna, este notable error de apreciación habría salido a la luz de haber sometido el referido documento a información pública. Afortunadamente, la exigua capacidad del limnoembalse ha evitado que ese error haya tenido trascendencia.

Otra cuestión relacionada con la menor disponibilidad de agua de la prevista tiene que ver con la no consideración de los volúmenes de agua que precisa el núcleo urbano de Pareja para resolver su abastecimiento. Dichos volúmenes son detraídos del propio río Ompólveda aguas arriba del mismo, siendo devueltos –tras su uso- aguas abajo del dique de cola para despejar el riesgo de contaminación de la masa de agua del limnoembalse, por lo que tales volúmenes quedan indisponibles en lo que concierne a aquél. Esta cuestión, aunque poco importante desde el punto de vista cuantitativo, habría salido a la luz igualmente en la información pública.

La consideración de escenarios hidrológicos posibles es otra de las cuestiones que quedaron fuera del debate. Así, se ha observado como en los periodos de estiaje el nivel de agua desciende apreciablemente por debajo de la cota 718,00 -cota del máximo nivel de embalse- e incluso por debajo de la 717,75 -cota de la toma de agua para la escalera de peces-, lo que da pie a condiciones de estancamiento en la masa de agua, con proliferación de algas y olores no agradables que son percibidas por los usuarios. Ni que decir tiene que en unas circunstancias de disminución de las precipitaciones, esta cuestión no es baladí.

El tiempo de vida de la infraestructura tampoco fue considerado en el estudio de viabilidad y no hubo posibilidad de debate al respecto en el proceso de información pública y/o alegaciones. El riesgo de colmatación por aterramiento no es despreciable, tomando cuenta de la hipsometría del embalse, así como la erosión acelerada del terreno en las laderas de la Alcarria Alta. Cabe también considerar el riesgo de colmatación del limnoembalse en virtud de la colonización eclosiva por la vegetación acuática. Igualmente y en relación con lo anterior, el riesgo de eutrofización tampoco aparece considerado en el estudio de viabilidad ni tampoco debatido en la inexistente información pública.

Igualmente, se han detectado problemas relacionados con la funcionalidad de algunas de las instalaciones acometidas, como es el caso de la escalera de peces –rotundamente inoperativa por un diseño inadecuado-, ubicación inapropiada de las islas creadas para el refugio y la ocultación de la avifauna –por razón de su proximidad ya a la orilla, ya a las zonas de baño- e incluso la concepción de la propia zona de baño, sobre la cual se han pronunciado en las encuestas tanto los bañistas como los propios triatletas (quejas acerca de “lo resbaladizo de la rampa de acceso al agua”).

Otro aspecto negativo nada desdeñable es el relacionado con la accesibilidad de los usuarios, especialmente los que optan por llegar andando o en bicicleta desde el núcleo urbano de Pareja: éstos deben salvar en primer lugar la plataforma de la N-204 en un tramo ciertamente peligroso y después la propia bionda de protección de la misma, como resulta elocuente en la sucesión de imágenes que conforman la figura 3.



Figura 3. Imágenes ilustrativas de la peligrosidad existente a la hora de cruzar la carretera N-204 y del efecto barrera de la bionda, ineludible para acceder al Limno-embalse de Pareja a pie.

Por último, y a modo de corolario de los inconvenientes reseñados, en ningún momento el estudio de viabilidad procede al cálculo del coste de mantenimiento de la infraestructura, ni se propone un debate para el reparto de las cargas entre las administraciones competentes, lo que ha dado pábulo a expectativas de este tipo totalmente desmesuradas en otros parajes de este mismo embalse de Entrepeñas o en el cercano de Buendía.

Discusión y Conclusiones

A modo pues de conclusiones cabe incorporar las que siguen:

- Estas instalaciones conforman una iniciativa propicia para la aproximación, conocimiento y disfrute de los paisajes del agua –y aún de las infraestructuras hidráulicas matriz- por parte de la ciudadanía interesada.
- Las mismas dan pie a una cierta corrección y compensación de las afecciones ambientales y económico-sociales generadas por el embalse matriz.
- La elusión del procedimiento de evaluación de impacto ambiental genera apreciables disconformidades, que afectan negativamente a la finalidad de la actuación.
- Resulta ineludible efectuar el seguimiento ambiental y social de la iniciativa.

- No puede dejarse de lado el correspondiente debate inherente al reparto de responsabilidades y cargas entre las Administraciones pertinentes, el cual deberá afrontarse antes de la aprobación y construcción de este tipo de infraestructuras.

Referencias / Bibliografía

- (1) Molina Navarro, E., Martínez Pérez, S. y Sastre Merlín, A. 2010. El Limnoembalse de Cola de Pareja (Guadalajara): aspectos medioambientales e hidrológicos. *Boletín Geológico y Minero* 121(1): 69-80.
- (2) Boletín Oficial del Estado, 6 de julio de 2001, número 161, página 24228. Ley 10/2001, de 5 de julio, del Plan Hidrológico Nacional. Jefatura del Estado.
- (3) Ministerio de Medio Ambiente. 2002. Proyecto del Dique de Pareja, Guadalajara. Ministerio de Medio Ambiente, Confederación Hidrográfica del Tajo, Madrid.
- (4) Ministerio de Medio Ambiente. 2006. Proyecto del azud alto para el espejo de agua en la cola del embalse de Alarcón (Cuenca). Informe de Viabilidad. Ministerio de Medio Ambiente, Secretaría General para el Territorio y la Biodiversidad. Madrid.
- (5) Ministerio de Medio Ambiente. 2006. Azud bajo para el espejo de agua en la cola del embalse de Alarcón (Cuenca). Informe de Viabilidad. Ministerio de Medio Ambiente, Secretaría General para el Territorio y la Biodiversidad. Madrid.
- (6) Boletín Oficial del Estado, 29 de noviembre de 2007, número 286, página 14254. Anuncio de la Confederación Hidrográfica del Ebro de información pública del proyecto 12/03, Construcción de las presas de cola en los ríos Urrobi e Irati, del embalse de Itoiz, términos municipales de Valle de Arce y Oroz-Betelu (Navarra); de su estudio de efectos ambientales y de los bienes y derechos afectados. Clave: 09.123.197/2111. Ministerio de Medio Ambiente.
- (7) Molina Navarro, E. 2013. Hydrology, limnology and environmental feasibility of the Pareja Limno-reservoir. Tesis Doctoral. Universidad de Alcalá.
- (8) Confederación Hidrográfica del Tajo. 2002. Estudio de Viabilidad del Dique de Pareja (Guadalajara). Confederación Hidrográfica del Tajo. Madrid.

EFFECTOS DE LA SEVERIDAD DEL FUEGO EN LA CALIDAD DEL SUELO DEL MONTE U.P. N° 133 “ENSANCHE DE LAS MAJADAS” (CUENCA)

MARTÍNEZ-GARCÍA, E.¹; ANDRÉS-ABELLÁN, M.^{1, 2};

WIC-BAENA, C.¹; LUCAS-BORJA, M.E.^{1, 2};

LÓPEZ-SERRANO, F.R.^{1, 2}; GARCÍA-MOROTE, F.A.^{1, 2}; RUBIO, E.³

¹ Sección de Medio Ambiente, Instituto de Investigación en Energías Renovables, Universidad de Castilla-La Mancha. Campus Universitario s/n. 02071 Albacete. España.

² Departamento de Ciencia y Tecnología Agroforestal y Genética, Escuela Técnica Superior de Ingenieros Agrónomos de Albacete, Universidad de Castilla-La Mancha. Campus Universitario s/n. 02071 Albacete. España.

³ Departamento de Física Aplicada, Escuela de Ingenieros Industriales, Universidad de Castilla-La Mancha. Campus Universitario s/n. 02071 Albacete. España.

E-mail: Eduardo.Martinez@uclm.es

Palabras clave: Índice dNBR, índice de degradación del suelo, cociente de mineralización

Resumen

En el incendio ocurrido a finales de julio de 2009 en el monte de U.P. nº 133 “Ensanche de Las Majadas”, se identificaron 4 zonas con diferentes niveles de severidad (alta—exposición solana y umbría-, baja y no quemado), a partir del índice dNBR (*differenced Normalized Burn Ratio*), obtenido por análisis multitemporal de imágenes Landsat. Este índice permite capturar la heterogeneidad del fuego, identificando los daños causados. En estas zonas, a partir de otoño de 2011, se han tomado 84 muestras de suelo durante las 4 estaciones del año, midiéndose propiedades físicas y químicas (p.e. Carbono Orgánico Total), microbiológicas (p.e. Respiración Basal y Carbono de la Biomasa) y bioquímicas (actividades enzimáticas). Se han obtenido índices complejos (Índice de Degradación del Suelo, IDS) y sencillos (cociente de mineralización, qmC), analizando el grado de degradación de los suelos analizados. Los resultados muestran de forma significativa el impacto del fuego a través de los indicadores edáficos estudiados en las diferentes zonas, obteniéndose un índice que permite identificar las alteraciones en el equilibrio natural del suelo.

Introducción

Los incendios forestales pueden ser considerados como la mayor perturbación en los ecosistemas naturales (1). En incendios de gran extensión, pueden emplearse imágenes de satélite en el cartografiado de los niveles de severidad del mismo. Así, se desarrolla el índice dNBR (*differenced Normalized Burn Ratio*, 2) obtenido a partir de imágenes Landsat (TM y ETM+), permitiendo diferenciar 4 niveles de severidad: no quemado, baja, media y alta. La severidad de los incendios forestales en el suelo es muy compleja y menos estudiada en comparación con sus efectos sobre la cubierta forestal (3). Así provoca cambios importantes en las propiedades físicas, químicas, biológicas y bioquímicas (4), tales como el aumento de la hidrofobicidad y densidad, la rápida eliminación de nutrientes por volatilización, el aumento del pH, y la modificación de las poblaciones y actividad de microorganismos edáficos, entre otras. Actualmente son necesarias herramientas objetivas que indiquen el estado de un suelo tras un incendio, por lo que es necesaria la búsqueda de índices capaces de cuantificar el impacto y la recuperación de la calidad del suelo (5). Dichos índices deben ser desarrollados en suelos inalterados naturales y suelos degradados, ya que un buen índice debe ser sensible a las perturbaciones (6). Por esto, los objetivos del presente trabajo son: i) determinar y caracterizar parámetros indicadores de impacto del fuego en el suelo y ii) desarrollar un índice compuesto de degradación del suelo (IDS).

Material y Métodos

Selección de las zonas de estudio

El presente estudio se ha desarrollado en la Serranía Alta de Cuenca (Castilla-La Mancha, España), en una zona afectada por un incendio de gran magnitud que afectó a 1.780 ha repartidas en varios montes de Utilidad Pública de la provincia de Cuenca. Este estudio se ha centrado en el monte N° 133 "Ensanche de Las Majadas", el cual posee superficies poco accidentadas (ptes < 15%). La temperatura media anual (últimos 30 años) ha sido de 10.3°C, con una precipitación media anual de 983 mm. Posee suelos generalmente poco profundos, con frecuentes afloramientos rocosos. La vegetación arbórea dominante (pre y post-incendio) está compuesta por masas monoespecíficas de pino laricio (*Pinus nigra* Arn. subsp. *salzmannii*), aunque en ocasiones aparecen pies aislados de pino silvestre (*Pinus sylvestris* Ait.), quejigo (*Quercus faginea* L.) y/o sabina albar (*Junipeus thurifera* L.).

Para el cálculo del índice dNBR, se seleccionaron 2 imágenes Landsat 5 Thematic Mapper (TM) (path 200, row 32), correspondientes al 15 de julio de 2009 (pre-incendio) y el 3 de octubre de 2010 (post-incendio). Así se obtuvieron 4 niveles de severidad (Fig. 1): i) no quemado (color verde), ii) severidad baja (color amarillo), iii) severidad media (color naranja) y severidad alta (color rojo). A partir del índice, se seleccionaron 4 zonas (Fig. 1), próximas entre sí y con

diferencias significativas entre ellas a nivel suelo, con diferentes niveles de severidad: i) No Quemada (NQ), ii) Severidad Baja (SB), iii) Severidad Alta-Solana (SAS) y iv) Severidad Alta-Umbría (SAU).

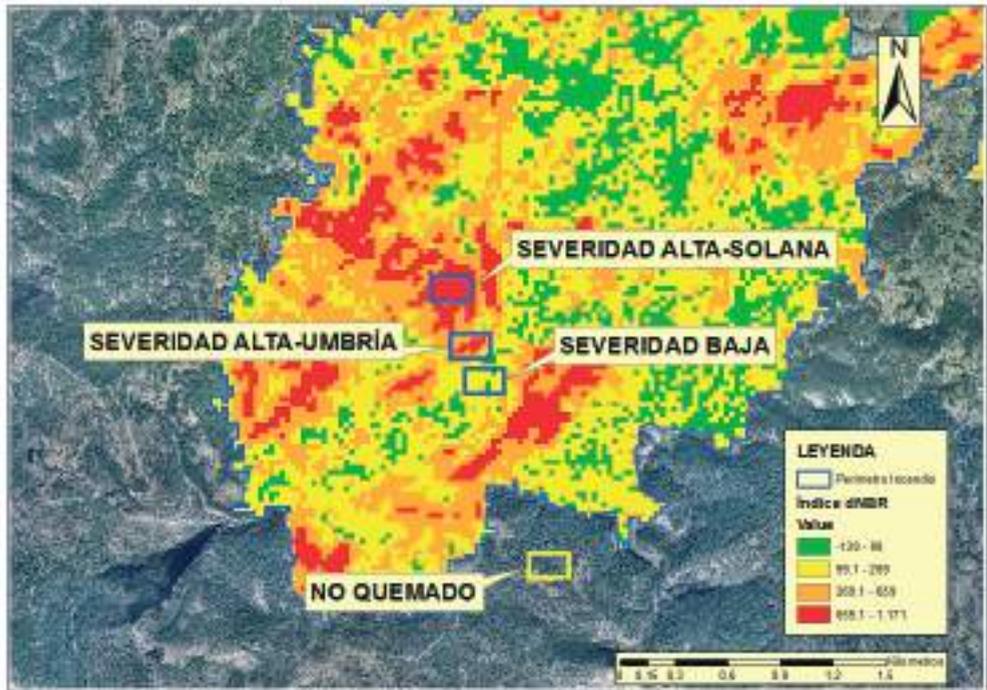


Figura 1. Localización de las zonas de estudio en los 4 niveles de severidad del incendio.

Muestreo de suelos y parámetros analizados

Se establecieron 3 parcelas de muestreo de suelo en la zona NQ. En las otras zonas, en las que el impacto del fuego sobre el suelo y plantas fue variable, se establecieron 6 parcelas. Dichas parcelas poseen una superficie aproximada de 1.000 m². Se realizaron 4 muestreos de suelo, durante los años 2011 y 2012: i) Otoño-11, ii) Invierno-12, iii) Primavera-12 y iv) Verano-12. La muestra de suelo de cada parcela (extraída de los 10-15 cm superiores) estaba compuesta por 6 submuestras mezcladas homogéneamente y distribuidas al azar, con el objetivo de minimizar la variabilidad espacial del suelo. En el laboratorio, tras eliminar los restos de plantas y raíces, las muestras fueron tamizadas (tamiz de 2 mm), homogenizadas y almacenadas a 4°C hasta su análisis (7). Se analizaron los siguientes parámetros físicos, químicos y microbiológicos del suelo: 1) Conductividad Eléctrica (CE), 2) pH, 3) Carbonatos Totales (CT), 4) Nitrógeno Total (NT), 5) Fósforo (P), 6) Material Orgánica (MO), 7) Carbono Orgánico Total

(COT), 8) Respiración Basal (RB), 9) Carbono de la Biomasa Microbiana (CBM), 10) Deshidrogenasa (DH), 11) Ureasa (U), 12) Fosfatasa (F) y 13) -Glucosidasa (-G). Para más información sobre la determinación de dichos parámetros consultar Andrés-Abellán *et al.*, 2011 (7).

Selección de indicadores. Elaboración de un índice de degradación de suelo (IDS)

El conjunto de parámetros anteriores fueron analizados mediante Análisis Discriminante para determinar que variables representaban mejor la degradación del suelo. La elección de las variables se realizó usando regresiones por partes. Posteriormente, las variables seleccionadas fueron analizadas mediante un Análisis Factorial estandarizado, con rotación ortogonal Varimax. Se analizaron las componentes principales (CP) con valores propios ≥ 1 (8). El conjunto de 84 marcadores obtenidos (uno por cada muestra de suelo) de cada una de las CP obtenidas fue analizado mediante un Análisis de Conglomerados, con el propósito de formar grupos homogéneos donde la variabilidad dentro del grupo fuera mínima, pero entre los grupos, máxima. Para normalizar los valores numéricos obtenidos, en un Índice de Degradación del Suelo (IDS_i), se aplicó la siguiente expresión (Ecuación 1) a cada una de las CP obtenidas en el Análisis Factorial:

$$IDS_i = \frac{X_m - X_i}{X_m} \quad (1)$$

Donde X_m = valor máximo y/o mínimo (según el caso) de los marcadores de la zona NQ de cada CP y X_i = valor del marcador de la CP para cada variable. Con el fin de obtener un IDS_{total}, se realizó la suma ponderada del IDS_i obtenido para cada CP, utilizando la varianza total obtenida por CP como factor de ponderación (Ecuación 2).

$$IDS_{total} = \sum (\% \text{ var. } CP_i * IDS_i) \quad (2)$$

Todos los análisis estadísticos fueron realizados usando el software Statgraphics Centurion XVI (STATPOINT Technologies, Inc., Virginia, USA).

Resultados

Indicadores de degradación del suelo

Las variables seleccionadas como indicadores de degradación fueron: NT, CE, CT, CBM, RB, y F. En todas las zonas afectadas por el incendio se produjo una

alteración de las propiedades del suelo seleccionadas, respecto a la zona NQ (suelo de alta calidad en condiciones de equilibrio, Tabla 1). Los suelos alterados por el incendio presentaron unos niveles bajos de NT, sobre todo en zonas de severidad alta. El incendio provocó un aumento de los niveles de CE y CT en esas zonas. Las propiedades microbiológicas y bioquímicas analizadas (CBM, RB y F) también fueron altamente afectadas por el incendio, produciéndose reducciones muy drásticas de las mismas.

Tabla 1. Media \pm error estándar para cada parámetro y zona de muestreo.

Zona ^a	NT ^b (%)	CE ^b ($\mu\text{S m}^{-1}$)	CT ^b ($\text{mg CO}_3^{-2} \text{g}^{-1}$)	CBM ^b ($\mu\text{g C g}^{-1}$)	RB ^b ($\text{mg C-CO}_2 \text{kg}^{-1} \text{dia}^{-1}$)	F ^b ($\mu\text{mol (PNP) g}^{-1} \text{h}^{-1}$)
NQ	1.05 \pm 0.07 ^c	26.2 \pm 2.6 ^a	0.11 \pm 0.01 ^a	576.1 \pm 64.2 ^b	102.1 \pm 10.5 ^c	23.1 \pm 5.2 ^b
SB	0.50 \pm 0.01 ^b	27.2 \pm 1.4 ^a	0.14 \pm 0.01 ^b	327.2 \pm 58.7 ^a	31.3 \pm 3.0 ^b	7.9 \pm 2.5 ^a
SAS	0.36 \pm 0.02 ^a	26.1 \pm 1.0 ^a	0.13 \pm 0.01 ^b	284.8 \pm 42.8 ^a	16.7 \pm 0.8 ^a	9.5 \pm 2.9 ^a
SAU	0.41 \pm 0.02 ^a	33.9 \pm 2.2 ^b	0.20 \pm 0.01 ^c	201.1 \pm 46.2 ^a	22.3 \pm 2.2 ^{ab}	9.2 \pm 3.2 ^a

^a NT: Nitrógeno Total, CE: Conductividad Eléctrica, CT: Carbonatos Totales, CBM: Carbono de la Biomasa Microbiana, RB: Respiración Basal, F: Fosfatasa. ^b Diferentes letras (a-e) en la misma columna indican diferencias estadísticamente significativas (Test de Fisher LSD a $p \leq 0.05$).

Índice de degradación de suelo (IDS_{total})

En el Análisis Factorial de las 6 variables obtenidas en el Análisis Discriminante, 2 CP tuvieron un valor propio ≥ 1 , explicando 66.0% de la varianza de los datos (Tabla 2).

Tabla 2. Resultados del análisis de componentes principales.

CP	CP1 ^a	CP2 ^a
Valor propio	2.48	1.48
Varianza	41.30	24.70
% Acumulado	41.30	66.00
Variables ^a		
NT	0.913	-0.160
CE	0.037	0.775
CT	-0.410	0.703
CBM	0.651	0.149
RB	0.830	-0.258
F	0.567	0.560

^a Los valores en negrita corresponden con pesos considerados altos.

Las variables con altos pesos en la CP1 (41.3% de la varianza) fueron NT, RB y CBM. Esta CP representa el factor denominado "Propiedades Microbiológicas". Las variables con altos pesos en la CP2 (24.7% de la varianza) fueron CE, CT y F. Esta CP representa el factor denominado "Propiedades Físico-Químicas y Enzimáticas". Los marcadores obtenidos en los 2 CP (84 por CP), fueron estudiados mediante Análisis de Conglomerados, el cual permite obtener el siguiente diagrama de dispersión (Fig. 2).

Este análisis identifica que las 6 variables seleccionadas son adecuadas para reflejar la diferente alteración de los suelos estudiados. Para normalizar los valores obtenidos, se aplicó la Ecuación 1, obteniéndose 2 IDS_i . El IDS_{total} es elaborado mediante la suma ponderada de cada uno, utilizando como coeficientes de ponderación la varianza explicada por cada CP (CP1: $41.3/66.0 = 63\%$; CP2: $24.7/66.0 = 37\%$). Analizando el IDS_{total} obtenido se observa (Fig. 3), que la zona NQ presenta los menores niveles de degradación del suelo, obteniéndose un valor muy constante estacionalmente (ligeramente más elevado en primavera). En las zonas afectadas por el incendio, la zona SAU parece ser la más degradada, existiendo similitudes entre las zonas SB y SAS, si bien la zona menos afectada por el incendio es SB. Desde el inicio de la toma de muestras (Otoño-11), se ha ido produciendo un descenso de la degradación del suelo, lo que da indicios de que tras 3 años del incendio, se está produciendo una ligera recuperación del suelo en esas zonas.

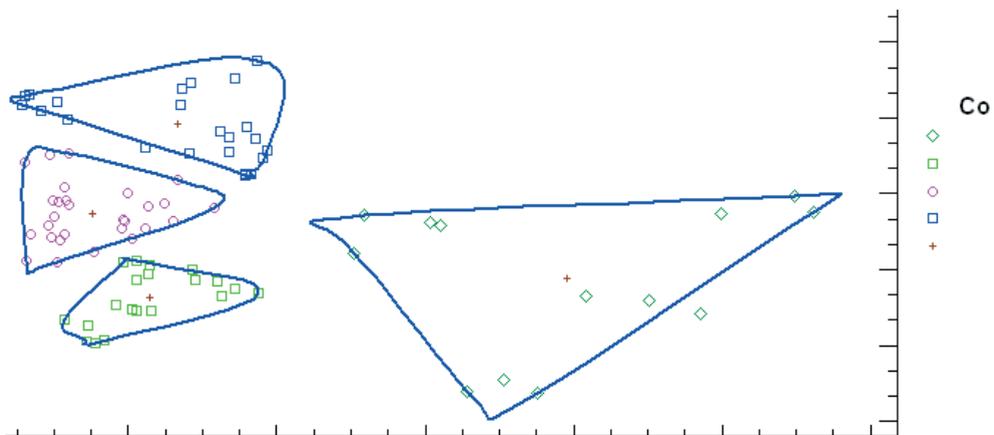


Figura 2. Diagrama de dispersión de los 4 niveles de severidad del incendio. NQ: No Quemada, SB: Severidad Baja, SAS: Severidad Alta-Solana, SAU: Severidad Alta-Umbría.

El índice IDS_{total} obtenido puede considerarse un índice complejo, el cual posee gran cantidad de parámetros que reflejan aspectos vitales de funcionamiento del suelo. Una vez comprobado que este índice identifica la degradación de un

suelo causada por un incendio, se comprobó la correlación existente entre éste y el coeficiente de mineralización (qmC), el cual puede ser considerado como un índice simple. El qmC es el cociente entre la RB y el COT (9). Así, se observa que existe una fuerte correlación entre ambos ($R^2=0.65$).

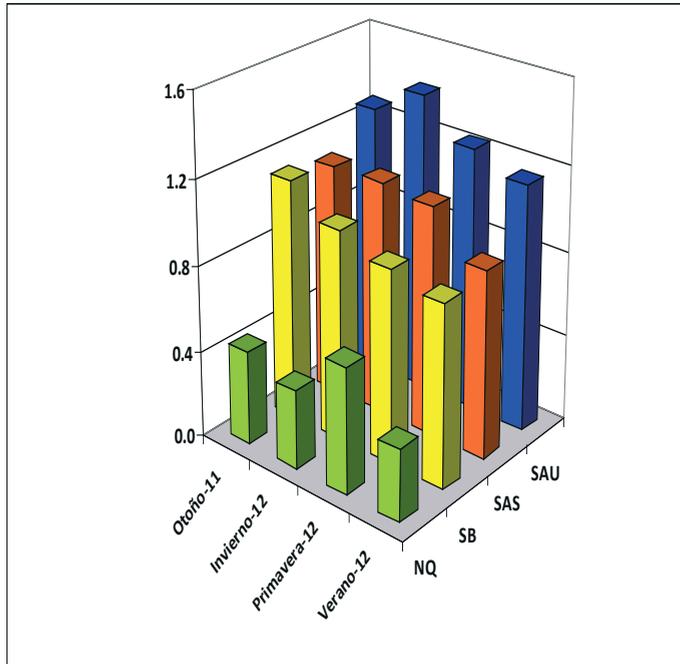


Figura 3. Índice de Degradación del Suelo (IDS_{total}), por zona y fecha de muestreo. NQ: No Quemada, SB: Severidad Baja, SAS: Severidad Alta-Solana, SAU: Severidad Alta-Umbría.

Discusión y Conclusiones

Los suelos impactados por el fuego pueden experimentar cambios a corto, largo o permanente plazo dependiendo del tipo de propiedad y severidad del fuego, así como de las condiciones climáticas post-incendio. Generalmente, en un incendio forestal se genera una distribución espacial no homogénea de severidades, lo cual desemboca en una gran heterogeneidad en la calidad del suelo. Las variables seleccionadas como indicadores de degradación (NT, CE, CT, CBM, RB, y F) han sido analizadas previamente por numerosos autores (4 y 10, entre otros), señalando comportamientos similares a los obtenidos en este estudio.

El índice IDS_{total} desarrollado sigue la tendencia actual de identificar índices (de calidad y/o degradación) basados en un conjunto mínimo de parámetros fáciles de medir y que representan claramente el estado del suelo (5). Para ello

se ha utilizado una técnica ampliamente utilizada por otros autores (5,11). El índice permite reflejar la actividad perturbadora del fuego en masas de *Pinus nigra* Arn. de la serranía de Cuenca, ya que se observan alteraciones en el equilibrio natural del suelo en las zonas afectadas. Además, permite identificar la incipiente recuperación de las zonas afectadas. No obstante, el número de zonas de muestreo ha sido limitado, por lo el análisis de nuevos rangos de severidad es necesario.

Paralelamente, se observa una elevada correlación entre el índice complejo desarrollado y un índice simple como el qmC. Los índices simples pueden ser herramientas fáciles y simples de utilizar, que reflejan en cierta medida, la calidad y/o degradación de un suelo. Sin embargo, estos índices no reflejan el estado de un suelo completamente, ya que éste tiene infinitas funciones interrelacionadas, por lo que un único indicador por sí solo no es capaz de reflejar la complejidad de la naturaleza del suelo (12).

Agradecimientos

Los autores desean agradecer la ayuda prestada a los Servicios Periféricos de la Dirección General de Política Forestal de la Provincia de Cuenca. El Ministerio de Educación, Cultura y Deporte ha financiado a Eduardo Martínez-García bajo el programa FPU. El presente trabajo ha sido financiado a través de la Consejería de Educación y Ciencia de Castilla-La Mancha (Ref. PBCC08-0109), el Ministerio de Ciencia y Tecnología bajo en Plan Nacional de I+D+I, INGENIO 2010 (Ref. CSD2008-00040) y por el Ministerio de Ciencia e Innovación (MICINN) co-financiado con Fondos FEDER (Ref. AGL2011-27747).

Referencias / Bibliografía

- (1) De Santis, A. y Chuvieco, E. 2009. GeoCBI: A modified version of the Composite Burn Index for the initial assessment of the short-term burn severity from remotely sensed data. *Remote Sens. Environ.* 113: 554–562.
- (2) Key, C.H. y Benson, N. 2005. Landscape assessment: ground measure of severity, the composite burn index; and remote sensing of severity, the normalized burn ratio. En: D. C. Lutes, R. E. Keane, J. F. Caratti, C. H. Key, N. C. Benson, y L. J. Gangi (Eds.), FIREMON: Fire Effects Monitoring and Inventory System., USDA Forest Service, Rocky Mountain Research Station, Gen. Tech. Rep. RMRS-GTR-164, Ogden, UT. (pp. CD:LA1–CD:LA51).
- (3) De Bano, L.F.; Neary, D.G.; Ffolliott, P.F. 1998. Fire's effects on ecosystems. John Wiley and sons. New York.
- (4) Hernandez, T., Garcia, C., Reinhardt, L. 1997 Short-term effects of wildfire on the chemical, biochemical, and microbiological properties of Mediterranean pine forest soils. *Biol. Fertil. Soils.* 25: 109–116.

- (5) Bastida, F.; Moreno, J.L.; Hernández, T.; García, C. 2006. Microbiological degradation index of soils in a semiarid climate. *Soil Biol. Biochem.* 38: 3463–3473.
- (6) Burger, J.A. y Kelting, D.L. 1999. Using soil quality indicators to assess forest stand management. *For. Ecol. Manag.* 122: 155–166.
- (7) Andrés-Abellán, M., Wic, C., García, F. M., Picazo, M. I., Candel, D., Lucas-Borja, M. E. 2011. Influence of the storage method on soil enzymatic activities in mediterranean forest soils. *Forest Systems.* 20(3): 379-388.
- (8) Kaiser, H.F. 1960. The application of electronic computers to factor analysis. *Educ. Psychol. Meas.* 29: 141–151.
- (9) Pinzari, F; Trinchera; A., Benedetti, A., Sequi, P. 1999. Use of biochemical indices in the mediterranean environment: comparison among soils under different forest vegetation. *J. Microbiol. Methods.* 36: 21-28.
- (10) Certini, G. 2005. Effects of fire on properties of forest soils: a review. *Oecologia.* 143: 1–10.
- (11) Zornoza, R.; Mataix-Solera, J.; Guerrero, C.; Arcenegui, V.; Mayoral, A.M.; Morales, J.; Mataix-Beneyto, J. 2007. Soil properties under natural forest in the Alicante Province of Spain. *Geoderma.* 142: 334-341.
- (12) Nannipieri, P.; Grego, S.; Ceccanti, B. 1990. Ecological significance of the biological activity in soils. En: Bollag, J.M., Stotzky, G. (Eds.). *Soil biochemistry.* Marcel Dekker, New York, pp. 293-355.

ESTUDIO DEL RIESGO DE NATURALIZACIÓN DE CACTÁCEAS EN LA ZONA CENTRO PENINSULAR

EDUARDO SOBRINO VESPERINAS (1), DAMIÁN DE TORRES DOMÍNGUEZ (1), ALBERTO GONZÁLEZ MORENO (2), DAVID MINGOT MARTÍN (3), ENRIQUE GARCÍA GÓMEZ (4).

- (1). Universidad de La Laguna. Dpto. de Ingeniería Producción y Economía Agraria
(2). INIA. Autopista de La Coruña. Km 7. Madrid
(3). Ingeniero de Montes. Consultor. Madrid
(4). Diputación de Toledo. Castilla La Mancha

Resumen

El estudio de plantas invasoras a nivel nacional se inicia con anterioridad a 1998 por un Grupo de trabajo coordinado desde la Universidad Politécnica de Madrid. En los últimos cinco años, una de las actividades del Grupo ha consistido en el estudio de la evolución de diversas especies de cactáceas naturalizadas en las provincias de Madrid, Albacete, Ávila y Toledo, en la zona central de la Península Ibérica.

La metodología utilizada, se ha basado en la realización de itinerarios botánicos sistemáticos georeferenciados por GPS, para detectar y localizar las nuevas especies.

Se examinó la bibliografía existente, incluida la Base de datos propia. Para apoyar la caracterización previa de las áreas de estudio se utilizó el método de correspondencias, seguido de fotointerpretación que ha permitido la determinación de aquellas zonas más susceptibles a la naturalización de plantas exóticas por su influencia antrópica. Finalmente, en los casos donde ya se ha producido la invasión, se realizaron visitas periódicas estableciendo la evolución de las mismas y determinando la extensión y magnitud de los impactos. En algún caso concreto, la invasión de una especie llega a ocupar una superficie próxima a los 18.400 m² en una misma mancha, llegando a alterar profundamente la biodiversidad de la zona e incluso el paisaje.

El estudio concluye, que actualmente existen cinco especies de *Cactaceae* naturalizadas en el centro del Península Ibérica, que están incluidas en dos géneros diferentes, *Cylindropuntia* y *Opuntia*, con comportamiento invasor, a pesar de las temperaturas invernales subcero, y relacionándolo con el incremento de las temperaturas mínimas como consecuencia del actual cambio climático.

Introducción

La naturalización de especies alóctonas o exóticas es un fenómeno que se remonta a las primeras migraciones humanas y, en consecuencia, tiene un

largo historial. Sin embargo en las dos últimas décadas está alcanzando niveles preocupantes que amenazan la homogenización de la biosfera y la desaparición y/o rarificación de numerosos taxones con menores capacidades de dispersión y adaptativas en general. Se pueden señalar dos causas concretas generadoras de este fenómeno: la globalización a nivel económico y social, así como el creciente gusto actual por la jardinería exótica.

El cambio climático, cuyos efectos son cada vez más evidentes, es un factor coadyuvante del incremento del número de taxones naturalizados, al modificar uno de los factores limitativos básicos en la expansión-retracción del área de especies. Las bajas temperaturas en la estación invernal, y de forma más específica las temperaturas bajo cero, constituyen una de las barreras existentes en la expansión de las especies termófilas.

Podemos apreciar la expansión de algunas especies, fuera de su área tradicional, haciéndose presentes en otras que se consideraban atípicas para ellas (Sobrino & *al.*, 2001).¹ Veamos un ejemplo de la expansión de especies tropicales y subtropicales en determinadas zonas de la Península Ibérica: la *Tradescantia fluminensis*, que tradicionalmente era cultivada como una especie tropical de interior en la década de los 60 y 70 del siglo XX, sensible a las heladas, hoy en día la hallamos naturalizada y dispersa como invasora en diversas localidades ibéricas en Galicia, País Vasco, Cantabria, Tarragona, Huesca y Madrid (Bellot, 1967; Castroviejo, 1975; Sobrino & Sanz-Elorza, 2000; Sobrino, com. pers.).^{2, 3, 4}

El incremento del área de dispersión de especies termófilas se ha producido tanto en especies vegetales autóctonas como alóctonas. La información de los pliegos de herbario juega un papel crucial en la determinación de este proceso de expansión, así como los estudios corológicos, cuando están disponibles.

Otros casos concretos a nivel especie, han sido estudiados por Sobrino & *al.* (*l.c.*) como las especies autóctonas *Inula viscosa* y *Sonchus tenerrimus*, que además de incrementar su área de distribución, llegan a colonizar terrenos con mayor altitud. Hay que considerar que un incremento de 1-2 °C en las temperaturas mínimas medias, puede ser decisivo para la expansión una especie termófila, y que además, la presencia de microclimas puede magnificar el cambio.

Cactaceae es una familia de grandes dimensiones, asociada generalmente a áreas con bajos niveles de precipitación y muchas veces con veranos de elevada temperatura. Sin embargo, aunque la mayoría de sus especies están ligadas a zonas cálidas, algunas de ellas, dentro de su área de dispersión, habitan zonas de inviernos relativamente fríos y son capaces de resistir temperaturas subcero [p.e. *Opuntia humifusa* (Rafin) Rafin].

Son recientes las citas de especies de *Cactaceae* naturalizadas en la provincia de Madrid y áreas limítrofes. La primera cita de la que tenemos constancia se debe a Gavilán & Molina (1987)⁵ en el Plantío (Madrid) para la especie *Opuntia phaeacantha* Engelm., a una altitud de 675 m.s.m., sobre taludes de la estación de ferrocarril del El Plantío, con un carácter claramente invasor, aunque limitado

a la mencionada trinchera. Posteriormente la observación de nuevas citas por parte del grupo de trabajo sobre plantas invasoras y la singularidad del hecho, nos ha llevado a estudiar de manera conjunta, las especies naturalizadas en la zona centro peninsular, y su posible carácter invasor en el sentido de Richardson & *al.* (2009).⁶

Los particulares caracteres adaptativos de las cactáceas hacen que los casos de invasión, no solo afecten a los ecosistemas desde el punto de vista de estructura y funcionalidad, de la competencia directa con especies autóctonas, sino que además afectan notablemente al paisaje.

Los objetivos de este trabajo son la determinación de aquellas especies naturalizadas de la familia *Cactaceae* de forma reciente y su comportamiento invasor en la zona Centro de la Península Ibérica, tolerando temperaturas invernales subcero.

Material y métodos

De manera inicial se examinó la bibliografía disponible, incluida la propia Base de datos del Grupo de Trabajo sobre Alóctonas (Sobrinó & *al.*, 1999)⁷ y el Herbario del Real Jardín Botánico de Madrid. En una segunda fase se utilizó el método de corresponsales para localizar la naturalización, seguido de la caracterización previa de las áreas de estudio y el diseño de itinerarios georeferenciados por GPS. En aquellos casos en que se han detectado procesos de invasión, se han monitorizado, realizando visitas periódicas para establecer su evolución.

Para la determinación de los especímenes se utilizaron las siguientes publicaciones monográficas sobre *Cactaceae*: Britton & Rose (1919)⁸, Backeberg (1977)⁹, Bravo-Hollies (1978)¹⁰, Benson (1982).¹¹

Resultados sobre las cactáceas naturalizadas en la zona Centro peninsular

La *O. phaeacanta* citada por Gavilán & Molina (*l.c.*) en el Plantío (Madrid), está citada como especie alóctona invasora en Australia y otros países de clima árido como España (Sanz-Elorza & *al.*, 2004)¹².

Las observaciones que hemos realizado se extienden a once localidades en que se han naturalizado un total de cinco especies diferentes de cactáceas, tal y como se detalla en la tabla 1, en la que se presentan los resultados obtenidos por especies, indicando la localidad, su comportamiento invasor y las citas de primeros autores.

La provincia con mayor número de citas es Madrid, que también destaca por incluir tres especies diferentes. La especie más frecuente es *O. ficus-indica* (L.) Miller, que en alguna ocasión aparece como invasora sobre taludes urbanos.

Se cita como nueva en Madrid la especie *Opuntia humifusa*, que ya estaba citada en Galicia y Cataluña. Se trata de una introducción procedente de jardinería en el Parque Forestal de La Casa de Campo de Madrid. Se encuentra naturalizada, y es capaz de soportar temperaturas subcero. La población de *O.phaecantha* se encuentra relativamente estabilizada, sin mostrar ampliación de área significativa. La segunda provincia por número de especies y de localidades es Toledo, con dos especies y tres localidades. Destaca por la gravedad de la invasión *Cylindropuntia rosea* (DC.) Backeb. en Toledo, citada inicialmente por Martín-Aguado (1996)¹³, que actualmente invade una superficie importante, estimada en 18.400 m², con una cobertura que llega a superar al 75%, y que se comporta como nueva especie dominante en los restos muy degradados de un antiguo encinar. Se trata de una especie de tallos cilíndricos con grandes púas, con espina arponada que favorece su dispersión, ya que los artejos se desprenden con facilidad.

Su presencia impide el paso de mamíferos de porte grande y mediano y además ejerce un notable efecto desfavorable sobre el paisaje. También la citamos como nueva su presencia en el Observatorio Meteorológico de Toledo, consecuencia del transporte de diásporas, posiblemente enganchada a la ropa o incluso al calzado. Estas invasiones aconsejan medidas inmediatas y enérgicas para su erradicación.

Una de las causas determinantes en el incremento de la naturalización de *Cactaceae* en la zona Centro de España es el incremento de la temperatura en las últimas décadas. En este caso se ha tenido en cuenta el incremento de las temperaturas medias mínimas desde 1910 a 2008 para los meses diciembre y enero, de acuerdo con el estudio realizado por Cuellar, con datos obtenidos del Observatorio Climatológico del Retiro en Madrid (www.globalizate.org; 27/07/2009).¹⁴ El estudio de las tendencias las realizó mediante modelización, utilizando el método de mínimos cuadrados. La temperatura media en la última década del siglo XX fue de 4,3 °C mientras que la correspondiente a la media de la primera década del siglo XXI fue de 6,3 °C, es decir dos grados mayor. Esto permite que algunas especies de cactáceas puedan naturalizarse a partir de diásporas de introducción antrópica. También se ha tenido en cuenta el efecto isla de calor en la ciudad de Madrid, aunque este hecho concreto no parece restar validez al resto de observaciones

Tabla 1. Cactáceas naturalizadas en la zona centro de la Península Ibérica

Especie	Provincia	Localidad	Coordenadas	Cita/Impacto
<i>Opuntia ficus-indica</i>	Madrid	Madrid capital, taludes de instalaciones del Canal de Isabel II	40°26'28''N 03°42'40''O 694 msm	Cita nueva (González Moreno & Sobrino Vesperinas)/Invasora
<i>Opuntia ficus-indica</i>	Madrid	Proximidades Autovía M-45	600 msm	Cita nueva (Sobrino Vesperinas)/Naturalizada
<i>Opuntia ficus-indica</i>	Madrid	Majadahonda, bordes finca agrícola abandonada .	40°28'08''N 03°53'05''O 705 msm	Cita nueva (Sobrino Vesperinas)/Naturalizada
<i>Opuntia ficus-indica</i>	Toledo	El Real de San Vicente, bordes carretera. Restos degradados de encinar.	40°07'50''N 04°41'37''O 706 msm	Cita nueva (Sobrino Vesperinas)/Invasora
<i>Opuntia ficus-indica</i>	Toledo	Taludes superiores próximos a Ermita de Sta María de la Cabeza.	39°51'11N 04°01'54''O 487 msm	Cita nueva (García Gómez) /Invasora
<i>Opuntia ficus-indica</i>	Ávila	Proximidades de la Univ. Católica de Ávila	40°39'53''N 04°42'84''O 1091 msm	Cita nueva (De Torres)/Naturalizada
<i>Opuntia humifusa</i>	Madrid	Casa de Campo, entrada desde estación El Batán 634 m.s.m.	40°24'35''N 03°45'12''O	Cita nueva (Mingot & Sobrino Vesperinas)/Naturalizada
<i>Cylindropuntia imbricata</i>	Albacete	El Cabril, cerca del limite con la provincia de Valencia.	39°22'77''N 01°33'51''O 721 msm	Cita nueva (García Gómez)/ Naturalizada
<i>Opuntia phaeacantha</i>	Madrid	Trinchera de la estación ferrocarril de El Plantío	675 ms.m	Gavilán & Molina (1987)/Invasora
<i>Cylindropuntia rosea</i>	Toledo	Taludes de la Ermita Santa Maria de la Cabeza	39°51'10''N 04°01'58''O 485 msm	Martín Aguado (1999)/Invasora
<i>Cylindropuntia rosea</i>	Toledo	Observatorio Meteorológico del Instituto Geográfico Nacional	39°52'52''N 04°02'64''O 474 msm	Cita Nueva (García Gómez & Sobrino Vesperinas)/Invasora

En resumen, el avance y expansión de especies termófilas tanto autóctonas como alóctonas es progresivo en los últimos años en diversas áreas de la Península Ibérica, especialmente en zonas calidas (Sanz-Elorza & al, 2004; 2006)^{15,16}, pero también se esta produciendo en áreas frías como en concreto en la submeseta sur. Su influencia general, tanto en la alteración de los ecosistemas como del paisaje también tiende a incrementarse. Nuestros resultados muestran que, de forma general, las áreas con inviernos en la zona centro con temperaturas subcero que, hasta ahora no eran zonas potenciales para la invasión por cactáceas, están dejando de serlo, con los graves problemas que implica desde el punto de vista de impacto ambiental y paisajístico.

Referencias / Bibliografía

- (1) Sobrino, Vesperinas, E., González Moreno, A., Sanz Elorza, M., Dana Sánchez, E. D., Sánchez Mata, D. & Gavilán, R. 2001. The expansion of thermophilic plants in the Iberian Peninsula as a sign of climate change. Walter, G.R., Burga, C.A., Edwards, P.J. (eds.) Finger prints of climate change. 163-184. Kluwer Academia/Plenum Publishers, New York.
- (2) Bellot, F. 1950. Anal. Inst. Bot. Cavanilles, 10(1): 383-387.
- (3) Castroviejo, S. 1975. Anal. Inst. Bot. Cavanilles, 32(2):489-502.
- (4) Sobrino Vesperinas, E. & Sanz-Elorza, M. 2000. Sobre la naturalización de *Tradescantia* y *Zebrina* (*Commelinaceae*) en España. Anales Jardín Botánico de Madrid, 57(2): 426-427
- (5) Gavilán, R. & Molina, A. 1992 Sobre *Opuntia phaeacantha* Engelmann en España. Anales del Jardín Botánico de Madrid. 50 (1) 118-119
- (6) Richardson, D. M., Pysek, P., Rejmanek, M., Barbour, M. G., Panetta, F. D., and West, C. J. 2000. Naturalization and invasion of alien plants: concepts and definitions. Diversity Distributions 6: 93–107.
- (7) Sobrino Vesperinas, E., Sanz Elorza, M., Dana, E. D. & Zaragoza, C. 1999. La flora alóctona española. Banco de datos. Actas Congreso SEMh. 39-46. Logroño.
- (8) Britton, N.I. & Rose, J.N. 1919. *The Cactaceae. Descriptions and illustrations of plants of the cactus family*. Vol. I. The Carnegie Institution of Washington. EE.UU. 236 pp.
- (9) Backeberg, C. 1977. Cactus Lexicon. Blandford Press. Pool, Dorset
- (10) Bravo-Hollies, H. 1978. Las cactáceas de México. Vol. I. Universidad Autónoma de México. Mexico D.F. Mexico. 743 pp.
- (11) Benson, L. 1982. The Cacti of the United States and Canada. Stanford University Press.
- (12) Sanz Elorza, M., Dana Sánchez, E. D. & Sobrino Vesperinas, E. 2004. Atlas de las plantas invasoras en España. Ministerio de Medio Ambiente. Madrid.
- (13) Martín-Aguado, M. 1996. Acerca de una cactácea, ya toletana. *Toletum* 35. 9-20.
- (14) (www.globalizate.org; 27/07/2009)
- (15) Sanz Elorza, M., Dana Sánchez, E. D. & Sobrino Vesperinas, E. 2004. Sobre la presencia de cactáceas naturalizadas en la costa meridional de Cataluña. Anales del Jardín Botánico de Madrid, 61(1): 27-33.
- (16) Sanz Elorza, M., Dana Sánchez, E.D. & Sobrino Vesperinas, E. 2006. *Further naturalised Cactacea in northeastern Iberian Peninsula*. Anales del Jardín Botánico de Madrid, 63(1): 7-11.

EVALUACIÓN TEMPORAL DEL IMPACTO DEL FUEGO EN LA ACTIVIDAD MICROBIOLÓGICA DEL SUELO EN UN BOSQUE MEDITERRÁNEO

WIC BAENA, C.²; ANDRÉS ABELLÁN, M.^{1,2}; LUCAS BORJA, M. E.^{1,2};
LÓPEZ SERRANO, F. R.^{1,2}; GARCÍA MOROTE, F. A.^{1,2};
MARTÍNEZ GARCÍA, E.^{1,2}; PICAZO CÓRDOBA, M.^{1,2}

¹Universidad de Castilla-La Mancha, E.T.I.S. Agrónomos, Dep. Ciencia y Tecnología Agroforestal y Genética. Área de Tecnologías del Medio Ambiente. Campus Universitario s/n. 02071-Albacete (SPAIN).

²Universidad 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
Teléfono: +34- 967599200, fax: +34-967599238, e-mail: **Manuela.Andres@uclm.es**

Palabras clave: Respiración basal, cociente metabólico, cociente de mineralización, carbono de la biomasa.

Resumen

El fuego se ha convertido en un grave problema en los ecosistemas mediterráneos, ya que muchas propiedades del suelo se ven alteradas por su efecto. En este trabajo se estudia el efecto del paso del fuego en tres propiedades de un suelo forestal de la Serranía de Cuenca. Se toman muestras al azar, en dos zonas contiguas, una quemada y otra sin quemar tomada como control. En nueve puntos se midieron: la respiración basal (CO_2), el carbono de la biomasa microbiana (CBM) y el carbono orgánico total (COT). Se encontraron diferencias significativas en materia orgánica, actividad y biomasa microbianas en ambas zonas. Los cocientes metabólico ($q(\text{CO}_2)$), y de mineralización ($q(\text{mC})$), muestran que el gasto de C fue mayor y su acumulación menor en la zona incendiada que en la no incendiada.

Introducción

La coincidencia de la época seca con la más cálida del clima mediterráneo, la alta combustibilidad de las especies vegetales (bajo contenido en agua y presencia de aceites) (1) y la acción antropogénica, hacen que el fuego pueda ser considerado como un factor intrínseco que modela la configuración de los ecosistemas mediterráneos. Este modifica algunas propiedades físicas y químicas del suelo, durante e inmediatamente después de haber ocurrido éste (2), lo que repercute en una disminución importante de la biomasa microbiana (3).

La biomasa microbiana es el componente más activo del suelo y por lo tanto responde rápidamente al efecto de perturbación o recuperación del suelo (4). Una vez muertos ponen a disposición los nutrientes contenidos en los restos microbianos (5) y, por otro lado, también participan en la inmovilización o reserva.

La relación entre los parámetros microbiológicos se ha utilizado muchas veces para evaluar la ecofisiología microbiana (6). El cociente metabólico ($q(\text{CO}_2)$), que relaciona la respiración microbiana ($\mu\text{g C-CO}_2 \cdot \text{g}^{-1}_{(\text{de suelo})} \cdot \text{día}^{-1}$) y la cantidad de biomasa microbiana ($\text{mg C-biomasa} \cdot \text{g}^{-1}_{(\text{de suelo})}$), da idea de la intensidad metabólica de los microorganismos del suelo a través del gasto de C en términos de respiración. Hace referencia al requerimiento de energía de mantenimiento, o en general al estado de estrés del suelo por diversos factores. Por tanto es un indicador apropiado de la adversidad de las condiciones ambientales (7). El cociente de mineralización ($q(\text{mC})$), indica la parte del carbono orgánico total que se ha mineralizado durante la incubación (8), y por tanto queda como reserva.

Partiendo del hecho de que el fuego disminuye la población de microorganismos y varía las tasas metabólicas y de mineralización con respecto a zonas no afectadas, en este trabajo se parte de la hipótesis de que esta variación puede ser diferente con el tiempo y con las condiciones climáticas.

El objetivo principal de este trabajo es conocer el efecto del fuego en la regeneración de un ecosistema forestal mediterráneo, para lo cual se estudia la variación en la cantidad y la actividad de la biomasa microbiana del suelo incendiado a lo largo de un año. Para lo cual se cuantifican el carbono orgánico total, la respiración basal y el carbono de la biomasa microbiana y se determinan los cocientes metabólicos y de mineralización.

Material y Métodos

A. Zona de estudio

El estudio se lleva a cabo en el monte denominado "Dehesa de Don Juan", en un bosque mixto natural de pino negral (*Pinus nigra* Ait.) y sabina (*Juniperus thuirifera* L.) ubicado entre los términos municipales de Cañada del Hoyo y la Cierva (provincia de Cuenca, centro-este de España, $40^{\circ} 0' 17,9''$ N; $1^{\circ} 50' 55,49''$ W) (Figura 1). En 2011, las temperaturas medias del aire en verano y otoño fueron $19,63 \pm 1,9$ °C y $11,33 \pm 2,6$ °C, respectivamente; y en 2012, las temperaturas en invierno y primavera fueron $4,23 \pm 2,3$ °C y $14,23 \pm 5,6$ °C, respectivamente. Las lluvias de verano y otoño en 2011 fueron de $2,53 \pm 1,3$ mm y $16,83 \pm 14,7$ mm, y en invierno y primavera del año 2012 fueron de $7,86 \pm 2,0$ mm y $43,73 \pm 37,9$ mm, respectivamente. El 9 de septiembre de 2011 este monte sufre un incendio en el que son afectadas aproximadamente 200 ha. Dentro del monte se seleccionan dos zonas de unos 3000 m², una en la cara norte de la zona quemada, y otra, en la zona no quemada contigua a la anterior (zona control).



Figura 1. Ubicación geográfica de la zona de estudio

B. Muestreo y tratamiento

En cada una de las dos zonas establecidas para la realización del estudio se fijaron 9 subparcelas de 11 x 30 m. A su vez, de cada una de estas subparcelas se toma una muestra compuesta de 6 submuestras distribuidas al azar, para aumentar la representatividad. El muestreo se realizó durante un año y en cada una de las estaciones posteriores al incendio. El primer muestreo se realizó a los 10 días, verano de 2011; el segundo a los 70 días, otoño de 2011, y después de algunos periodos breves de lluvias; el tercer muestreo a los 160 días, coincidiendo con el período más frío, después de algunas heladas (invierno de 2012); el cuarto a los 250 días, primavera de 2012; y el último, a los 365 días, verano 2012, tras un periodo de sequía y elevadas temperaturas.

En el laboratorio, tras eliminar los restos de plantas, las muestras son tamizadas (tamiz de 2 mm), homogenizadas y se pone en marcha el proceso de análisis de respiración y carbono de biomasa. Una pequeña cantidad de muestra se deja secar a temperatura ambiente para el análisis del carbono orgánico total.

C. Parámetros Analizados

El carbono de la biomasa microbiana (CB) se determina por el método de VANCE (9) adaptado por GARCÍA (10). Para la determinación de la respiración basal se utiliza el método de incubación estática a 28°C descrito por ANDERSON (11). El contenido de carbono orgánico total se determina mediante el método WALKLEY-BLACK (12).

El cociente metabólico ($q(\text{CO}_2)$) se calcula dividiendo la respiración microbiana ($\mu\text{g C-CO}_2 \cdot \text{g}^{-1}_{(\text{de suelo})} \cdot \text{día}^{-1}$) y la cantidad de biomasa microbiana ($\text{mg C-biomasa} \cdot \text{g}^{-1}$)

¹_(de suelo)). El cociente de mineralización ($q(mC)$) se calcula dividiendo la respiración microbiana ($\mu g C-CO_2 \cdot g^{-1}$ _(de suelo) $\cdot día^{-1}$) y la cantidad de carbono orgánico total (mg de $C \cdot g^{-1}$ _(de suelo))

Para el análisis estadístico de los datos, se han realizado análisis de varianza (ANOVA) factorial, con el fin de evaluar el efecto individual y conjunto de los factores estudiados.

Resultados

De acuerdo con los resultados mostrados en la Tabla 1, el incendio y el tiempo transcurrido influyen en todos los parámetros estudiados, así como en los cocientes metabólico y de mineralización, explicando entre el 63,5 y 73 % de variabilidad. La interacción incendio tiempo no va a influir en el carbono total (COT) y en el cociente de metabólico ($q(CO_2)$).

Tabla 1: Significancia de los factores en las diferentes variables y ajuste al modelo lineal general (F: F-Snedecor, R²: coeficiente de determinación, ES: error estándar)

FACTORES	Tiempo		Incendio		Incendio x Tiempo		MODELO COMPLETO		
	F	P	F	P	F	P	F	R ² (%)	ES
VARIABLES ^a									
COT	36,42	<0,001	49,75	<0,001	0,31	ns	40,77	71,1	7,9
CO₂	49,08	<0,001	65,23	<0,001	6,79	<0,001	42,05	71,7	9,9
CB	35,1	<0,001	75,09	<0,001	4,12	<0,01	38,55	70	0,16
q(CO₂)	14,9	<0,001	16,54	<0,001	1,21	ns	15,16	73	8,1
q(mC)	34,9	<0,001	22,44	<0,001	3,93	<0,01	28,88	63,5	0,19

^a **COT**: Carbono orgánico total, **CO₂**: Respiración basal, **CB**: Carbono de la biomasa microbiana, **q(CO₂)**: Cociente metabólico, **q(mC)**: Cociente de mineralización.

Los valores de las variables medidas fueron mayores en la zona no incendiada. Los valores más altos de carbono de biomasa microbiana (CB) y respiración basal (CO₂) se encontraron a los 70 días después de éste, coincidiendo con la estación de otoño (Tabla 2). También se observa que mientras que el cociente de mineralización ($q(mC)$) tiene igual tendencia que los parámetros anteriores, el cociente metabólico ($q(CO_2)$) tiene una tendencia contraria, alcanzando los mayores valores medios en la zona incendiada y en el tiempo coincidente con los periodos estacionales más extremos en condiciones de temperatura, evaporación y humedad. (Tabla 2).

Tabla 2. Valores medios \pm error estándar para cada una de las variables y factores

Variables ^a	FUEGO		TIEMPO											
	No Incendio		10 días		70 días		160 días		250 días		365 días		No Incendio	
	Incendio	No Incendio	Incendio	No Incendio	Incendio	No Incendio	Incendio	No Incendio	Incendio	No Incendio	Incendio	No Incendio	Incendio	No Incendio
COT (mg de C·g ⁻¹ (de suelo))	30,04 \pm 1,21	42,04 \pm 1,19	15,33 \pm 2,68	25,00 \pm 2,60	36,25 \pm 2,84	51,33 \pm 2,68	35,66 \pm 2,60	47,66 \pm 2,68	21,33 \pm 2,70	34,33 \pm 2,69	52,00 \pm 2,68	41,60 \pm 2,68		
CO₂ (μ g C-CO ₂ ·g ⁻¹ ·día ⁻¹)	18,09 \pm 1,33	33,22 \pm 1,31	7,69 \pm 2,94	14,48 \pm 2,94	36,44 \pm 2,94	62,20 \pm 2,94	15,18 \pm 2,94	42,86 \pm 2,94	10,38 \pm 2,94	21,79 \pm 2,94	20,75 \pm 2,94	24,75 \pm 2,94		
CB (mg·C·g ⁻¹ (de suelo))	0,20 \pm 0,21	0,48 \pm 0,022	0,064 \pm 0,05	0,26 \pm 0,063	0,45 \pm 0,053	0,91 \pm 0,053	0,17 \pm 0,053	0,55 \pm 0,053	0,20 \pm 0,053	0,47 \pm 0,053	0,10 \pm 0,053	0,18 \pm 0,053		
q(CO₂) (μ g C-CO ₂ ·g ⁻¹ ·(de suelo)·día ⁻¹)	122,04 \pm 7,11	81,40 \pm 7,02	84,01 \pm 15,7	46,69 \pm 15,7	83,66 \pm 15,7	69,14 \pm 15,7	109,00 \pm 15,7	88,39 \pm 15,7	84,01 \pm 15,7	46,69 \pm 15,7	203,66 \pm 15,7	145,96 \pm 15,7		
q(mC) (μ g C-CO ₂ ·mg ⁻¹ C·día ⁻¹)	0,59 \pm 0,03	0,77 \pm 0,03	0,48 \pm 0,06	0,57 \pm 0,06	1,04 \pm 0,063	1,21 \pm 0,06	0,42 \pm 0,059	0,88 \pm 0,06	0,47 \pm 0,06	0,62 \pm 0,06	0,53 \pm 0,06	0,56 \pm 0,06		

^a **COT**: Carbono orgánico total, **CO₂**: Respiración basal, **CB**: Carbono de la biomasa microbiana, **q(CO₂)**: Cociente metabólico, **q(mC)**: Cociente de mineralización.. Se muestran en negrita los valores entre los que aparecen diferencias significativas (P<0,05).

La relación entre los valores medios del COT, CB y CO₂, para la zona no quemada respecto a la quemada es bastante elevada (próxima al doble o más) a lo largo del tiempo, hasta la última toma (después de un año), donde esta relación disminuye. Las mayores diferencias en los valores medios de zona incendiada y no, para el cociente metabólico (q(CO₂)), se encuentran a los 10 y 365 días de haber ocurrido el fuego, coincidiendo con los veranos del 2011 y 2012. El cociente de mineralización (q(mC)) registra a los 160 días la mayor diferencia entre las dos zonas (quemada y no quemada), y se hace despreciable al cabo del año (Figura 2).

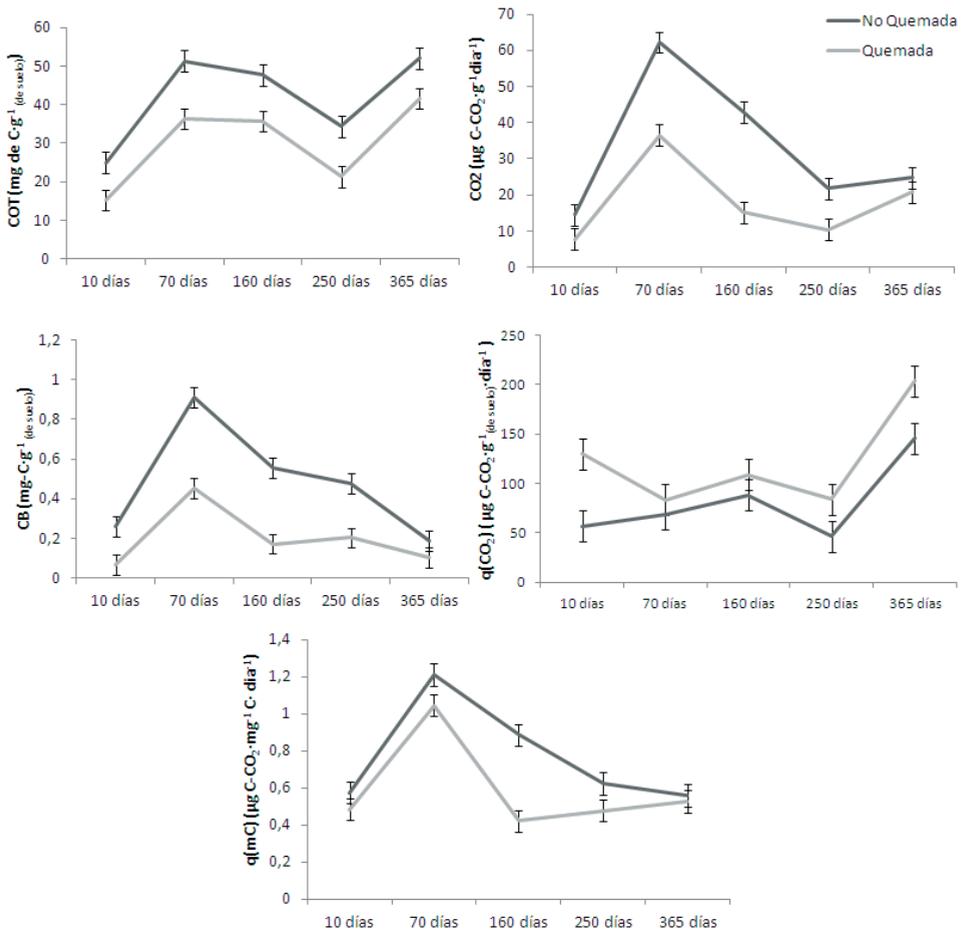


Figura 2. Valores medios de las variables (desde el origen del fuego hasta completar el año) para cada estación y zona. **COT:** Carbono orgánico total, **CO₂:** Respiración basal, **CB:** Carbono de la biomasa microbiana, **qCO₂:** Cociente metabólico, **qmC:** Cociente de mineralización.

Discusión y Conclusiones

En concordancia con la hipótesis planteada en este estudio, los resultados muestran que el paso del fuego hace disminuir la población microbiana del suelo y produce un desequilibrio entre la cantidad de carbono que se metaboliza y el que se inmoviliza, siendo éste más pronunciado en los periodos estacionales donde los valores de temperatura y humedad ambientales, y por tanto del suelo, son más extremos. Por lo general, después del fuego, y dependiendo de la intensidad de éste, la población microbiana existente disminuye debido a las elevadas temperaturas (13). Además se generan unas nuevas condiciones edafoclimáticas que alteran a los microorganismos y su actividad (14). En la zona incendiada, al disminuir la cubierta vegetal y por tanto la protección del suelo, el efecto estacional es más notable. En condiciones de suficiente humedad y con un aumento de la temperatura de unos 10 °C la actividad metabólica se incrementa de 2 a 3 veces (15). Es por esto que en este estudio los mayores valores medios de CB y CO₂ se registren en otoño, debido a que fue el periodo estacional con temperaturas moderadas y algunas precipitaciones, además del mayor aporte de materia orgánica a causa de la hojarasca caída.

En este estudio (16), el COT sufre una disminución después del incendio como consecuencia de que el fuego afecta directamente a los horizontes superficiales de éste. Pero el análisis del COT no es una buena medida del contenido de alimento disponible para los microorganismos ni un buen indicador del nivel de descomposición (17). Por esto en este estudio se analizan los cocientes metabólicos y de mineralización para tener una idea más acertada de la dinámica del suelo. El aumento del cociente metabólico ($q(\text{CO}_2)$) de la zona incendiada respecto a la no incendiada (durante todo el año), indica un mayor gasto de C en respiración. La disminución de la biomasa microbiana como consecuencia del fuego, hace que los microorganismos existentes aumenten su actividad con el propósito de restablecer la disponibilidad de nutrientes en el suelo (restablecer la mineralización). El $q(\text{CO}_2)$ se incrementa en ecosistemas bajo estrés o rehabilitación (18). Por el contrario, la disminución del cociente de mineralización en la zona quemada (durante todo el año excepto al final) indica que disminuye la cantidad de reservas o nutrientes disponibles (19), situación que se agrava si se tiene en cuenta que la materia orgánica disminuye después del incendio. Todo esto puede llevar consigo un deterioro de la calidad del suelo, influyendo en gran medida en el tiempo de regeneración del ecosistema e incluso en su total recuperación. En el periodo de tiempo en el que se lleva a cabo este estudio, no es posible determinar con exactitud en qué estado de degradación o recuperación se encuentra el suelo. No obstante, si se tiene en cuenta que el cociente de mineralización es un parámetro valioso para monitorizar el suelo porque integra varias claves del funcionamiento del ecosistema (20), se podría afirmar que en el suelo de la zona de estudio, aparece una ligera estabilización o recuperación, ya que las diferencias en los valores medios de $q(\text{mC})$ y CB, en la zona incendiada y no incendiada, a los 365 días, son menores que en los periodos anteriores.

En conclusión: (A) el fuego afecta directamente (debido a las altas temperaturas) e indirectamente (cambios en las propiedades físicas y químicas del suelo) a la biomasa microbiana, a su actividad y al carbono orgánico total, produciendo una disminución en todos estos parámetros; (B) las relaciones entre estos parámetros, determinadas por los cocientes metabólicos y de mineralización, también se vieron afectados, produciendo un aumento y una disminución, respectivamente, de ellos en las zonas incendiadas; y (C) según los datos de carbono de biomasa microbiana y cociente de mineralización (valores más próximos a los de la zona no quemada), en el suelo objeto de estudio, parece detectarse una cierta estabilidad y recuperación.

Referencias / Bibliografía

- (1) MADRIGAL, J.; VEGA, J.A.; HERNANDO, C.; FONTURBEL, T.; DÍEZ, R.; GUIJARRO, M.; DÍEZ, C.; MARINO, E.; PEREZ, J.R.; FERNÁNDEZ, C.; CARRILLO, A.; OCAÑA, L.; SANTOS, I.; 2009. Efecto de la corta a hecho y la edad de la masa en la supervivencia de regenerado de *Pinus pinaster* Ait. Tras el gran incendio del Rodenal de Guadalajara. Actas del V Congreso Forestal Español. Ávila.
- (2) BODÍ, M. B.; CERDÀ, C.; MATAIX-SOLERA, J.; H. DOERR, S.; 2012. Efectos de los incendios forestales en la vegetación y el suelo en la cuenca mediterránea. Revisión bibliográfica. *Boletín de asociación de geógrafos españoles*. 33-55.
- (3) HERNÁNDEZ, T.; GARCÍA, C.; REINHARDT, I.; 1997. Short-term effect of wildfire on the chemical, biochemical and microbiological properties of Mediterranean pine forest soils. *Biology and Fertility of Soils*. 25: 109-116.
- (4) ROSS, U.; JOERGENSEN, K.; CHANDLER, K.; 2001. Effects of Zn enriched sewage sludge on microbial activities and biomass in soil. *Soil Biology and Biochemistry*. 33: 633-638.
- (5) JENKINSON, D. S.; LADD, J. N.; 1981a. Microbial biomass in soil: Measurement and turnover. *Soil Biochemistry*. (E. A. Paul; J. N. Ladd, Eds). Dekker, New York. Vol. 5, pp 415-471.
- (6) ANDERSON, T.; 2003. Microbial eco-physiological indicators to assess soil quality. *Agric, Ecos & Env*. 98:285-293.
- (7) LLORENTE, M.; TURRIÓN, M.B.; 2010. Microbiological parameters as indicators of soil organic carbon dynamics in relation to different land use management. *Eur J For Res*. 129:73-81.
- (8) PINZARI, F.; TRINCHERA, A.; BENEDETTI, A.; SEQUI, P.; 1999. Use of biochemical indices in the mediterranean environment: comparison among soils under different forest vegetation. *Journal of Microbiological Methods*. 36: 21-28.

- (9) VANCE, E.D; BROOKES, P.C; JENKINSON, D.S; 1987. An extraction method for measuring soil microbial biomass. *Soil Biol Biochem.* 19: 703-707.
- (10) GARCÍA, C.; GIL, F.; HERNÁNDEZ, T.; TRASAR, C.. 2003. Técnicas de análisis de parámetros bioquímicos en suelos: Medida de actividades enzimáticas y biomasa microbiana. CEBAS-CSIC, Murcia, Spain.
- (11) ANDERSON J.; 1982. Soil respiration. In A. L. Page *et al.* (ed.) *Methods of soil analysis, Part 2. Chemical and Microbiological Properties* (2nd eds). *Am. Soc. Agronomy.* Madison, Wisconsin USA. 831-871.
- (12) WALKLEY, A.; BLACK, A.; 1934. An examination of the Degtjareff method for determining soil organic matter and a proposed modification of the chromic acid titration method. *Soil Science.* 37, 29-38.
- (13) OTSUKA, S.; SUDIANA, I.; KOMORI, A.; ISOBE, K.; DEGUCHI, S.; NISHIYAMA, M.; SHIMIZU, H.; SENOO, K.; 2008b. Community structure of soil bacteria in a tropical rainforest several years after fire. *Microbes and Environments.* 23(1): 49-56.
- (14) GONZÁLEZ PÉREZ J.A.; GONZÁLEZ VILA F. J.; ALMENDROS, G.; 2004. The effect of fire on soil organic matter. *Environment International.* 30: 855-870.
- (15) MATAIX SOLERA, J.; 1997. Modificaciones físico-químicas en suelos afectados por un incendio forestal. Tesis de Licenciatura. Facultad de Ciencias. Universidad de Alicante.
- (16) MATAIX SOLERA, J.; GUERRERO, C.; GÓMEZ, I.; NAVARRO PEDREÑO, J; MATAIX, J.; 1999b. Modifications in N, P, K, Na, Ca, Mg and organic matter contents in a forest soil affected by experimental fire. 6th International Meeting on Soils with Mediterranean Type of Climate. Barcelona. Extended Abstracts: 774-776.
- (17) KLEIN, K. J.; BLIESE, P. D.; KOZLOWSKI, S.W.J.; DANSEREAU, F.; GAVIN, M. B.; GRIFFIN, M. A.; HOFMANN, D. A.; JAMES, L. R.; YAMMARINO, F. J.; BLIGH, M. C.; 2000. Multilevel analytical techniques: Commonalities, differences, and continuing questions. (K. J. Klei; S.W.J. Kozlowski, Eds), *Multilevel theory, research and methods in organizations: Foundations, extensions, and new directions.* San Francisco, CA: Jossey-Bass, pp. 512-553.
- (18) ANDERSON, T.; DOMSCH, K.; 1985. Termination of ecophysiological maintenance C requirements of soil microorganisms in a dormant state. *Biology and Fertility of Soils.* 1: 81- 89.
- (19) ANDERSON, T.H.; DOMSCH, K. H.; 1989a. Application of eco-physiological quotients (qCO₂ and qD) on microbial biomass from soils of different cropping histories. *Soil Biology and Biochemistry.* 22: 251-255.
- (20) VISSER, S.; PARKINSON, D.; 1992. Soil biological criteria as indicators of soil quality: soil microorganisms. *Am. J. Altern. Agric.* 7 (1/2), 33–37.

INDICADORES MICROBIOLÓGICOS Y BIOQUÍMICOS DEL IMPACTO AMBIENTAL CAUSADO POR LOS TRATAMIENTOS FORESTALES EN LA SERRANÍA DE CUENCA

ANDRÉS ABELLÁN, M^{1,2}; WIC BAENA, C²;
MARTÍNEZ GARCÍA, E^{1,2}; LUCAS BORJA, ME^{1,2};
LÓPEZ SERRANO, FR^{1,2}; GARCÍA MOROTE, FA^{1,2};
RUBIO, E³; PICAZO, MI^{1,2}.

¹Universidad de Castilla-La Mancha, E.T.I.S. Agrónomos, Dep. Ciencia y Tecnología Agroforestal y Genética. Área de Tecnologías del Medio Ambiente. Campus Universitario s/n. 02071-Albacete (SPAIN).

²Universidad 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
Teléfono: +34- 967599200, fax: +34-967599238, e-mail: **Manuela.Andres@uclm.es**

Palabras clave: actividades enzimáticas en suelos, cociente metabólico, cociente de mineralización, tratamientos silvícolas.

Resumen

Los tratamientos silvícolas frecuentes en muchas zonas forestales para mejorar la productividad y crecimiento de las masas vegetales, pueden llevar implícita una alteración de la calidad del suelo. En este trabajo se analiza el impacto de tratamientos silvícolas parciales realizados en distintos años y en diferentes periodos estacionales, en indicadores microbiológicos y bioquímicos del suelo en los montes “Ensanche de Buenache” y “Palancares y Agregados” (Serranía de Cuenca, Castilla-La Mancha). Se estudian propiedades como respiración basal, carbono de la biomasa, actividades enzimáticas (ureasa, fosfatasa, glucosidasa y deshidrogenasa), y cocientes como el cociente metabólico (CO_2/CBM) y el cociente de mineralización ($\text{CO}_2/\text{C}_{\text{org}}$). También se han analizado parámetros físico-químicos (nitrógeno, carbono total, fósforo, conductividad, pH y carbonatos). Los resultados muestran de forma significativa el efecto del tratamiento en los indicadores edáficos estudiados, que será de distinta intensidad según el periodo estacional. Paralelamente el cociente metabólico se incrementa en las zonas tratadas y el cociente de mineralización disminuye, con respecto a las zonas seminaturales.

Introducción

Profundizar en el estudio de impactos de tratamientos silvícolas sobre las propiedades microbiológicas y bioquímicas de suelos forestales (1) (2), es de suma importancia con miras a una gestión forestal sostenible.

En los montes mediterráneos de Castilla-La Mancha son habituales los tratamientos silvícolas parciales de claras, clareo y resalveo, para retirar la vegetación competitiva, mejorar el crecimiento y la producción de las masas forestales, y evitar la acumulación de biomasa potencialmente combustible en los incendios estivales, así como también para evitar la proliferación de plagas. 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 influye en la estabilidad y fertilidad de los ecosistemas, y es el resultado de una interacción dinámica entre varias propiedades físicas, químicas y biológicas del suelo, que están a su vez influenciadas por muchos factores externos, entre ellos los tratamientos silvícolas. Los tratamientos silvícolas y las técnicas de preparación del suelo provocan la alteración de los horizontes superficiales del suelo, incrementándose la cantidad de agua, la temperatura y la intensidad luminosa. Pero a su vez provocan una pérdida de nutrientes y de materia orgánica degradable, bien por volatilización, lixiviación o por erosión superficial, y finalmente alteran la composición de las comunidades microbianas y las tasas de descomposición de la materia orgánica (3) (4).

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 (5) (6). De ahí su gran aplicación no sólo como indicadores de impactos sino también como indicadores de control de recuperación del medio.

El objetivo de este trabajo es evaluar el impacto de los tratamientos silvícolas (clareo y resalveo) en las propiedades microbiológicas y bioquímicas del suelo en dos montes de la Serranía de Cuenca ("Ensanche de Buenache" y "Palancares y Agregados") en diferentes periodos estacionales.

Material y Métodos

A. Zonas de estudio

Una de ellas está situada en el Monte de Utilidad Pública nº 109 "Ensanche de Buenache" (40º 0' 17,9" N; 1º 50' 55,49" W), en Buenache de la Sierra (Cuenca). Zona de clima mediterráneo con marcada continentalidad debido a su gran oscilación térmica (7). La temperatura media anual es de 9,8 °C (con una variación desde los 28,3°C de máximas en verano hasta -1,7°C de mínimas en invierno), y

la precipitación total anual es de 1030,8 mm (siendo la estación más húmeda el invierno con 364,3 mm y la más árida el verano con 111,3 mm). Su altitud media es de 1300 m msnm, y está dominada por suelos Typic Xerorthent (8). Suelos Argilúvicos calizos y Readzinos empardecidos. Las especies arbóreas más abundantes son *Pinus nigra ssp. salzmanii*, *Pinus pinaster* Ait., *Pinus sylvestris* L., y *Juniperus thurifera* L.

La segunda zona está situada en el Monte de Utilidad Pública nº 106 “Palancares y Agregados” (40° 0' 17,9" N; 1° 50' 55,49" W), en el paraje conocido como Palancares y Tierra Muerta (Cuenca). Es una zona de clima mediterráneo genuino (7), con una temperatura media anual de 11,5 °C y 600 mm de precipitación total al año. Su altitud media es de 1200 m msnm. Los suelos típicos son Calcic Haploxeroll (8), dominando Rendzinas en las zonas de mayor pendiente y suelos pardos calcimórficos en las zonas llanas y de vaguada. La especie arbórea por excelencia es el *Pinus nigra ssp. salzmanii*, que coloniza la extensa meseta que constituye el monte, pero está acompañada de otras especies como *Quercus ilex ssp. rotundifolia*, *Quercus faginea* Lam., *Juniperus thurifera* L. y *Juniperus oxycedrus* L.

B. Diseño experimental

En el monte “Ensanche de Buenache” se diferenciaron tres áreas de experimentación (de 3000 m² cada una). Una de ellas clareada en 2001 (eliminando 120 pies.ha⁻¹, el 20% de biomasa inicial), otra clareada en 2009 (eliminando 130 pies.ha⁻¹) y otra seminatural, sin tratamiento (control). En el monte “Palancares y Agregados” se establecieron sólo dos áreas de experimentación (de 2500 m²), una clareada en 2011 (eliminando 250 pies.ha⁻¹, el 30 % de la biomasa inicial), y otra control. A su vez, en cada una de las cinco áreas de experimentación se establecieron tres parcelas de muestreo (en suelo desnudo, bajo cubierta arbórea y bajo restos de corta), de las cuales se tomaron tres muestras respectivamente (200 g cada una), compuestas cada una a su vez de seis submuestras mezcladas para homogeneizar la muestra (54 muestras en total en Ensanche de Buenache y 36 muestras en Palancares y Agregados). Las muestras fueron tomadas de los primeros 20 cm de suelo, desde primavera de 2011 a verano de 2012 (durante 6 campañas).

C. Parámetros analizados

La *respiración basal* (CO₂) se determina con un analizador de gases infrarrojo, con el método de incubación estática a 28 °C (9). El *carbono de la biomasa microbiana* (CBM) se determina con el método de Vance (10), modificado por García (11)

La *ureasa* se determina con el método Kandeler (12). La *fosfatasa alcalina* se basa en el método propuesto por Tabatabai and Bremner (13). La actividad *-glucosidasa* se mide con el método Tabatabai (14). La *actividad deshidrogenasa* se determina con el método Trevors (15)

El pH y la *conductividad eléctrica* (CE) se determinan respectivamente con un pH-metro y un conductímetro. El *carbono orgánico total* (C_{org}) se determina mediante el método Walkley-Black (16). El *fósforo* se determina con el método de Olsent et al. (17) La determinación de *nitrógeno total* y de los carbonatos se realiza con el método Kjeldahl (18).

Las relaciones entre los parámetros microbiológicos se han utilizado a menudo para evaluar la eco-fisiología microbiana (19). Se han calculado el cociente metabólico (CO_2/CBM) y el cociente de mineralización (CO_2/C_{org}).

D. Análisis estadístico.

Se ha realizado un análisis de varianza (ANOVA) factorial para evaluar el efecto individual y conjunto de los factores tratamiento silvícola y período estacional sobre las variables edáficas dependientes. 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

En el Monte "Ensanche de Buenache" los tratamientos silvícolas y la estación influyen significativamente sobre las propiedades bioquímicas, microbiológicas, y los cocientes metabólico y de mineralización de los suelos (Tabla 1). La interacción de ambos factores sólo afecta a la ureasa y al cociente de mineralización.

Tabla 1. Resultados del ANOVA (tratamiento y estación), sobre las variables bioquímicas, microbiológicas y cocientes estudiados. Monte "Ensanche de Buenache".

Factores ^a	Tratamiento		Estación		Tratamiento x Estación		Full model		
	F-ratio	p-value	F-ratio	p-value	F-ratio	p-value	F-ratio	R ² (%)	SEE
A-U	9,51	<0,001	16,59	<0,001	2,66	<0,05	7,9	67,4	8,600
A-F	3,32	<0,05	12,27	<0,001	0,31	ns	4,18	52,3	6,900
β-GLU	8,84	<0,001	25,76	<0,001	1,35	ns	8,86	69,8	3,270
A-DH	9,68	<0,001	1,29	ns	0,29	ns	2,2	36,6	0,007
RB	38,21	<0,001	7,2	<0,001	0,55	ns	9,95	72,3	1,740
C-BM	75,29	<0,001	22,08	<0,001	1,99	ns	21,4	84,9	1,400
pH	31,43	<0,001	52,17	<0,001	9,27	<0,001	28,29	88,1	0,200
CO ₃ ²⁻	0,17	ns	8,87	<0,001	0,23	ns	34,28	89,97	0,017
C.E	0,38	ns	18,84	<0,001	1,91	ns	6,21	61,9	7,490

Factores ^a	Tratamiento		Estación		Tratamiento x Estación		Full model		
	F-ratio	p-value	F-ratio	p-value	F-ratio	p-value	F-ratio	R ² (%)	SEE
P	1,48	ns	3,54	<0,05	1,03	ns	2,03	34,7	2,600
N	130,11	<0,001	38,73	<0,001	9,39	<0,001	37,32	90,7	0,064
CT	11,5	<0,001	35,73	<0,001	6,47	<0,001	14,54	79,2	7,900
qCO ₂	4,46	<0,05	4,01	<0,05	0,51	ns	2,48	39,4	0,063
q(mC)	12,57	<0,001	11,84	<0,001	4,97	<0,001	9,08	70,4	0,0005
C/N	10,37	<0,001	5,85	<0,01	2,94	<0,05	5,46	58,84	1,790

^a **Factores:** Tratamiento; Estación del año; Interacción Tratamiento y Estación.

^b **Variabes:** **A-U** (ureasa); **A-F** (fosfatasa); **-GLU** (-glucosidasa); **A-DH** (deshidrogenasa); **RB** (respiración basal); **C-BM** (carbono de la biomasa); **pH**; **CO₂²⁻** (carbonatos); **C.E** (conductividad eléctrica); **P** (fósforo); **N** (nitrógeno); **CT** (carbono orgánico total); **qCO₂** (cociente metabólico); **q(mC)** (cociente de mineralización); **C/N** (relación carbono/nitrógeno)

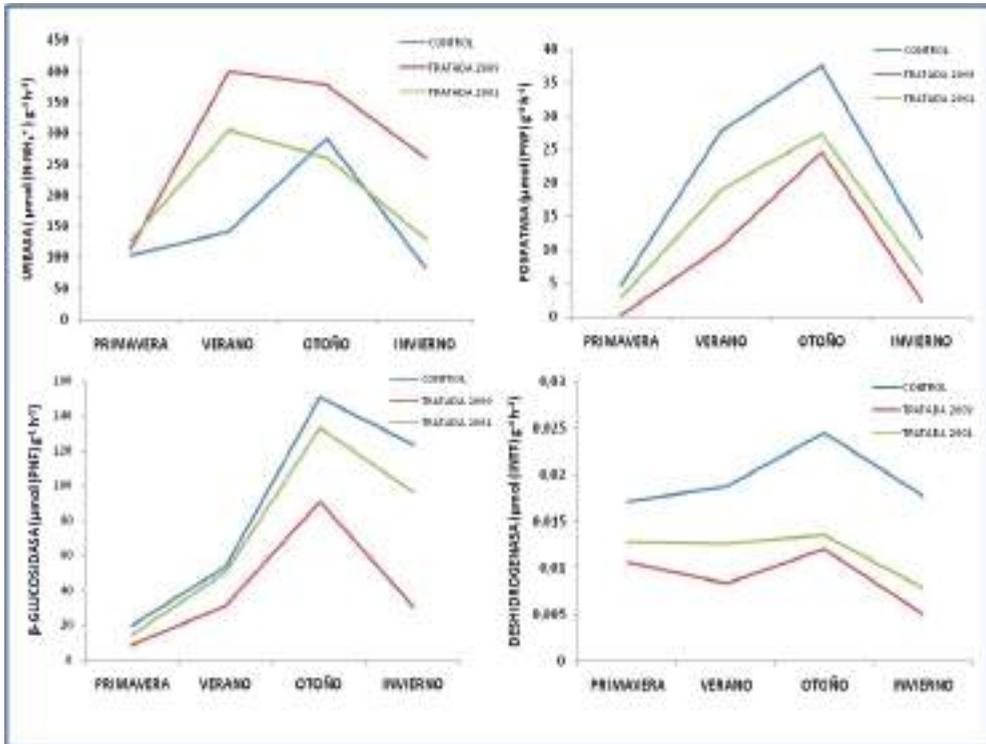


Figura 1. Variación de la actividad enzimática respecto al tratamiento del suelo (Control, Tratada en 2009 y Tratada en 2001) y la estación (primavera, verano, otoño e invierno). Ureasa ($\mu\text{moles (N-NH}_4^+) \text{ g}^{-1} \text{ suelo h}^{-1}$), Fosfatasa ($\mu\text{moles (PNP) g}^{-1} \text{ suelo h}^{-1}$), -Glucosidasa ($\mu\text{moles (PNP) g}^{-1} \text{ suelo h}^{-1}$), y Deshidrogenasa ($\mu\text{moles (INTF) g}^{-1} \text{ suelo h}^{-1}$). Los resultados mostrados corresponden a valores medios medidos en el Monte “Ensanche de Buenache”.

Las cuatro enzimas estudiadas se ven significativamente afectadas por el tratamiento, pero no ocurre lo mismo con la estación, que no afecta a la deshidrogenasa (Tabla 1). La fosfatasa, -glucosidasa y deshidrogenasa presentan mayores valores en las parcelas control y en otoño, mientras que los valores más bajos se registran en las parcelas tratadas en 2009 y en primavera (Figura 1). La ureasa, por el contrario, registra mayores valores en las parcelas tratadas en 2009, en otoño; y menores valores en las parcelas control, en primavera.

La respiración basal y el carbono de la biomasa alcanzan mayores valores en las parcelas control y en la estación más lluviosa (otoño), si bien los valores más bajos se registran en las parcelas tratadas más recientemente y en verano (Figura 2).

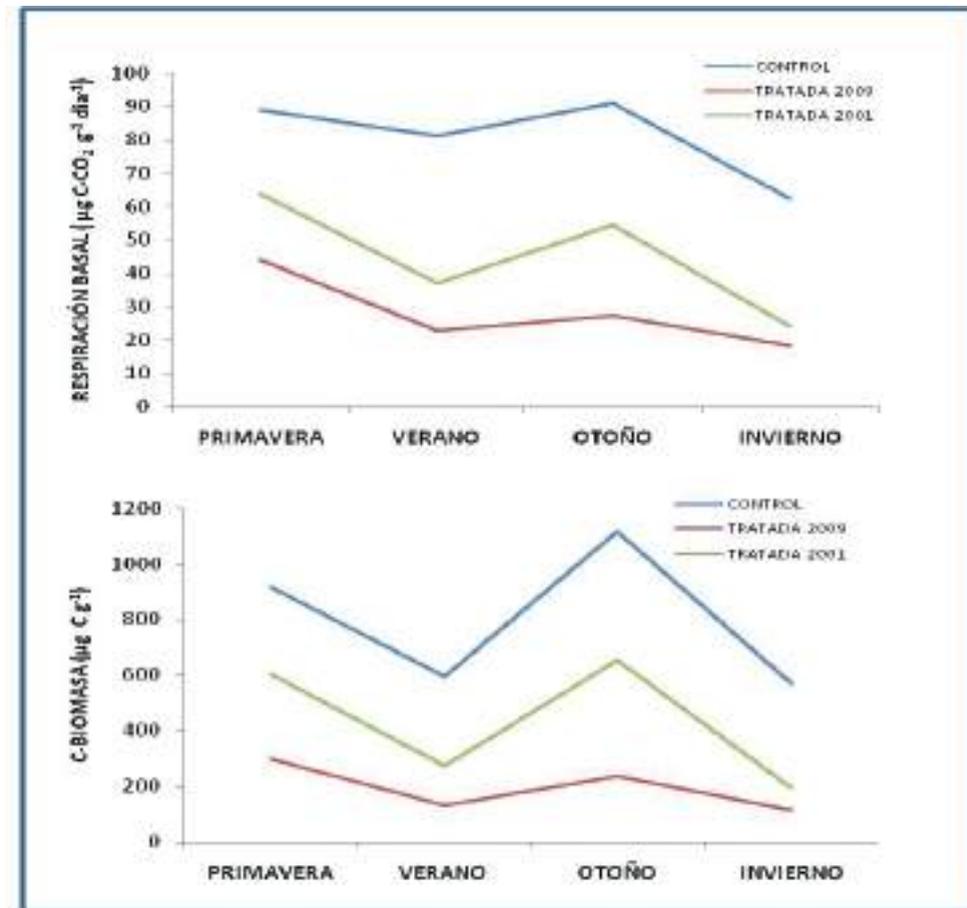


Figura 2. Variación de los parámetros microbiológicos respecto al tratamiento del suelo (Control, Tratada en 2009 y Tratada en 2001) y la estación (primavera, verano, otoño e invierno). Respiración del suelo ($\text{mg CO}_2 \text{ kg}^{-1} \text{ suelo}$) y Carbono de biomasa ($\mu\text{g C} \cdot \text{g}^{-1} \text{ suelo}$). Los resultados mostrados corresponden a valores medios medidos en el Monte "Ensanche de Buenache".

El cociente metabólico es mayor en las parcelas tratadas en 2009 y en verano, mientras que en la parcela control disminuye, sobre todo en otoño. El cociente de mineralización, por el contrario, es mayor en la parcela control y en verano. Los menores valores se registran en las parcelas tratadas en 2009 y en invierno (Figura 3).

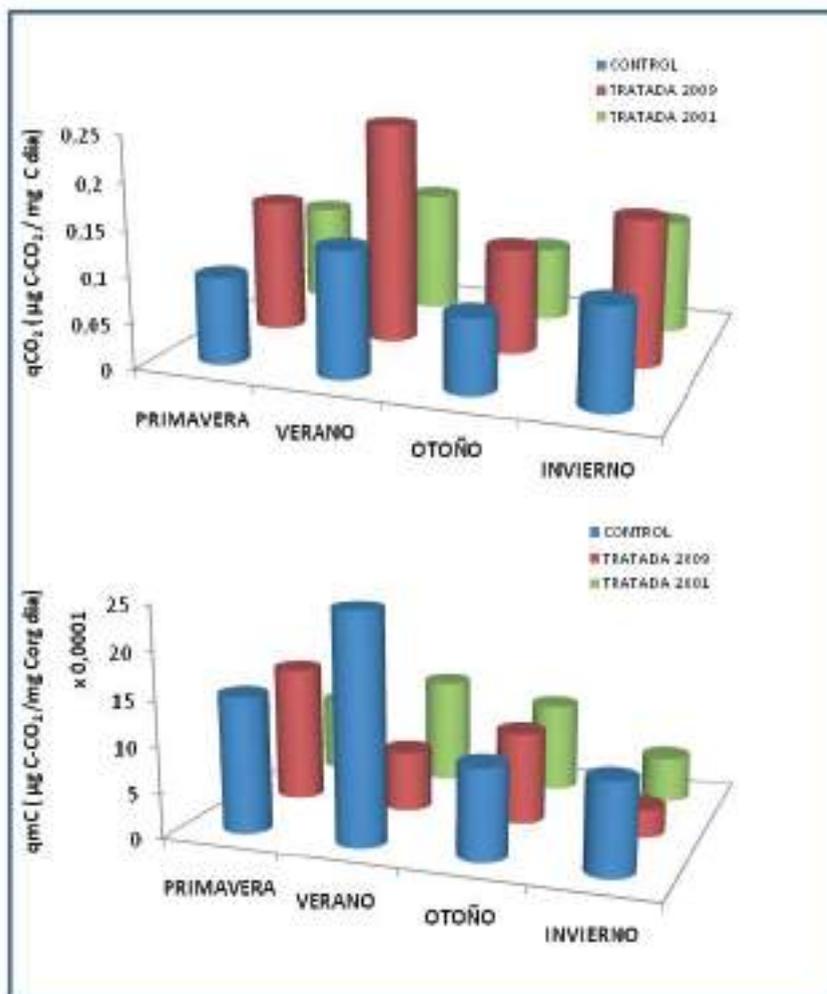


Figura 3. Variación de los cocientes metabólico y de mineralización respecto al tratamiento del suelo (Control, Tratada en 2009 y Tratada en 2001) y la estación (primavera, verano, otoño e invierno). Cociente metabólico qCO₂ (μg C-CO₂/mg C día) y cociente de mineralización q(mC) (μg C-CO₂/mg C org día). Los resultados mostrados corresponden a valores medios medidos en el Monte “Ensanche de Buenache”.

En el Monte “Palancares y Agregados” también los tratamientos silvícolas y la estación influyen significativamente sobre las propiedades edáficas estudiadas

(Tabla 2). La interacción de ambos factores sólo afecta en algunos casos (fosfatasa, cociente metabólico, y en menor medida, -glucosidasa y carbono de biomasa)

Tabla 2. Resultados del ANOVA (tratamiento y estación), sobre las variables bioquímicas, microbiológicas y cocientes estudiados. Monte "Palancares y Agregados".

Factores ^a	Tratamiento		Estación		Tratamiento x Estación		Full model		
	F-ratio	p-value	F-ratio	p-value	F-ratio	p-value	F-ratio	R ² (%)	SEE
A-U	22,04	<0,001	4,77	<0,01	2,2	Ns	7,07	63,86	1,210
A-F	87,43	<0,001	61,65	<0,001	11,73	<0,001	44,61	91,77	5,010
β-GLU	5,71	<0,05	21,61	<0,001	4,54	<0,05	11,51	74,2	3,400
A-DH	7,63	<0,05	3,25	<0,05	1,75	Ns	2,86	41,7	0,006
RB	7,63	<0,05	3,25	<0,05	1,75	Ns	6,90	63,3	2,179
C-BM	50,22	<0,001	9,03	<0,001	4,08	<0,05	12,87	76,3	2,060
pH	116,33	<0,001	40,91	<0,001	131,72	<0,001	107,03	96,4	0,110
CO ₃ ²⁻	50,04	ns	11,11	<0,001	2,53	Ns	99,95	96,15	0,010
C.E	4,26	<0,05	1,78	ns	0,77	Ns	2,10	44,43	1,400
P	27,78	<0,001	1,47	ns	0,64	Ns	4,84	54,75	1,920
N	400,24	<0,001	4,17	<0,05	9,7	<0,001	80,19	95,24	0,045
CT	50,04	<0,001	11,11	<0,001	2,53	Ns	14,68	78,6	5,340
qCO2	142,69	<0,001	47,28	<0,001	11,73	<0,001	48,07	92,31	0,097
q(mC)	4,71	<0,05	24,68	<0,001	1,67	Ns	11,91	74,85	0,0001
C/N	26,36	<0,001	16,65	<0,01	4,11	<0,05	13,34	76,93	1,980

^a **Factores:** Tratamiento; Estación del año; Interacción Tratamiento y Estación.

^b **Variables:** A-U (ureasa); A-F (fosfatasa); β-GLU (-glucosidasa); A-DH (deshidrogenasa); RB (respiración basal); C-BM (carbono de la biomasa); pH; CO₃²⁻ (carbonatos); C.E (conductividad eléctrica); P (fósforo); N (nitrógeno); CT (carbono orgánico total); qCO2 (cociente metabólico); q(mC) (cociente de mineralización); C/N (relación carbono/nitrógeno).

La ureasa, fosfatasa y α -glucosidasa registra mayores valores en las parcelas tratadas en 2011, y en otoño, mientras que los valores más bajos se registran en las parcelas control y en primavera, verano (Figura 4). La deshidrogenasa se comporta al contrario.

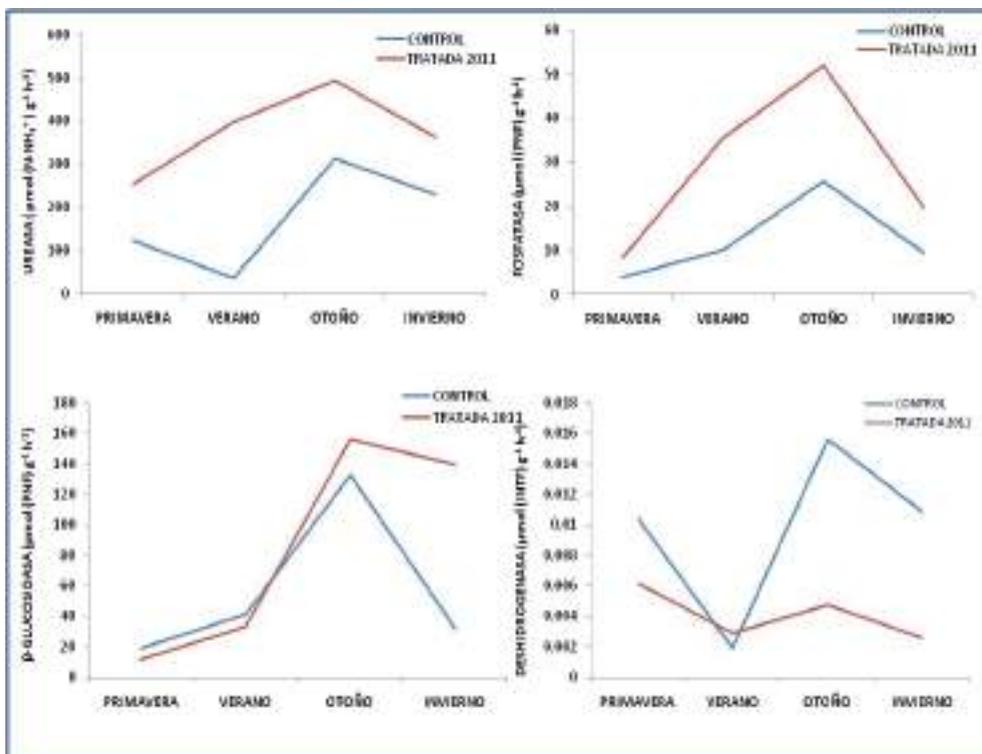


Figura 4. Variación de la actividad enzimática respecto al tratamiento del suelo (Control y Tratada en 2011) y la estación (primavera, verano, otoño e invierno). Ureasa ($\mu\text{moles (N-NH}_4^+) \text{ g}^{-1} \text{ suelo h}^{-1}$), Fosfatasa ($\mu\text{moles (PNP) g}^{-1} \text{ suelo h}^{-1}$), α -Glucosidasa ($\mu\text{moles (PNP) g}^{-1} \text{ suelo h}^{-1}$), y Deshidrogenasa ($\mu\text{moles (INTF) g}^{-1} \text{ suelo h}^{-1}$). Los resultados mostrados corresponden a valores medios medidos en el Monte "Palancares y Agregados".

En el monte "Palancares y Agregados" la respiración basal y el carbono de la biomasa se comportan de forma similar a "Ensanche de Buenache" (Figura 5).

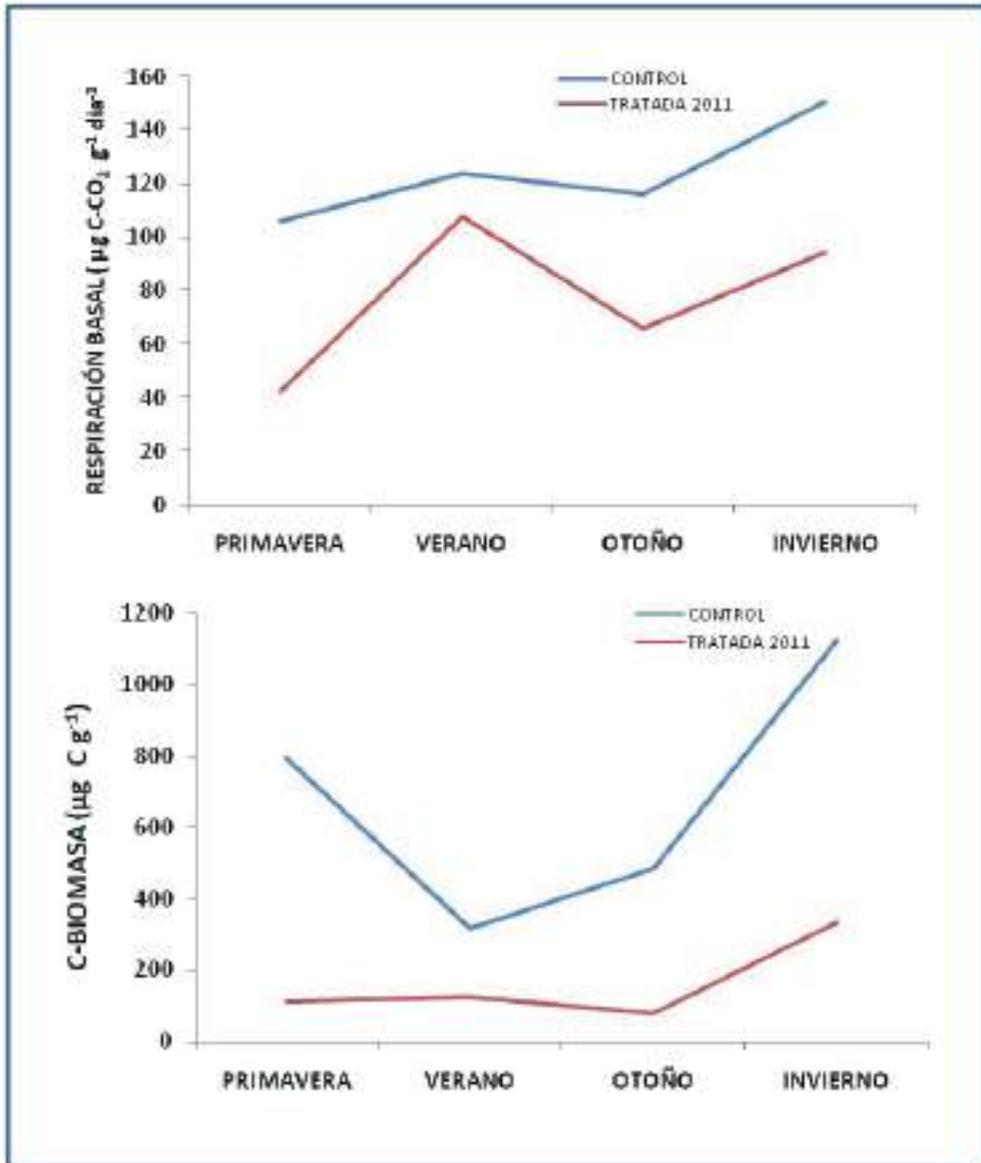


Figura 5. Variación de los parámetros microbiológicos respecto al tratamiento del suelo (Control y Tratada en 2011) y la estación (primavera, verano, otoño e invierno). Respiración del suelo (mg CO₂ kg⁻¹ suelo) y Carbono de biomasa (µg C • g⁻¹ suelo). Los resultados mostrados corresponden a valores medios medidos en el Monte "Palancares y Agregados".

El cociente metabólico es mayor en las parcelas tratadas en 2011 y en verano, mientras que disminuye en la parcela control, especialmente en primavera. El cociente de mineralización, por el contrario, es mayor en la parcela control y en verano. Los menores valores se registran en las parcelas tratadas en 2011 y en primavera (Figura 6).

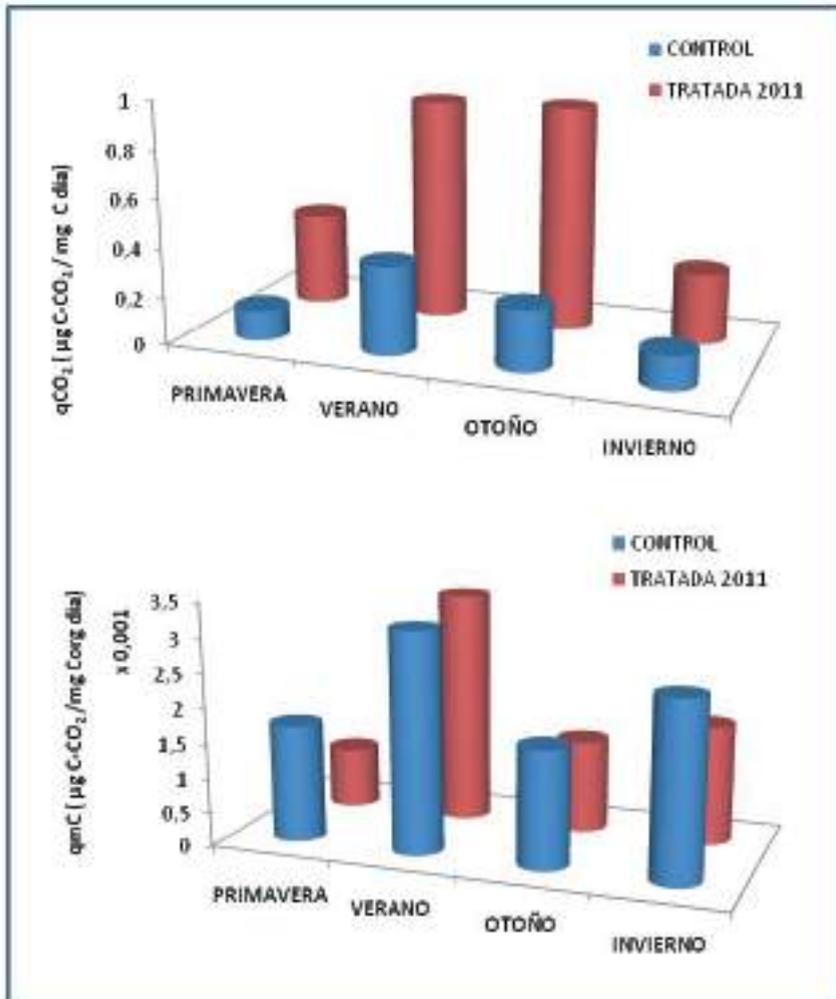


Figura 6. Variación de los cocientes metabólico y de mineralización respecto al tratamiento del suelo (Control y Tratada en 2011) y la estación (primavera, verano, otoño e invierno). Cociente metabólico qCO_2 ($\mu g C-CO_2 / mg C \text{ día}$) y cociente de mineralización qmC ($\mu g C-CO_2 / mg C org \text{ día}$). Los resultados mostrados corresponden a valores medios medidos en el Monte "Palancares y Agregados".

Discusión y Conclusiones

Los resultados muestran el efecto del tipo de tratamiento de un suelo y de la estación, sobre sus propiedades bioquímicas y microbiológicas, así como en los cocientes metabólicos y de mineralización. En los montes estudiados el tratamiento afecta a la actividad enzimática, aumentando en las zonas tratadas con mayor intensidad (Palancares, donde se eliminaron 250 pies.ha⁻¹) y más recientemente (Palancares, tratadas en 2011) y (Buenache, tratadas en 2009). La mayor actividad enzimática en las zonas más recientemente clareadas o resalveadas puede deberse a que estos parámetros son muy sensibles a factores tales como la temperatura, pH, presencia o ausencia de inhibidores, humedad, etc (20). La eliminación del sotobosque proporciona una mayor radiación solar en la superficie del suelo y por lo tanto una mayor temperatura, mucho más acentuada en verano que en otoño (21). Dichos cambios incrementan el proceso de mineralización de la materia orgánica del suelo. Este fenómeno, a corto plazo, supone un aumento de la actividad 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. Por ello, los mayores valores de los parámetros microbiológicos se registran en las zonas control, con un mayor contenido de materia orgánica, más biomasa y mayor tasa de respiración.

El cociente metabólico, que indica el nivel de estrés del suelo, se incrementa en las zonas tratadas más recientemente, donde por el contrario disminuye el cociente de mineralización o actividad biológica en función de las fuentes de carbono. La eliminación de biomasa disminuye el contenido de materia orgánica y nutrientes en el suelo, nutrientes que se han de regenerar para restaurar el equilibrio dinámico del suelo. Por ello se incrementa la actividad microbiana y la eficiencia metabólica de los microorganismos (19), a la vez que se incrementa la mineralización de la materia orgánica del suelo (22).

Debe tenerse en cuenta la época de muestreo pues la humedad y la temperatura parecen influir en la microbiología de los suelos, siendo épocas de mayor actividad el otoño y de menor el verano. Esta tendencia puede deberse a un mayor estrés hídrico en verano que afecta significativamente a las actividades enzimáticas, al carbono de la biomasa y a la respiración, registrando valores más bajos en la estación más árida (23).

Agradecimientos

A los Servicios Periféricos de la Dirección General de Política Forestal de la Provincia de Cuenca. El Ministerio de Educación, Cultura y Deporte ha financiado a Eduardo Martínez-García bajo el programa FPU. El presente trabajo ha sido financiado a través de la Consejería de Educación y Ciencia de Castilla-La Mancha (Ref. PBCC08-0109), el Ministerio de Ciencia y Tecnología bajo en

Plan Nacional de I+D+I, CONSOLIDER-INGENIO 2010 (Ref. CSD2008-00040) y por el Ministerio de Ciencia e Innovación (MICINN) co-financiado con Fondos FEDER (Ref. AGL2011-27747).

Referencias / Bibliografía

- (1) Leirós, M.C, Trasar-Cepeda, C., Seane, 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.
- (2) 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.
- (3) Marshall, V.G. 2000. Impacts of forest harvesting on biological processes in northern forest soils. *For. Ecol. Manag.* 133,43–60.
- (4) Quilchano, C., Marañón, T. 2001. Actividad biológica del suelo forestal: efectos de rozas y aclareos. Actas del III Congreso Forestal Español. Granada, España.
- (5) García C, Hernández T, Costa F (1994) Microbial activity in soils under mediterranean environmental conditions. *Soil Biol. Biochem.* 26, 1185-1191.
- (6) Filip, Z. 2002. International approach to assessing soil quality by ecologically-related biological parameters. *Agric. Ecosyst. Environ.* 88: 169–174.
- (7) Allue, J.L. 1990. Atlas fitoclimático de España, Taxonomías. Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación, Madrid.
- (8) Soil Survey Staff, 1999. Keys to Soil taxonomy USDA, Natural Resources Conservation Service. Pocahantas Press, Blacksburg.
- (9) 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.
- (10) Vance, E., Brookes, P., Jenkinson, D., 1987. An extraction method for measuring soil microbial biomass C. *Soil Biology & Biochemistry* 19: 703-707.
- (11) García, C.; Gil, F.; Hernández, T.; Trasar, C. 2003. Técnicas de análisis de parámetros bioquímicos en suelos: Medida de actividades enzimáticas y biomasa microbiana. CEBAS-CSIC, Murcia, Spain
- (12) 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.

- (13) Tabatabai, M.A., Bremner, J.M., 1969. Use of p-nitrophenyl phosphate for assay of soil phosphatase activity. *Biology & Biochemistry* 1, 301-307.
- (14) Tabatabai, M.A., 1982. Soil Enzymes. En: Page, A.L., Miller, E.M., Keeney, D.R. (Eds). *Methods of Soil Analysis. Part 2. Chemical and Microbiological Properties*. Soil Science Society of America, INC, Madison pp. 903-947.
- (15) Trevors, J.T., Mayfield C.I., Inniss, W.E., 1982. Measurement of electron transport system (ETS) activity in soil. *Microbial Ecology* 8, 163-168.
- (16) Walkley, A.; Black, A.; 1934. An examination of the Degtjareff method for determining soil organic matter and a proposed modification of the chromic acid titration method. *Soil Science*. 37, 29-38.
- (17) Olsen, S.R., Cole, C.V., Watanabe, F.S., Dean, L. A., 1954. Estimation of available phosphorus in soil by extraction with sodium bicarbonate. Department of Agriculture. Circular 939. U.S. Washington, D. C.
- (18) 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. 1324-1345.
- (19) Anderson, T.; 2003. Microbial eco-physiological indicators to assess soil quality. *Agric, Ecos Env*. 98,285-293.
- (20) 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. 903-947 pp.
- (21) González Pérez, J.A., González Vila, F.J., Almendro, G., 2004. The effect of fire on soil organic matter. *Environment International*.30,855-870.
- (22) Tutua, S., Xu, Z., Blumfield, T., Bubb, K., 2008. Long-term impacts of harvest residue management on nutrition, growth and productivity of an exotic pine plantation of sub-tropical Australia. *Forest Ecology and Management*.256,741-748.
- (23) Baldrian, P., Merhatorá, V., Petránková, M., Cajthaml, T., Šnajdr, J., 2010. Distribution of microbial biomass and activity of extracellular enzymes in a hardwood forest soil reflect soil moisture content. *Applied Soil Ecology*. 46,177-182.

LA BIODIVERSIDAD LOCAL COMO INDICADOR DE CAMBIOS AMBIENTALES INDUCIDOS POR UNA CENTRAL FOTOVOLTAICA

DOMÍNGUEZ DEL VALLE, J.; CERVANTES PERALTA, F.;
ROLDÁN ARROYO, J.M.

Ideas Medioambientales S.L.

idea@ideasmedioambientales.com. Albacete.

Palabras clave: biodiversidad, invertebrados, vegetación, aves, lagomorfos, energía solar, fotovoltaica, impacto ambiental.

Resumen

Se presenta la valoración de los cambios en la biodiversidad local asociados a la instalación de una central fotovoltaica. Se analizaron variables de cobertura, número de especies y abundancias de comunidades arbóreas, arbustivas, herbáceas, invertebrados, lagomorfos y aves, dentro del terreno de la central y en un área control. Se han detectado diferencias entre zonas para las variables de estructura de la vegetación. En cambio, los invertebrados no mostraron diferencias en el número de especies, órdenes taxonómicos y número total de individuos. Tampoco se detectaron diferencias en cuanto a la riqueza y abundancias de aves, ni en las abundancias de lagomorfos.

Introducción

En la estrategia europea de lucha contra el cambio climático y la emisión de gases de efecto invernadero se prevé que la energía solar fotovoltaica presente un crecimiento constante hasta 2030 (1). Así, es necesario definir la influencia de estos proyectos en el medioambiente y compatibilizar su instalación con la conservación de los ecosistemas y sus funciones. La utilización conjunta de componentes de la biota que actúen como referencia para definir el nivel aceptable en el que se pueda expresar dicho factor/es de influencia, se define como una herramienta efectiva de gestión al permitir valoraciones del estado de conservación de la biodiversidad con costes relativamente bajos (e.g. 2,3,4,5).

En el presente trabajo se exponen los resultados de la caracterización de varios grupos taxonómicos, cuyo objetivo ha sido sentar las bases para la selección de elementos que actúen como bioindicadores locales a la hora de valorar el impacto de las instalaciones fotovoltaicas industriales sobre los ecosistemas.

Material y Métodos

El área de estudio se encuentra al sureste de la Península Ibérica en la provincia de Albacete (UTM 30SWJ30). Es una zona dominada por cultivos herbáceos y leñosos de secano, acompañados de manchas de pastizal, retamares, encinares y repoblaciones de pino. Inmerso en este paisaje se encuentra el parque solar, que cuenta con una superficie de 200 ha de las cuales alrededor del 70% están ocupadas efectivamente por las instalaciones. El parque tiene 3450 seguidores fotovoltaicos de 5 kW de potencia nominal y 40 m² de superficie. El perímetro se encuentra delimitado por un vallado cinegético de 6,2 km de longitud.

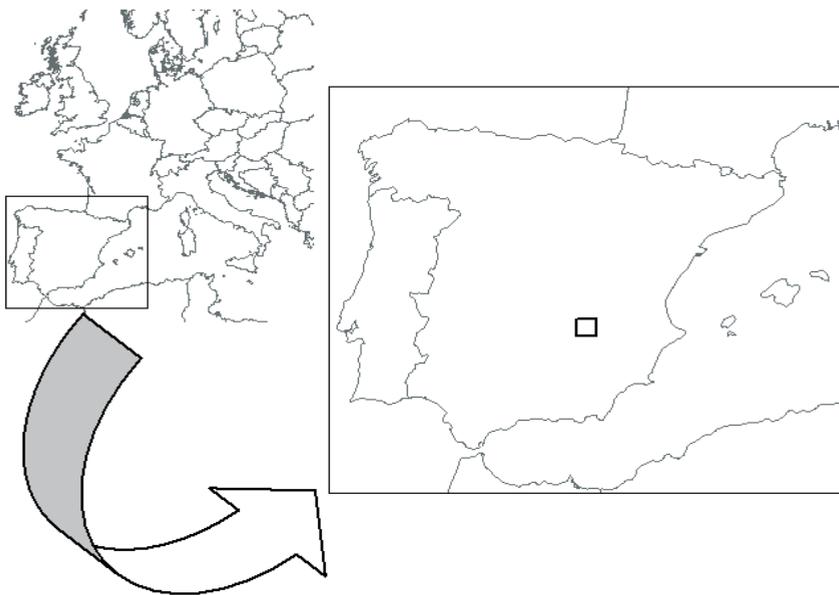


Figura 1. Localización de la zona de trabajo.

El protocolo se diseñó para permitir la comparación entre las comunidades vegetales y animales presentes en el interior del recinto de la central y las existentes el exterior, y establecer el grado de influencia del parque solar sobre la biodiversidad local.

Los grupos seleccionados fueron invertebrados, árboles, arbustos, subarbustos, herbáceas, aves y lagomorfos. Se tuvo en cuenta que fueran abundantes en la zona, presentaran tasas elevadas de crecimiento y de renovación, y pudieran caracterizarse mediante técnicas de muestreo comunes (6,7,8). Se recogieron datos de variables de cobertura, abundancia y riqueza de especies

(tabla 1) dentro del parque solar fotovoltaica (PSF) y en una zona control (ZC) ecológicamente equivalente en el exterior del recinto.

La caracterización de los grupos se basó en la definición de unidades taxonómicas reconocibles (UTR) o morfoespecies cuando no fue posible la determinación específica. Este procedimiento considera la separación de taxones según características fácilmente observables por personas que no son especialistas en la identificación de cada grupo. Igualmente es una técnica fiable para estimaciones de riqueza y abundancia de especies (9,10,11).

Para la toma de las variables se definieron 10 unidades principales de muestreo (UP) de 250x250 m que se dispusieron equitativamente en la PSF y en la ZC (figura 2). La ubicación de las UP se realizó de forma aleatoria en el interior de la PSF, y en la ZC dentro de un *buffer* de 1000 m entorno al perímetro de la central. Dentro de las UP se establecieron 5 transectos lineales de 250 m que sirvieron como referencia para ubicar las estaciones de censo donde recoger las variables seleccionadas (figura 3). Los trabajos se ejecutaron entre mayo y septiembre de 2012.

*Tabla 1. Grupos taxonómicos y variables consideradas en el estudio. *UTR (Unidad Taxonómica Reconocible)*

	Grupos	Variables
FLORA	Árboles	Nº Individuos
	Arbustos	Nº Especies
	Subarbustos Herbáceas	Nº Individuos*
		Nº Especies*
		Cobertura
FAUNA		Nº Ordenes*
	Invertebrados	Nº Especies*
		Nº Individuos
	Aves	Nº Especies
		Nº Individuos
Lagomorfos	Nº Individuos	

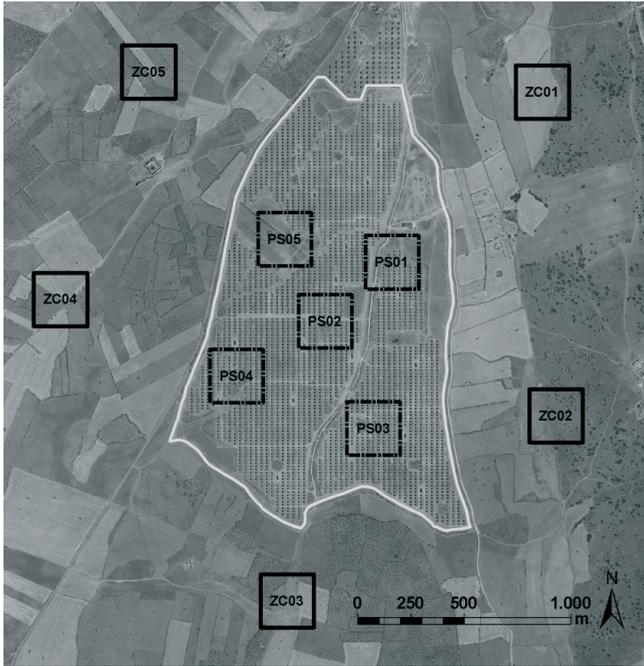


Figura 2. Ubicación de las Unidades Principales de muestreo (UP) dentro del parque solar (PS) y en la zona control (ZC).

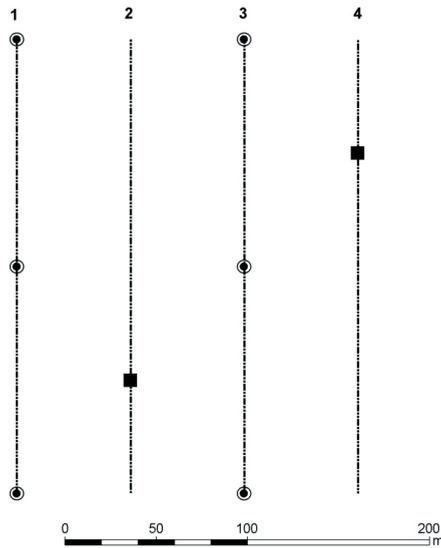


Figura 3. Distribución de las estaciones de censo dentro de las Unidades Principales (UP). Transecto 1 a 5: sustrato arbóreo y arbustivo. Círculo: muestreo sustrato herbáceo y subarbustivo. Cuadrado: invertebrados. Transecto 3: aves y lagomorfos

- Árboles y Arbustos: a lo largo de los 5 transectos de cada UP se anotaba el número de individuos y especies que intersectaban el trayecto. Se consideró como árbol a aquellos ejemplares leñosos con pie diferenciado de más de 3 metros, y como arbusto a los individuos leñosos cuya altura se encontraba entre 1 y 3 metros (ver 12).
- Subarbustos y Herbáceas: en cada UP se dispusieron 9 superficies de muestreo de 1x1m donde se anotaban coberturas y número de individuos y especies. Se definió como herbácea a toda aquella planta pequeña, con tallos blandos o fibrosos pero no leñosos, que pudieran ser anuales o perennes. Y como subarbusto a aquellas plantas menores de 1 metro de altura que presentaban tallos lignificados generalmente en la base (ver 12).
- Invertebrados: se realizaron capturas directas con 2 grupos de trampas pitfall por cada UP. El contenido de las trampas era retirado tras 24 horas de su colocación. Los muestreos se ejecutaron entre junio y julio (1ª repetición) y entre agosto y septiembre de 2012 (2ª repetición; ver 11,12,13).
- Aves: se realizó un transecto lineal por el centro de cada UP en los que se anotaban las especies y número de aves de tamaño pequeño a medio, vistas u oídas en dos bandas a cada lado del observador (25 m y 25-100 m; ver 14). Se llevaron a cabo tres repeticiones por transecto entre mayo y septiembre.
- Lagomorfos: los muestreos se centraron sobre el conejo europeo (*Oryctolagus cuniculus*) y la liebre ibérica (*Lepus granatensis*). En el centro de cada UP se realizó un transecto lineal en el que se anotaban el número de individuos observados a lo largo del recorrido, así como la distancia perpendicular al trayecto (ver 12 y 14). Los trabajos se ejecutaron durante los meses de julio, agosto y septiembre, realizándose tres repeticiones por transecto.

Resultados

ÁRBOLES Y ARBUSTOS

La prueba de Kruskal-Wallis, sobre los datos transformados logarítmicamente, mostró que no existían diferencias estadísticamente significativas entre la PSF y la ZC en el número de especies de árboles y arbustos ($H_{1;50}=2,270$; $p=0,132$). Tampoco se observaron diferencias entre zonas de estudio para el número de arbustos ($H_{1;50}=0,288$; $p=0,592$) ni para el número de individuos totales ($H_{1;50}=3,422$; $p=0,063$). En cambio sí mostró diferencias estadísticamente significativas la variable *Número de Árboles* ($H_{1;50}=14,471$; $p=0,000$), que fue marcadamente mayor en la ZC (figuras 4).

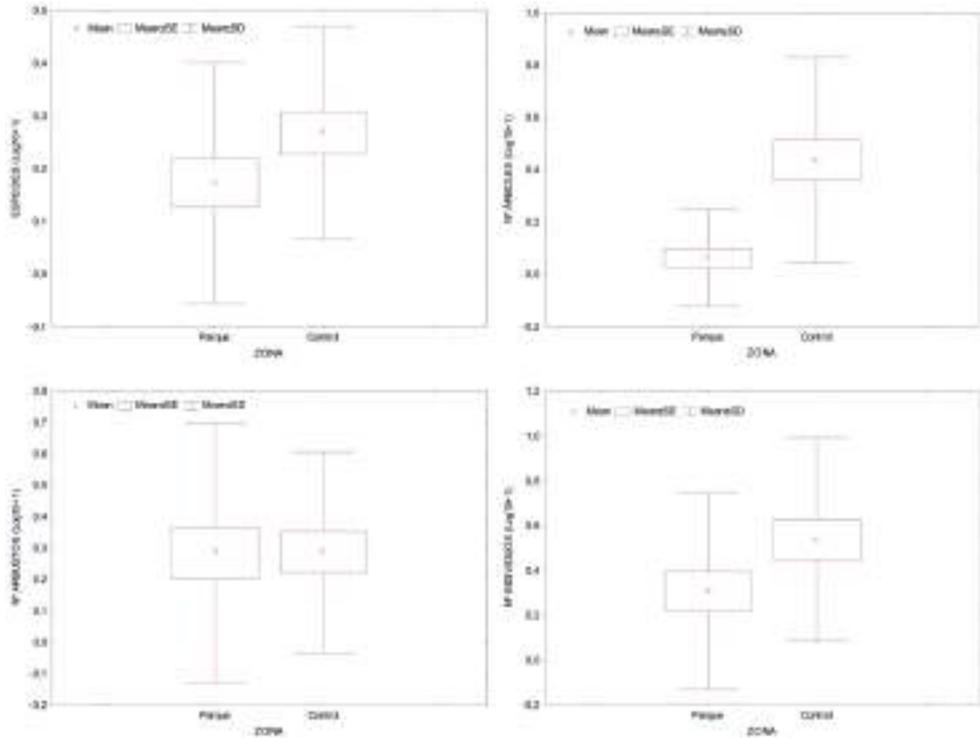


Figura 4. Resultados de la prueba de Kruskal-Wallis para las variables Número de Especies ($H_{1,50}=2,270$; $p=0,132$), Número de Árboles ($H_{1,50}=14,471$; $p=0,000$), Número de Arbustos ($H_{1,50}=0,288$; $p=0,592$) y Número de Individuos Totales ($H_{1,50}=3,422$; $p=0,063$). Parque: Parque Solar Fotovoltaica; Control: Zona Control.

SUBARBUSTOS Y HERBÁCEAS

Los ANOVA de una vía sobre las coberturas y la riqueza de especies, transformadas mediante función arcoseno y logarítmica respectivamente, reflejaron que existían diferencias significativas entre la ZC y la PSF para todas las variables (figura 5). Así, la cobertura de herbáceas y el número de especies presentes fue marcadamente mayor en la PSF que en la ZC ($F_{1,88}=7,241$; $p=0,008$ y $F_{1,87}=9,800$; $p=0,002$ respectivamente). Por el contrario, la cobertura subarbusciva y el número de especies fueron mayores en la ZC que en la PSF ($F_{1,88}=7,447$; $p=0,008$ y $F_{1,87}=7,739$; $p=0,007$ respectivamente).

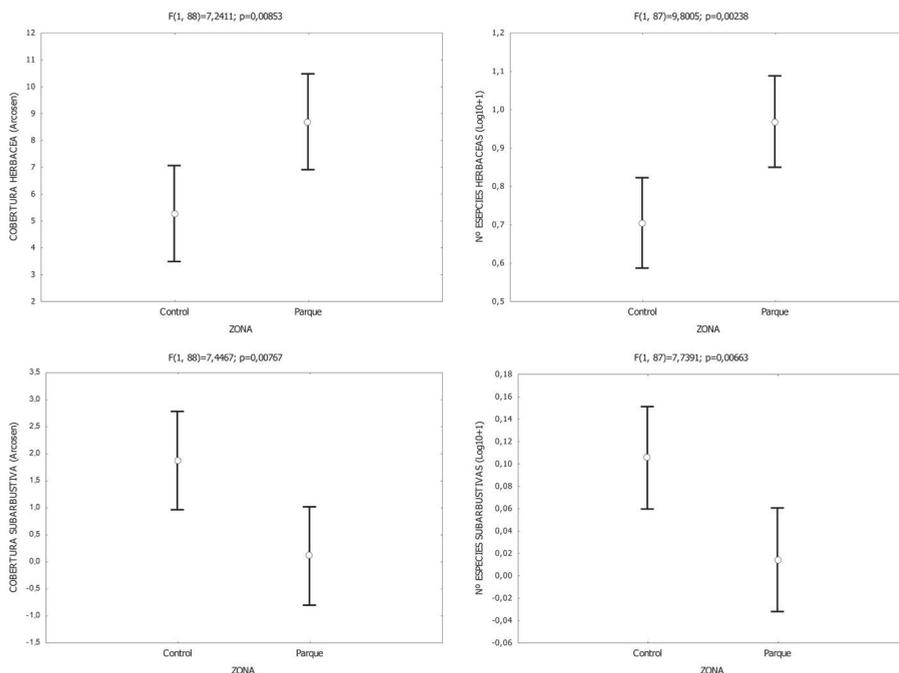


Figura 5. Resultados del ANOVA de una vía para las variables Cobertura Herbácea ($F_{1,88}=7,241$; $p=0,008$), Número de Especies Herbáceas ($F_{1,87}=9,800$; $p=0,002$), Cobertura Subarborescente ($F_{1,88}=7,447$; $p=0,008$) y Número de Especies Subarborescentes ($F_{1,87}=7,739$; $p=0,007$). Parque: Parque Solar Fotovoltaica; Control: Zona Control.

INVERTEBRADOS

El primer lugar se observó una tendencia a la baja en los valores de las variables en la segunda repetición de los muestreos, mostrando diferencias en la composición y abundancia de las comunidades de invertebrados según el momento de censo (figura 6).

Posteriormente, los datos transformados logarítmicamente fueron analizados mediante un ANOVA factorial controlando las variables *Zona* y *Repetición*, reflejando qué, si bien se observan ligeras diferencias al alza en la ZC para las 3 variables estudiadas, estas no fueron estadísticamente significativas (*Número Individuos*: $F_{1,54}=0,115$; $p=0,736$; *Número Órdenes*: $F_{1,54}=1,622$; $p=0,208$; *Número Especies*: $F_{1,54}=0,223$; $p=0,638$. Figura 7). En cambio, cuando se analizan las tendencias de las variables entre los momentos de muestreo (1ª y 2ª repetición), sí se observan diferencias estadísticamente significativas, de manera que los valores son mayores durante la primera fase de la recogida de datos (*Número Individuos*: $F_{1,54}=10,453$; $p=0,002$, *Número Órdenes*: $F_{1,54}=47,735$; $p=0,000$, *Número Especies*: $F_{1,54}=28,729$; $p=0,000$. Figura 7).

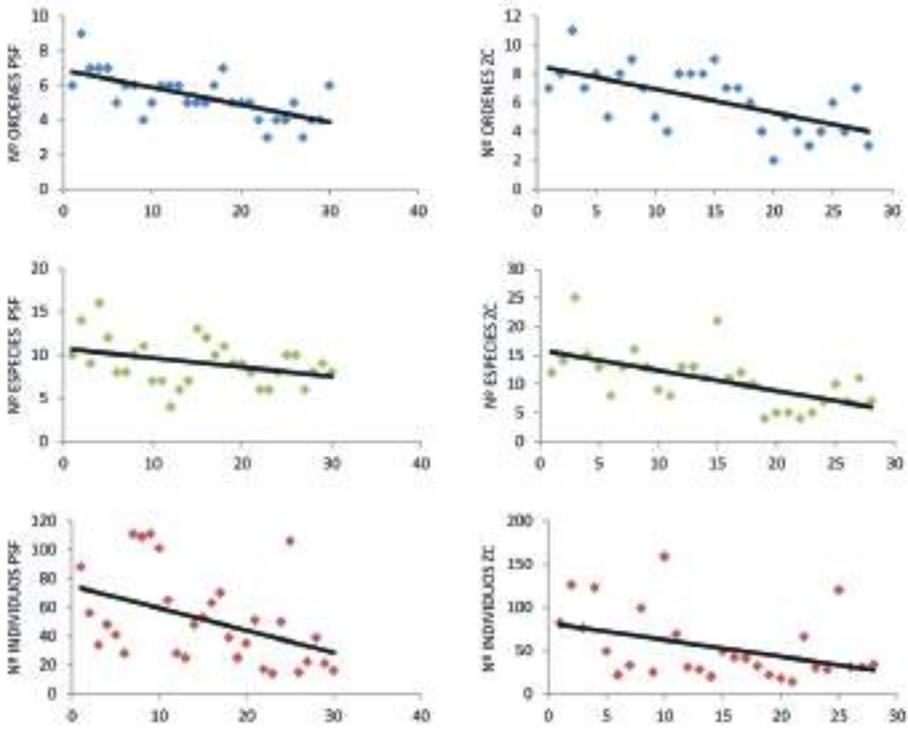


Figura 6. Tendencias (regresión) por variable y área de estudio para los invertebrados respecto al orden de recogida de las muestras en el tiempo (eje Y). PSF: Parque Solar Fotovoltaica; ZC: Zona Control.

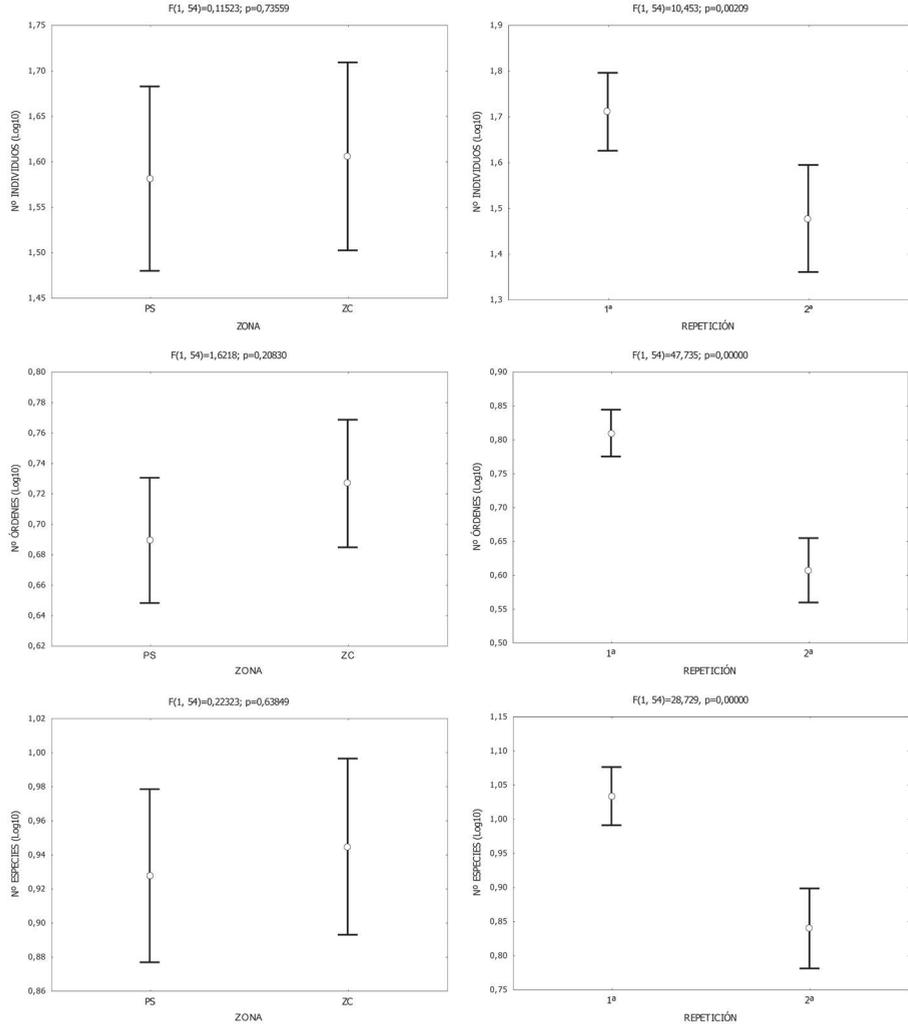


Figura 7. ANOVA de las variables de invertebrados N° individuos ($F_{1;54}=0,115; p=0,736$) N° Ordenes ($F_{1;54}=1,622; p=0,208$), N° Especies ($F_{1;54}=0,223; p=0,638$). Y los resultados de los mismos análisis respecto a los dos momentos de muestreo establecidos (1ª y 2ª repetición): N° individuos ($F_{1;54}=10,453; p=0,002$), N° Ordenes ($F_{1;54}=47,735; p=0,00$), N° Morfoespecies ($F_{1;54}=28,729; p=0,000$). PSF: Parque Solar Fotovoltaica; ZC: Zona Control.

AVES

La caracterización de las poblaciones de aves se abordó mediante el análisis de las densidades (n° individuos por superficie) y la riqueza (número de especies por superficie), que nos proporciona información sobre la variación interanual de sus efectivos y sobre la forma en que se distribuyen en el espacio (12,14). Para el cálculo de las densidades se aplicó la fórmula de la figura 8. El modelo asume que la detectabilidad sigue una función negativa exponencial, y que la primera banda de muestreo se extiende hasta las Z unidades a cada lado (25 m en nuestro caso) y la segunda banda desde Z hasta el infinito (12). Por último, se evaluó la riqueza de especies como el número de taxones distintos incluidos en cada banda de 25 metros.

El ANOVA de una vía sobre los datos transformados logarítmicamente reflejó qué, pese a las diferencias en la media de la densidad y la riqueza entre áreas, éstas no eran estadísticamente significativas ($F_{1,27}=0,051$; $p=0,823$ y $F_{1,27}=0,015$; $p=0,903$; respectivamente. Figura 9).

$$D = (n_1 + n_2) \cdot \log_e (n_1 + n_2 / n_2] / (2 \cdot L \cdot Z)$$

$n_1 = n^{\circ}$ de individuos detectado en la primera banda.
 $n_2 = n^{\circ}$ de individuos detectado en la segunda banda.
 $L =$ longitud del transecto en metros.

Figura 8. Fórmula para la estimación de la densidad de individuos por superficie considerando dos bandas de muestreo.

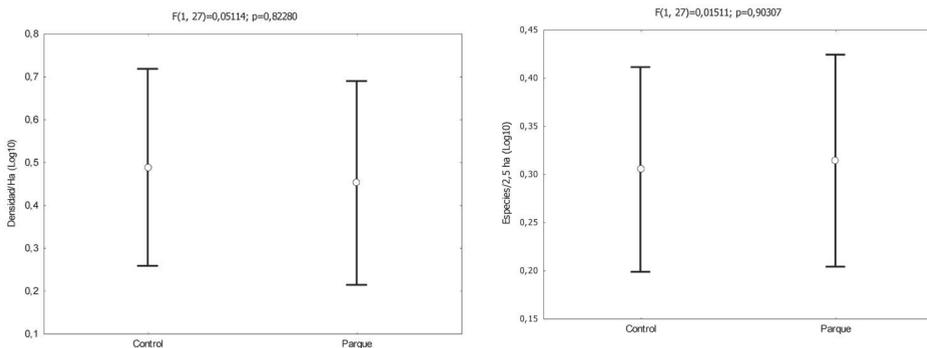


Figura 9. ANOVA para las dos áreas de estudio de las variables Densidad ($F_{1,27}=0,051$; $p=0,823$) y Riqueza ($F_{1,27}=0,015$; $p=0,903$). Parque: Parque Solar Fotovoltaica; Control: Zona Control.

LAGOMORFOS

La caracterización de las poblaciones de lagomorfos se abordó mediante el análisis de sus densidades relativas (n° individuos por superficie). El cálculo de las densidades se realizó siguiendo la fórmula expresada en la figura 10, basada en la medición de las distancias exactas a los individuos y que asume que la detectabilidad sigue una distribución *half-normal* (12).

A pesar de que los valores medios absolutos reflejan que las densidades de lagomorfos son mayores en el interior de la PSF, el análisis estadístico mediante la prueba de Kruskal-Wallis muestra que esas diferencias entre áreas no son estadísticamente significativas ($H_{1,50}=1,502$; $p=0,220$; figura 11).

$$\bar{D} = n \sqrt{[2n/\pi \sum (x_i^2)] / (2 \cdot L)}$$

$n = n^{\circ}$ total de individuos detectado
 $x_i =$ distancia perpendicular (m) de cada i individuo
 $L =$ longitud del transecto en metros.

Figura 10. Fórmula para la estimación de la densidad de individuos por superficie considerando distancias exactas.

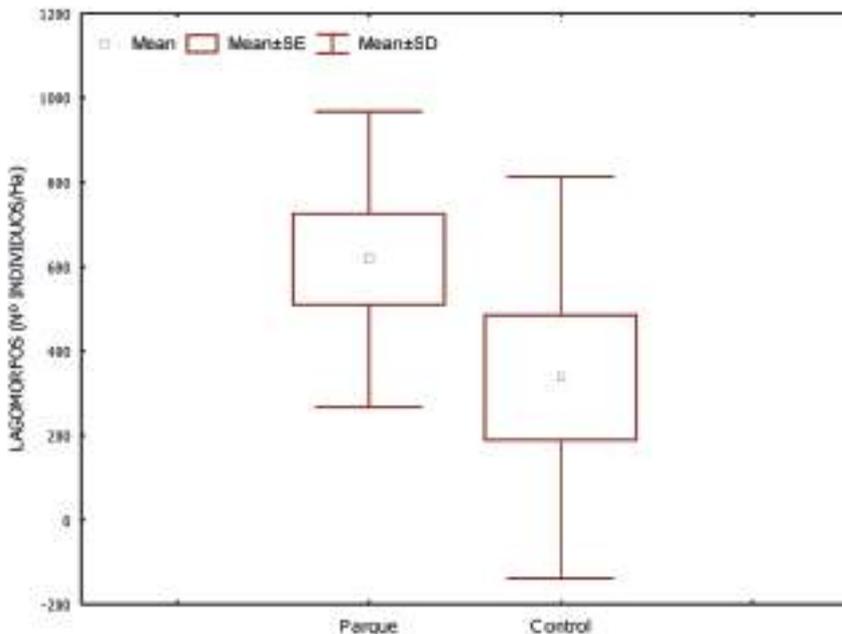


Figura 11. Representación de las densidades ($H_{1,50}=1,502$; $p=0,220$) de lagomorfos. Parque: Parque Solar Fotovoltaica; Control: Zona Control.

Discusión

El grupo taxonómico más influenciado por la instalación del parque solar ha sido el de las comunidades vegetales, donde se ha apreciado una sustitución de las formaciones arbóreas, arbustivas y subarbustivas por comunidades de herbáceas diversificadas y extendidas. Esta situación responde a las necesidades constructivas y de mantenimiento de la central, que condiciona la eliminación de la mayor parte de la vegetación por remoción de tierras e implantación de infraestructuras. Así, los resultados se ajustan a lo esperado en ecosistemas terrestres mediterráneos, donde las formaciones herbáceas actúan como colonizadores primeros de terrenos desnudos o de áreas degradadas en comunidades más evolucionadas pero menos dinámicas, como bosques y matorrales.

Respecto a los invertebrados, las comunidades son similares en ambas zonas de estudio. Aspecto que contrasta con la tendencia al alza en las variables recogidas en la ZC, que parecían apuntar que ante sustratos vegetales diferentes también esperaríamos comunidades de invertebrados diferentes. No obstante, esta similitud podría estar influida por tres aspectos: 1) que los hábitats del interior de la PSF sean adecuados para albergar poblaciones sanas de invertebrados terrestres o dependientes en gran medida de este medio, 2) que la baja especificidad de la técnica de trampeo no haya permitido dirigir los esfuerzos de muestreo a taxones más especializados y/o más adecuados como bioindicadores, y 3), que sea necesario más esfuerzo de muestreo para estabilizar la varianza de los datos. Igualmente, las diferencias entre zonas en función del momento de muestreo refleja la necesidad de ajustar los esfuerzos a los tiempos donde los invertebrados son más abundantes y diversos, facilitando la recogida de datos y la identificación de especies con interés como bioindicador o conservacionista.

En las aves también se ha manifestado que la composición en especies y la abundancia son equivalentes entre zonas, a pesar de que la abundancia media es mayor en la ZC. Sin embargo debe considerarse que el amplio radio de acción de las aves respecto a la superficie de estudio y su mayor lentitud en responder a los cambios de los hábitats por sus menores tasas de renovación, podrían estar condicionando lo observado.

Finalmente, tampoco se aprecian diferencias en las abundancias de lagomorfos dentro y fuera de la PSF lo que evidenciaría que los individuos de este grupo utilizarían indistintamente las dos zonas de estudio sin mostrar preferencias por ninguna.

Conclusiones

- Las técnicas aplicadas han permitido poder valorar las comunidades locales de un grupo amplio de organismos de forma relativamente rápida y con bajo coste.

- La ausencia de diferencias significativas en algunos de los grupos estudiados, a pesar de presentar variaciones en las medias absolutas, podrían estar condicionadas por la necesidad de ampliar los esfuerzos de muestreo y por ajustar mejor los protocolos a las características de las especies.
- La disparidad en las abundancias, tasas de renovación y de dispersión de los grupos hacen recomendable que los protocolos se ajusten a las características de sus ciclos biológicos para detectar cambios a medio y largo plazo.
- En ausencia de información previa sobre la zona de estudio se recomienda que tras la primera caracterización se focalicen los esfuerzos de muestreo en aquellas especies detectadas que se consideren buenos bioindicadores de las cualidades ambientales que quieren valorarse.

Referencias / Bibliografía

- (1) Winneker C. (Ed.) 2012. *Global Market Outlook for Photovoltaics 2013-2017*. European Photovoltaics Industry Association. 60 Pp.
- (2) Lambeck R.J. 1997. Focal species: A multi-species umbrella for nature conservation. *Conservation Biology* 11 (4): 849-856.
- (3) 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.
- (4) Fleishman E., Thomson J.R., Mac Nally R., Dennis D.M. & Fay J.P. 2005. Using indicator species to predict species richness of multiple taxonomic groups. *Conservation Biology* 19(4): 1125-1137.
- (5) Wiens J.A., Hayward G.D., Holthausen R.S. & Wisdom M.J. 2008. Using Surrogate Species and Groups for Conservation Planning and Management. *BioScience* 58(3): 241-252.
- (6) Vincent Carignan V. & Villard M.A. 2002. Selecting Indicator Species to Monitor Ecological Integrity: A Review. *Environmental Monitoring and Assessment* 78(1): 45-61.
- (7) Gregory R.D., van Strien A.J., Vorisek P., Gmelig Meyling A. W., Noble D. G., Foppen R.P.B. & Gibbons D.W. 2005. Developing indicators for European birds. *Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences* 360: 269-288.
- (8) Hodkinson I.D. & Jackson J.K. 2005. Terrestrial and aquatic invertebrates as bioindicators for environmental monitoring, with particular reference to mountain ecosystems. *Environmental Management* 35: 649-666.

- (9) Oliver I. & Beattie A.J. 1996. Invertebrate morphospecies as surrogates for species: A case study. *Conservation Biology* 10: 99–109.
- (10) Derraik J.G.B, Early J.W, Closs G.P & Dickinson K.J.M. 2010. Morphospecies and taxonomic species comparison for Hymenoptera. *Journal of Insect Science* 10: 108.
- (11) Kerr J.T., Sugar A. & Packer L. 2008. Indicator taxa, rapid biodiversity assessment, and nestedness in an endangered ecosystem. *Conservation Biology* 14: 1726–1734.
- (12) Sutherland, W. (Ed.) 2006. *Ecological Census Techniques*. Second Edition. Cambridge University Press, New York. 432 pp.
- (13) Oliver I. & Beattie A.J. 1996. Designing a cost-effective invertebrate survey: a test of methods for rapid assessment of biodiversity. *Ecological Applications* 6(2): 594-607
- (14) Bibby C.J., Burgess N.D., Hill D.A. & Mustoe S.H. 2000. *Bird Census Techniques*. Second Edition. Academic Press. New York. 302 pp.
- (15) Buckland S.T., Anderson D.R., Burnham K.P., Laake J.L., Borchers D.L. & Thomas L. (Eds.). 2004. *Advanced Distance Sampling. Estimating abundance of biological populations*. Oxford University Press, Oxford. 416 Pp.

ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS OBTENIDOS TRAS LA INSTALACIÓN DE SUSTRATOS ARTIFICIALES PARA EL MUESTREO DE MACROINVERTEBRADOS BENTÓNICOS, MEDIANTE EL PROTOCOLO IBMWP, EN RÍOS NO VADEABLES

CORDÓN EZQUERRO, J.¹; MONTES CABRERO, E.¹; GRANERO CASTRO, J.¹; SÁNCHEZ ARANGO, M.¹

¹Área Medio Ambiente y Sostenibilidad, TAXUS MEDIO AMBIENTE, Oviedo – Asturias
Tf: 985 24 65 47 – Fax: 984 155 060 – e-mail: emontes@taxusmedioambiente.com

Palabras clave: sustratos artificiales, macroinvertebrados, IBMWP, estado ecológico, ríos.

Resumen

El desarrollo de muestreos de macroinvertebrados bentónicos mediante red de mano, puede verse comprometido por la profundidad y/o caudal que presenta el río a muestrear. Estas situaciones se dan con frecuencia en tramos fluviales medios-bajos o en determinados periodos del año en los que exista un incremento sustancial de las precipitaciones.

El empleo de sustratos artificiales aporta datos sobre las comunidades establecidas en los microhábitats no muestreables mediante la red de mano. Al complementar el muestreo con las dos técnicas, se consigue una caracterización muy ajustada a la realidad del tramo fluvial.

La presente comunicación analizará los resultados obtenidos tras la aplicación de esta metodología en un tramo del río Ebro caracterizado por presentar una orilla somera y otra no vadeable y los contrastará frente a otros muestreos realizados en el mismo punto mediante el uso exclusivo de red de mano.

Introducción

Las prácticas establecidas para el muestreo de macroinvertebrados limitan la superficie muestreable a las zonas vadeables del lecho fluvial, debido a que dichos muestreos se llevan a cabo mediante una red de mano o red *suber* por un técnico. Al verse limitado por la profundidad, este protocolo de muestreo puede no resultar representativo en tramos medios-bajos o en ríos de gran caudal, dónde los requisitos necesarios para la aplicación de estas técnicas son inviables.

A la vista de estas restricciones, se plantea la utilización de sustratos artificiales en los tramos no vadeables del cauce fluvial. Estos sustratos recrean las condiciones que presenta el lecho fluvial, instalándose en las zonas no muestreables de manera que puedan ser recolectados con posterioridad para, finalmente, obtener una muestra de las comunidades de macroinvertebrados establecidas en su interior y que formarían una muestra representativa de las comunidades no muestreables mediante red de mano.

Material y Métodos

Los sustratos artificiales utilizados están inspirados en los descritos por Alba-Tercedor (1996) [1] y Herranz J.M. y González del Tánago M. (1986) [2].

El sustrato utilizado se compone de una "jaula cúbica" de 25 cm de lado confeccionada con malla plástica de 1 cm de luz. Esta se rellena con guijarros del lecho fluvial a muestrear, de aproximadamente 5 cm de diámetro, y un ladrillo de seis agujeros. Cuatro de los huecos de dicho ladrillo serán rellenados con grava de 1-1,5 cm de diámetro sin llegar a taponarlos por completo. Para evitar la salida de los cantos del ladrillo se taparon los extremos de éste con malla plástica de 1 cm de luz, y dichas mallas se ataron entre sí con hilo de nylon para evitar su pérdida.

De esta manera, se representa una gran fracción del lecho del río y se ofrecen diversos tamaños de microhábitats para una colonización óptima por las comunidades de macroinvertebrados locales.

Con el fin de evitar que, durante el izado de los sustratos artificiales, una parte de la muestra recogida se filtre a través de la malla, se tapizó con un trozo de tela resistente la base de la jaula. Además, los laterales (hasta unos 10 cm de altura) se reforzaron con malla metálica de 0,5 mm.

Finalmente, buscando aumentar la eficacia de los diferentes microhábitats creados en el interior del sustrato artificial, se tapizó el interior con ramas y tallos de la vegetación del entorno de ribera, así como estropajos de esparto y plástico.



Figura 1. Ejemplo de sustrato artificial utilizado.

Aplicación y Resultados

La aplicación de esta metodología se llevó a cabo en el río Ebro, a su paso por la central térmica de ciclo combinado de Castejón, explotada por EDP. Se trata de un tramo en el que el cauce fluvial permite el muestreo de macroinvertebrados bentónicos por red de mano en una sola orilla, imposibilitando realizar el muestreo en la orilla opuesta.

Se instalaron dos sustratos artificiales en la parte profunda del tramo, como método complementario al muestreo habitual de macroinvertebrados bentónicos con red de mano. La instalación de ambos sustratos se realizó mediante una embarcación neumática, durante el 25 de mayo de 2012, señalizándose cada uno de ellos mediante una boya flotante.

Ambos sustratos fueron recuperados el día 27 de junio de 2012, en consonancia con lo estipulado en la bibliografía sobre el periodo de óptima colonización de estos elementos [2][3]. A su vez, también se realizó el muestreo habitual mediante red de mano, siguiendo el protocolo establecido por Barbour *et al* (1999) [4].

Una vez recogidas todas las muestras, estas fueron determinadas en laboratorio para la aplicación de la métrica IBMWP [5]. Los resultados obtenidos se muestran a continuación.

En primer lugar se reflejan los datos (abundancias totales y específicas y valor del índice IBMWP) obtenidos en la campaña inmediatamente anterior (2011), realizada únicamente mediante el uso de red de mano:

Tabla 1. Resultados obtenidos durante la campaña de 2011. En verde, grupos obtenidos tanto en la campaña de 2012 como la de 2011.

		Clase/Orden	Familia/Género	N ^a individuos
Composición de Muestra		Aracnida	sO. <i>Hidracarina</i>	8
		Coleoptera	<i>Elmidae</i>	16
			<i>Dytiscidae</i>	20
		Crustacea	<i>Gammaridae</i>	9
			<i>Atyidae</i>	5
			<i>Ostracoda</i>	12
			<i>Asellidae</i>	20
		Diptera	<i>Chironomidae</i>	472
		Ephemeroptera	<i>Baetidae</i>	30
			<i>Heptageniidae</i>	4
			<i>Ameletidae</i>	8
			<i>Caenidae</i>	192
		Heteroptera	<i>Corixidae</i>	692
		Hirudinea	<i>Glossiphonidae</i>	24
		Odonata	<i>Coenagrionidae</i>	20
		Mollusca	<i>Physidae</i>	8
	<i>Corbiculidae</i>		4	
	Oligochaeta	No identificado	77	
			TOTAL	1.621
IBMWP				66

A continuación, se reflejan los datos obtenidos durante la campaña en la que se realizó la instalación de los sustratos artificiales (2012).

Tabla 2. Resultados obtenidos durante la campaña de 2012. Amarillo, grupos observados únicamente en red de mano. Naranja, grupos observados únicamente en sustratos artificiales. Verde, grupos observados en ambos métodos de muestreo.

		Clase/Orden	Familia/Género	Nº individuos (red de mano)	Nº individuos (sustratos artificiales)	Total	
Composición de Muestra	Aracnida		Acariformes	4	2	6	
	Coleoptera		Elmidae	-	4	4	
			Dytiscidae	96	-	96	
	Crustacea		Gammaridae	440	2.634	3.074	
			Atyidae	40	38	78	
			Ostracoda	4	-	4	
			Asellidae	4	-	4	
	Diptera		Chironomidae	140	34	174	
	Ephemeroptera		Ephemeridae	-	4	4	
			Heptageniidae	-	1	1	
			Potamanthidae	9	-	9	
			Caenidae	24	82	106	
	Heteroptera		Gerridae	76	-	76	
			Nepidae	1	-	1	
			Corixidae	415	8	423	
	Hirudinea		Glossiphoniidae	13	-	13	
	Mollusca		Physidae	497	1	498	
			Ancylidae	-	4	4	
			Hydrobiidae	68	-	68	
			Neritidae	-	146	146	
			Corbiculidae	-	2	2	
	Trichoptera		Rhyacophilidae	-	2	2	
			Hydropsychidae	-	694	694	
	TOTAL				1.831	3.656	5.487
	IBMWP				103		

A tenor de los resultados, se observa que existe una gran cantidad de grupos no detectados mediante la red de mano que sí son capturados mediante la aplicación de sustratos artificiales. Analizando estos resultados podemos observar las relaciones de abundancia, número de especies y valor del índice IBMWP obtenidos durante las campañas de 2011 y 2012.

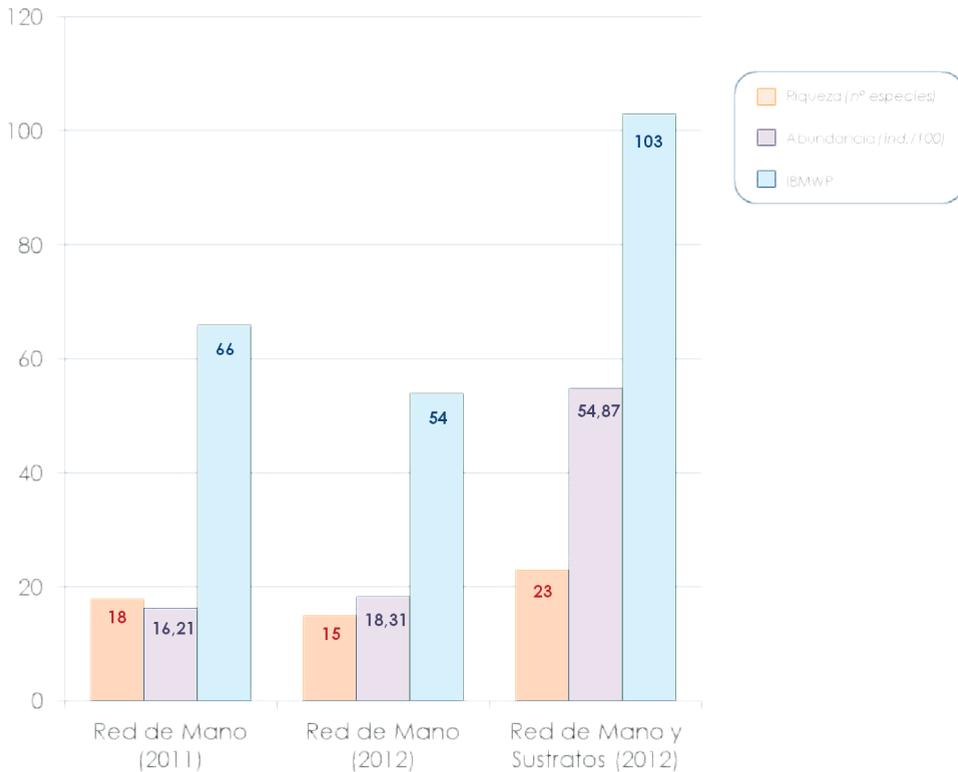


Figura 2. Comparativa de muestras obtenidas durante las diferentes campañas consideradas.

Los datos obtenidos finalmente hablan de que mediante la utilización de sustratos artificiales se han obtenido aumentos en todas las variables consideradas.

- Número de individuos.
 - ⇒ Campaña 2011. Muestreo por red de mano. 1.621 individuos.
 - ⇒ Campaña 2012. Muestreo por red de mano. 1.831 individuos.
 - ⇒ Campaña 2012. Muestreo complementario con sustratos artificiales. 5.487 individuos.

- Riqueza.
 - ⇒ Campaña 2011. Muestreo por red de mano. 18 especies.
 - ⇒ Campaña 2012. Muestreo por red de mano. 15 especies.
 - ⇒ Campaña 2012. Muestreo complementario con sustratos artificiales. 23 especies.
- Índice IBMWP.
 - ⇒ Campaña 2011. Muestreo por red de mano. **66**.
 - ⇒ Campaña 2012. Muestreo por red de mano. **54**.
 - ⇒ Campaña 2012. Muestreo complementario con sustratos artificiales. **103**.

Por tanto, existe un incremento gracias al uso complementario de sustratos artificiales de un 27,78%, sobre la campaña de 2011, y un 53,33%, sobre la campaña de 2012, en la riqueza o número de especies. En el caso del número de individuos existe un incremento de un 238,49%, respecto de la campaña de 2011, y de un 199,67%, respecto de la de 2012. Finalmente, el aumento del valor obtenido mediante el índice IBMWP es de un 56,06% frente a la campaña de 2011 y un 90,74% frente a la campaña de 2012.

Conclusiones

Puede concluirse que existe un incremento notable al complementar los muestreos de red de mano con la instalación de sustratos artificiales, permitiendo una mejor caracterización del tramo fluvial. Esto también pone de manifiesto que los muestreos mediante red de mano no siempre son suficientes a la hora de determinar el estado ecológico y la calidad del agua en tramos fluviales no vadeables. En este caso en concreto, se han obtenido 8 grupos más respecto al muestreo realizado mediante red de mano y el índice IBMWP ha aumentado en un total de 49 puntos.

Por tanto, la utilización de este método, como técnica complementaria a los muestreos mediante red de mano, se presenta como una opción eficaz en cauces fluviales no vadeables, dónde no sea posible realizar un muestreo ordinario en su totalidad.

Referencias / Bibliografía

- (1) *Macroinvertebrados acuáticos y calidad de las aguas de los ríos*. Alba-Tercedor, J. IV Simposio del Agua en Andalucía (SIAGA). (1996).
- (2) *La colonización de sustratos artificiales por macroinvertebrados bentónicos en las aguas del Alto Tajo. Comparación de métodos de muestreo*. Herránz Sanz, J.M.; González del Tánago, M. Limnética. 163-171 (1986).

- (3) *Evaluación del uso de sustratos artificiales como complemento al muestreo de macroinvertebrados bentónicos mediante el protocolo IBMWP semicuantitativo para el cálculo del estado ecológico.* Alba-Tercedor, J. et al. Confederación Hidrográfica del Ebro. (2007).
- (4) *Rapid bioassessment protocols for use in streams and wadeable rivers: periphyton, benthic macroinvertebrates and fish.* Barbour, M.T.; Gerritsen, J.; Snyder, B.; Stribling, J.B. US EPA, Office of water, Washington D.C. (1999).
- (5) *BMWP (Iberian Biological Monitoring Working Party).* Alba-Tercedor, J.; Sánchez-Ortega, A. Limnética (1988).

A

Página

Abad García, J.	149
Abascal, M.	325
Álvarez Muñiz, Jana	83
Andrés Abellán, M.	421, 437, 447
Arboleya Arboleya, Ana	83
Arcocha Azcue, C.	333

B

Barajas García, C.	121
Barba, A.	53
Barroso Arroyo, J. C.	47
Bellido Díez, J.	47

C

Carrasco García, Maria José	211
Carrero González, Beatriz	39, 69
Casado Morillo, R.	193
Casermeyro Martínez, Miguel Ángel	39, 69
Castellote Varona, C.	53
Castillo Martínez, A.	315, 341
Cervantes Peralta, F.	461
Contreras Rodríguez, S.	121, 305
Cordón Ezquerro, Javier	33, 63, 113, 257, 475

D

De la Cruz Caravaca, María Teresa	39, 69
De la Nuez, A.	325
De Torres Domínguez, Damián	105, 431
Delgado Acosta, P.	225
Díaz-Carrión, I.	413
Domínguez del Valle, J.	95, 461
Domínguez-Cuesta, M. J.	395

E

Enriquez de Salamanca, A.	211
Escrivá Camarena, C.	333

F

Fernández Domínguez, E.	175
Fernández González, E. A.	33
Fernández Sánchez, G.	193
Ferrando Sánchez, M.	181, 275, 403
Fuentes Bargues, J. L.	235, 285

G

García de la Morena, E.	127
García Gómez, Enrique	431
García González, F. J.	127
García Morote, F. A.	421, 437, 447
García Sánchez-Colomer, M. R.	165
García Velasco, J.	121
Gondim-Porto, C.	75
Gómez Pulido, J. M.	315, 341
González Sánchez, E.	225, 247

González Ubierna, Sergio	39, 69
Gómez de la Torre V.	351
González Arenales, M.	351
González Martín, J. M.	369
González Moreno, Alberto	431
Granero Castro, Javier	33, 63, 113, 181, 203, 257, 275 297, 351, 359, 403, 475
Gutiérrez Contreras, M.	127
Gutiérrez Escolar, A.	315, 341
Gutiérrez Llarena, Francisco	105
Gutierrez-Martinez, J. M.	315, 341, 369

H

Hernández Murat, R	95
Hernández Pérez G.	121

I

Iglesias Merchán, C.	175
----------------------	-----

J

Jiménez Rayado, A.	267
Jiménez-Sánchez, M.	395
Jorge Mardomingo, I.	39

L

Las-Heras Andrés, Fernando	83
López Serrano, F. R.	421, 437, 447
Lucas Borja, M. E.	421, 437, 447

M

Mardomingo, J.	39, 69
Martínez-García, E.	421, 437, 447
Martínez-Orozco, J. M.	53, 193
Martínez Pérez, S.	413
Mas Alique, P.	159
Mateo Sánchez, M. C.	175
Meléndez-Asensio, M.	395
Mingot Martín, David	431
Molina Navarro, E.	413
Monteagudo Martínez, L.A.	95
Montes Cabrero, Eloy	113, 181, 257, 297, 475
Muñoz Jiménez, D.	159
Murillo Morón, F. J.	333

N

Nadal Rocamora, I	75
Navarro-García, F	75

O

Oñorbe, M.	325
Orozco Medina, M.	121
Oyanguren Ureta, I.	47, 143

P

Parada Guajardo, N.	121
Parra Prado, J.	247
Platero Alonso, L.	75
Picazo Córdoba, M. I.	437, 447
Puente Montiel, A.	63, 203, 257, 297, 359, 403
Pulgar Noriega, A.	63, 275, 403

R

Rodríguez García, J.	33, 113, 181, 203, 297, 359, 403
Rodríguez Pérez, B.	121
Roldán Arroyo, J. M.	461
Rubio, E. (2)	421, 447
Ruiz Arriaga, S.	165

S

Sáenz de Santa María, J. A.	395
San Millán, R.	325
Salinas, A.	325
Sánchez Arango, M.	181, 203, 257, 297, 359, 475
Sanchez-Marmol, Gil, L.	333
Santos Holgueras, R.	47, 143
Sastre Merlín, A.	413
Sobrini Sagasetta de Ilurdoz, I. M.	267
Sobrino Vesperinas, Eduardo	431

T

Tazo Herrán, I.	47
-----------------	----

U

Urquijo Pagazaurtundua, J.	333
----------------------------	-----

V

Viñuela Álvarez, A.	181
Valenzuela, P.	395

W

Wic Baena, C.

421, 437, 447

