



PAMPLONA  
2005

Abril

LIBRO DE ACTAS III CONGRESO NACIONAL de  
**EVALUACIÓN de  
IMPACTO AMBIENTAL**

CONEIA V3.0



MINISTERIO  
DE MEDIO AMBIENTE



eia

asociación española de  
evaluación de impacto ambiental

# ACTAS DEL III CONGRESO NACIONAL DE EVALUACIÓN DE IMPACTO AMBIENTAL

## III CONEIA

*Editores:*

Casermeyro Martínez, M. A.

Desdentado Gómez, L. A.

Díaz Martín, M.

Espluga González de la Peña, A. P.

García Montero, L. G.

Kelly García, D. E.

Puig i Baguer, J.

Sobrini Sagaseta de Ilurdoz, I.

## ACTAS DEL III CONGRESO NACIONAL DE EVALUACIÓN DE IMPACTO AMBIENTAL

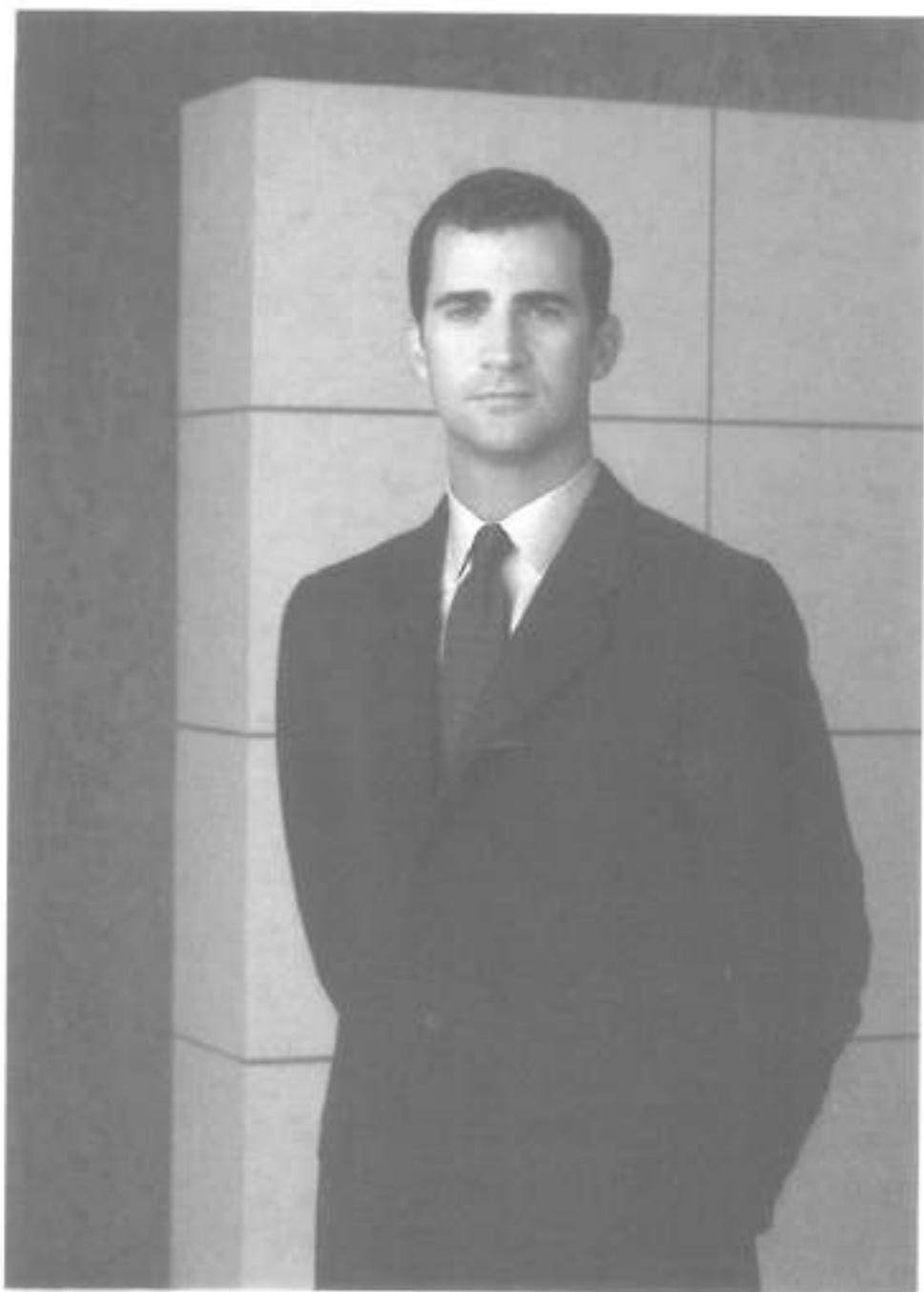
© 2006 Asociación Española de Evaluación de Impacto Ambiental

Diseño cubierta: Magic Circus

Depósito Legal: M-51.906-2005  
ISBN: 84-96437-33-7

Impreso en España - Printed in Spain  
BOUNCOPY, SA  
San Romualdo, 26 - 6ª planta - 28037 Madrid

Reservados todos los derechos. Se prohíbe la reproducción de cualquier parte de este libro, así como su inclusión en sistemas de almacenamiento de datos y su transmisión por cualquier medio, sea electrónico, mecánico, fotográfico, de grabación o de otro tipo, sin la previa autorización de los titulares del copyright. La responsabilidad de los contenidos y del material gráfico es exclusivamente de los autores.



*Presidente del Comité de Honor: S.A.R. D. Felipe de Borbón y Grecia,  
Príncipe de Asturias.*



## PRÓLOGO

La importancia de la evaluación ambiental es creciente en una sociedad que plantea cada vez más retos al desarrollo para someterlo a un principio de sostenibilidad y deben primar en las democracias avanzadas. El papel que, veinte años después de la promulgación de la Directiva que regula esta actividad administrativa, desempeña la evaluación de los impactos ambientales es de gran relevancia. En este sentido, la organización del III Congreso Nacional de Evaluación de Impacto Ambiental representa una posibilidad de revisar las tendencias de futuro, así como sus retos.

Los 250 congresistas de empresas, administraciones y universidades pusieron de manifiesto la necesidad de actualizar la normativa española vigente, así como disponer de un texto legal de evaluación estratégica ambiental de planes y programas como complemento de la de proyectos. El Ministerio de Medio Ambiente coincide plenamente con este diagnóstico, por lo que ya se habían impulsado los trámites oportunos para disponer un Proyecto de Ley de Evaluación Ambiental Estratégica, así como un proyecto de ley de modificación de la Ley de Evaluación de Impacto Ambiental, de manera que se encuentren plenamente en vigor a lo largo de 2006, una vez concluida la tramitación parlamentaria.

Otro reto que se señaló es el relativo a la dotación de recursos materiales y humanos. En este sentido, la Dirección General de Calidad y Evaluación Ambiental viene desarrollando una intensa actividad para capacitar en personal técnico que lleve a cabo un procedimiento de evaluación ambiental cada vez más ágil, así como la dotación de medios tecnológicos más adecuados. Destaca en el primer aspecto el dato de que en 2006 la Subdirección General de Evaluación Ambiental aumentará casi un 30% sus efectivos. En lo que a las nuevas tecnologías se refiere se va a proceder a instalar equipos con mayor capacidad, incluidos el análisis georreferenciado, así como el desarrollo de bases de datos y una web específica de evaluación ambiental. Todo ello completado con el impulso decidido de las nuevas tecnologías para la tramitación de los procedimientos administrativos.

Estas inactivas, en buena medida coincidentes con los diagnósticos del sector, se irán culminando a lo largo de la vigente legislatura, de manera que se cumpla el denominado Plan de Choque de Evaluación Ambiental, plan que se enfrenta a los desafíos más parentorios. Por este motivo confío en que, de la mano de iniciativas de participación y diálogo como el Congreso Nacional de Eva-

luación de Impacto Ambiental que organiza la Asociación Española de Evaluación de Impacto Ambiental, la sociedad española sea capaz de enfrentarse a los retos ambientales con éxito.

JAIME ALEJANDRE

Director General de Calidad y Evaluación Ambiental  
Ministerio de Medio Ambiente

## COMITÉ DE HONOR

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

Miembros:

- **D.ª Cristina Narbona Ruiz.**  
Ministra de Medio Ambiente.
- **D.ª Magdalena Álvarez Arza.**  
Ministra de Fomento.
- **D. José Bono Martínez.**  
Ministro de Defensa.
- **D. Miguel Sanz Sesma.**  
Presidente del Gobierno de Navarra.
- **D. José Andrés Burguete Torres.**  
Consejero de Medio Ambiente, Ordenación del Territorio y Vivienda.  
Gobierno de Navarra.
- **D. Alfredo Boné Pueyo.**  
Consejero de Medio Ambiente del Gobierno de Aragón.
- **D. José Ortega Valcárcel.**  
Consejero de Medio Ambiente del Gobierno de Cantabria.
- **D. Salvador Mila i Solsona.**  
Conseller del Departament de Medi Ambient i Habitatge de la Generalitat de Catalunya.
- **D. Antonio Cerdá Cerdá.**  
Consejero de Agricultura, Agua y Medio Ambiente de la Región de Murcia.
- **D. Rafael Blasco Castany.**  
Conseller de Territori y Vivienda de la Generalitat Valenciana.
- **D. José Manuel Barreiro Fernández.**  
Conselleiro de Medio Ambiente de la Xunta de Galicia.
- **D.ª Rosario Arévalo Sánchez.**  
Consejera de Medio Ambiente de la Junta de Comunidades de Castilla-La Mancha.
- **D. Augusto Lorenzo Tejera.**  
Consejero de Medio Ambiente y Ordenación Territorial del Gobierno de Canarias.
- **D.ª Yolanda Barcina Angulo.**  
Alcaldesa de Pamplona.
- **D. José María Bastero de Eleizalde.**  
Rector Magnífico de la Universidad de Navarra.

- **D. Pedro Burillo López.**  
Rector Magnífico de la Universidad Pública de Navarra,
- **Mr. Ross Marshall**  
Presidente de la International Association for Impact Assessment (IAIA).
- **D. Íñigo M.ª Sobrini Sagaseta de Ilúrdoz.**  
Presidente de la Asociación Española de Evaluación de Impacto Ambiental.

El III Congreso Nacional de Evaluación de Impacto Ambiental  
ha sido organizado por:



## ÍNDICE

Prólogo MMA .....	7
Comité de Honor .....	9
Discursos:	
Presidente de Navarra .....	15
Consejero de Medio Ambiente, Ordenación del Territorio y Vivienda del Gobierno de Navarra .....	17
Conclusiones del III CONEIA .....	19
Bloque I: Aspectos Legales .....	21
• El síndrome Nimby en España: un análisis en proyectos de presas. Martínez Orozco, J. M.; Rico Fraile, C., y Serrano García, F. J. ....	21
• La Evaluación Ambiental en el procedimiento de aprobación de los Planes Generales de Ordenación Urbana. Aplicación práctica en la Comunidad Autónoma de Madrid. Bernaldo de Quirós Miranda, T. ....	31
• El impacto acústico del tráfico rodado: legislación y efecto sobre el planeamiento urbanístico. García de Polavieja, G. ....	41
• El sistema español de evaluación de impacto ambiental: nuestra posición en el mundo. Martínez Orozco, J. M. ....	45
Bloque II: Evaluación Ambiental Estratégica .....	55
• Desarrollo de la fase de Scoping de la Evaluación Ambiental Estratégica del Plan de Infraestructuras 2000-2007. Otero Pastor, I.; Esparcia Mariño, P.; Moreno Cuesta, E.; González Algarra, E., y Macías Guerrero, A. ....	55
• Aplicación de los Sistemas de Información Geográfica en la Evaluación Ambiental Estratégica y su contribución a la toma de decisiones. González, A.; Gilmer, A.; Foley, R.; Sweeney, J., y Fry, J. ....	63

<ul style="list-style-type: none"> <li>• Screening de una Evaluación Ambiental Estratégica del Plan de Infraestructuras 2000-2007. García-Montero, L. G.; Mancebo, S.; Otero, I.; Casermeiro, M. A.; Espluga, A. P.; Navarra, M.; Ortega, E.; Sánchez, A., y Monzón, A. ....</li> </ul>	69
<b>Bloque III: Evaluación de Impacto Ambiental.....</b>	<b>89</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Avances al Estudio de Impacto Ambiental del proyecto de aprovechamiento integral de recursos naturales "Mar de Trafalgar". Bejarano Moreno, A. ....</li> <li>• Aspectos sanitarios de la depuración de aguas residuales urbanas mediante infiltración directa sobre el terreno. Casermeiro, M. A.; Navarro García, F., y Moreno, L. ....</li> <li>• Evaluación de Impacto Ambiental transfronterizo de las centrales eléctricas actuales y futuras en la región California (EUA)-Baja California (México). Nieblas Ortiz, E. C., y Quintero Núñez, M. ....</li> <li>• Valoración de la calidad intrínseca del paisaje mediante un SIG. Aplicación al término de Riópar (Albacete). García Morote, F. A.; Andrés Abellán, M.; López Serrano, F. R.; Del Cerro, A.; Galán, A., y Calera, A. ....</li> <li>• Modelo de valoración cualitativa de Impactos Paisajísticos en las Evaluaciones de Impacto Ambiental. Andrés, M.; García, F. A.; López, F. R.; Del Cerro, A., y Galán, A. ....</li> <li>• El pasivo ambiental de potasas de Subiza. Hacia una solución definitiva. Leguey, M.; Ribeiro, I., y Muñoz, M. ....</li> <li>• Una propuesta de valoración de impactos basada en la calidad ecopaisajística: aplicación a los cursos fluviales de la sierra de Guadarrama (Madrid). Molina Holgado, P.; Berrocal Menárguez, A. B. ....</li> <li>• Tecnologías Genómicas, una caja de herramientas en Estudios de Impacto Ambiental. Hernández, M.ª A.; Amezcua, A., y Murua, A. ....</li> <li>• Valoración cualitativa de Impactos Ambientales en el tratamiento de residuos procedentes del petróleo. Mateos, E. ....</li> <li>• Modelos matemáticos en la Evaluación de Impacto Ambiental de proyectos de producción de energía. Díaz, C. B., y Fernández, Y. ....</li> <li>• Impacto de la desertificación en África: el papel de las barreras verdes. Ezquerro, A.; De Pedro, J. L. ....</li> <li>• Sostenibilidad en ingeniería de carreteras: una aproximación cualitativa a la práctica de aplicación. Morera Escrich, J. L. ....</li> <li>• Evaluación de Impacto Ambiental de una Molienda de Clinker y Fábrica de Cemento, por el método de escenarios comparados. Sobrini Sagaseta de Ilúrdoz, I. M.; Martín Jiménez, C., y Gaité García, B. ....</li> </ul>	89 95 107 115 123 131 139 147 155 163 167 171 195

<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Modelo preliminar de la calidad natural de España 1:500.000. Mancebo, S.; García-Montero, L. G.; Casermeiro, M. A.; Otero, I.; Espluga, A. P. y Navarra, M. ....</li> </ul>	205
Bloque IV: Restauración Ambiental y Paisajística.....	237
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Implicaciones ambientales de la ejecución del Programa de Vigilancia Ambiental del proyecto de construcción de la Autovía Cantabria-La Meseta. Molina Cruzate, S.....</li> <li>• Hidrosiembra: cambios de la vegetación en taludes mineros. González-Alday, J.; Martínez-Ruiz, C., y García-Muñoz, S. ....</li> </ul>	237 245
Índice de autores .....	255



**INTERVENCIÓN DEL EXCMO. SR. D. MIGUEL SANZ SESMA,  
PRESIDENTE DEL GOBIERNO DE NAVARRA, CON MOTIVO  
DE LA APERTURA DEL III CONGRESO NACIONAL DE EVALUACIÓN  
DE IMPACTO AMBIENTAL**

Excmas. e llimas. Autoridades. Sras. y Sres.:

Es para mí una satisfacción poder dar la bienvenida a todos los asistentes a este Congreso, ya que me consta que entre ellos están representadas prácticamente todas las regiones españolas y muchos países de nuestro entorno. Quiero dejar constancia que para Navarra la hospitalidad es una virtud que practicamos con orgullo, siempre que la ocasión lo brinda. Por lo extenso del programa y por lo interesante de las ponencias que se van a presentar, puedo aventurar que poco tiempo libre va a quedar, pero deseo que las horas que pasen en nuestra tierra sirvan como un billete-compromiso de vuelta, para que regresen lo antes posible a disfrutar de sus gentes, de su arte, de su gastronomía y de su paisaje.

El entorno natural de la Comunidad Foral ha merecido desde siempre el elogio y el aplauso de quienes han tenido la oportunidad de conocerlo, de estudiarlo, de vivirlo, y de manera especial, de aquellos que todos los días podemos "sentirlo". Pero si nadie duda del escenario con que la naturaleza nos ha obsequiado, no es menos cierto que el abuso de las actividades que protagonizamos los humanos ponen en un serio aprieto los recursos ambientales, abundantes a simple vista, pero limitados a pesar de su gran poder de regeneración.

Creo que esta sencilla premisa fue y sigue siendo compartida por el grupo de profesionales de diversos ámbitos que a finales de 1992 constituyeron la Asociación Española de Evaluación de Impacto Ambiental y que entre sus objetivos de actuación tiene el anteponer siempre la integridad del medioambiente natural y la salud, seguridad y bienestar humanos, por encima de cualquier compromiso hacia intereses sectoriales o privados.

Navarra tiene claros esos conceptos. Y esa transparencia de objetivos nos ha llevado a aprobar en nuestro Parlamento hace escasas fechas la nueva Ley Foral de Intervención para la Protección Ambiental, que regula el papel de las distintas Administraciones Públicas de la Comunidad Foral para la prevención, reducción y el control de la contaminación, así como el impacto ambiental sobre la atmósfera, el agua y el suelo.

En el período 2003-2005 se han realizado en esta Comunidad veinte declaraciones de Impacto Ambiental referidas a instalaciones ganaderas, fábricas de vidrio, plantas de biodiesel y vertederos. En el paquete de proyectos sometidos a Evaluación de Impacto Ambiental podemos hablar de tres declaraciones corres-

pondientes a industrias extractivas, diez a carreteras y autovías, veintidós a concentraciones parcelarias, dos a parques eólicos, una central hidroeléctrica, una planta de biomasa, dos instalaciones turísticas, una planta de residuos MER y para finalizar dos plantas de tratamiento de residuos industriales. La actividad, como se puede comprobar, ha sido incesante.

Es sabido que todo Miembro de la Asociación Española de Evaluación de Impacto Ambiental se compromete, entre otras cosas, a desarrollar su actividad profesional de acuerdo a los principios emergentes del desarrollo sostenible y de los más altos estándares de protección ambiental. Una vez más surge el paralelismo con Navarra. Somos pioneros en energías renovables, el bioclimatismo está recogido con letras mayúsculas en nuestra recién estrenada Ley Foral de Protección Pública de Vivienda que está sirviendo de guía a otras Comunidades Autónomas, y en la que ya se incluye las directrices europeas.

No son simplemente aciertos coyunturales o palabras que adornan un discurso, es la toma de conciencia de nuestro compromiso para con el entorno y el reto pedagógico que para futuras generaciones supone que la UNESCO haya declarado el período 2005-2015, como el decenio de la Educación para el Desarrollo Sostenible.

Antes de poner el punto final deseo felicitar a todas las entidades colaboradoras por el esfuerzo que ha supuesto estar en primera línea, desde el Ministerio de Medio Ambiente hasta los Gobiernos Autónomos, a las universidades, a los profesionales que con su presencia hacen que este Congreso empiece a cumplir con los objetivos previstos, y por supuesto a la Asociación Española de Evaluación de Impacto Ambiental por la labor organizada realizada y por el trabajo que en estos próximos días va a desarrollar. Les decía al principio que Navarra agradece cada día a la naturaleza el escenario donde ha colocado a nuestra tierra, y termino asegurando que nos sentimos honrados y felices cuando personas como ustedes disfrutan, comparten y "sienten" ese entorno.

Muchas gracias.

Facultad de Ciencias  
Universidad de Navarra, 6 de abril de 2005

**INTERVENCIÓN DEL EXCMO. SR. D. JOSÉ ANDRÉS BURGUETE, CONSEJERO DE MEDIO AMBIENTE, ORDENACIÓN DEL TERRITORIO Y VIVIENDA DEL GOBIERNO DE NAVARRA, CON MOTIVO DEL ACTO DE CLAUSURA DEL III CONGRESO NACIONAL DE EVALUACIÓN DE IMPACTO AMBIENTAL**

Señoras y señores: buenas tardes

El pasado miércoles, cuando el Presidente del Gobierno de Navarra inauguraba este Congreso Nacional de Evaluación de Impacto Ambiental, recogía en sus palabras la intención de que las horas que ustedes pasaran en nuestra tierra, sirvieran de billete-compromiso para verles de nuevo entre nosotros en un futuro cercano. Dando por hecho que eso va a ocurrir, quiero mostrar la satisfacción del Gobierno en general, y la del Consejero de Medio Ambiente, Ordenación del Territorio y Vivienda en particular, por haber contado con su presencia y por haber sabido llevar a buen puerto un Congreso que sentará cátedra al hacer públicas sus conclusiones.

Cuando me refiero a establecer referentes cara al futuro, no me estoy refiriendo única y exclusivamente a los profesionales relacionados con la evaluación de impacto ambiental, ni a las industrias, ni a las grandes obras en comunicaciones, ni tan siquiera a las Administraciones Públicas, sino a la sociedad en general. Hace mucho tiempo que sonó la hora de pasar de las ideas más o menos conceptuales, hilvanadas con el hilo de la buena voluntad en la mayoría de los casos, al pulso que supone planificar, supervisar y controlar las acciones que directa, o indirectamente, afectan al medio ambiente. La Directiva Europea es clara al respecto y ustedes la conocen sobradamente: serán objeto de evaluación medioambiental todos los planes y programas que se elaboren con respecto a la agricultura, la silvicultura, la pesca, la energía, la industria, el transporte, la gestión de residuos, la gestión de recursos hídricos, las telecomunicaciones, el turismo, la ordenación del territorio urbano y rural y la utilización del suelo. Cualquier lego en la materia, al escuchar la enumeración que acabo de hacer, comprende que ahí está contemplada la mayoría de las actividades de la sociedad moderna.

Para nosotros, la fecha del 1 de abril de este año supuso rubricar una carrera de esfuerzos, de propósitos y de consensos. Ese día se publicaba en el Boletín Oficial de Navarra, la Ley Foral de Intervención para la Protección Ambiental. Y si antes les hablaba del hilo de la buena voluntad, ahora ya podemos empezar a coser de verdad. El Plan Energético de Navarra y el Plan de Residuos Urbanos son dos de los objetivos que a corto plazo deberemos encardinar entre párrafo y párrafo de la nueva ley, que en su artículo 30 define que la evaluación ambiental estratégica es el procedimiento establecido para evaluar, corregir y controlar los efectos que sobre el medio ambiente pueden tener determinados planes o pro-

gramas, públicos o privados, con el fin de conseguir un elevado nivel de protección ambiental o promover un desarrollo sostenible, a través de la integración de la variable ambiental en la elaboración y aprobación de los referidos planes y programas. Se puede decir más alto, pero creo que no más claro.

Por esta tribuna han desfilado profesionales de gran prestigio que han desgranado sus conocimientos y sus experiencias, el Plan Barajas, la Autovía del Camino entre Pamplona y Logroño, los parques eólicos también han reclamado su justo protagonismo, y los desafíos del futuro, incluso los proyectos relacionados con la defensa nacional han tenido su tiempo y su debate, el patrimonio cultural, tantas veces olvidado como añorado cuando no hay remedio ni vuelta atrás. Mañana tendrán la oportunidad de visitar una de las obras de ingeniería más emblemáticas en la Comunidad Foral, me estoy refiriendo al Canal de Navarra donde la evaluación del impacto ambiental nunca ha sido un mero trámite a cumplir, nunca una asignatura para aprobar, sino una asignatura donde deberemos obtener sobresaliente, porque estamos construyendo el futuro de muchas generaciones y el cauce de un bien imprescindible y cada día más escaso como es el agua. Estoy seguro que a muchos de los asistentes les va a quedar un grato recuerdo y un intenso conocimiento después de esa visita.

Las Universidades, el foro académico más exquisito, pero el más exigente a la vez, han sabido estar a la altura de las circunstancias como no podía ser menos, Ministerios, Comunidades Autónomas, profesionales que aun hablando otros idiomas han sabido transmitir su dosis de docencia responsable, empresas que se han volcado para conseguir que un programa de cuatro días intensos deje el surco bien sembrado hasta el próximo congreso, donde volverá a brillar con luz propia la Asociación Española de Evaluación de Impacto Ambiental, a quien felicito efusivamente, no sólo por el trabajo realizado, sino porque me consta que ya han empezado a preparar ese siguiente congreso. Es viernes, media tarde, y algunos de ustedes deben salir de viaje. Tomaremos buena nota de cuanto aquí se ha dicho, y sobre todo seremos observadores de primera fila de que su praxis será la que proteja el entorno natural, el medio ambiente como patrimonio de todos.

Así se clausura el III Congreso Nacional de Evaluación de Impacto Ambiental.

Muchas gracias.

## CONCLUSIONES DEL III CONEIA

Las conclusiones del III CONEIA se leyeron en el Acto de Clausura por Íñigo Sobrini, Presidente de la AEEIA, y se han agrupado en torno a cinco puntos: Legislación, Administración, Procedimiento, Mejora de los estudios y Vigilancia ambiental.

### LEGISLACIÓN

- Es urgente la transposición a la legislación básica del Estado de la Directiva de evaluación ambiental de planes y programas, así como la actualización del vigente reglamento de EIA para adaptarlo a la Ley 6/2001 de modificación del R.D.L. 1302/86 de EIA.

### ADMINISTRACIÓN

- La eficacia de la evaluación ambiental exige dotar a los órganos competentes de la Administración de más recursos materiales y humanos. Con ello se mejorará la calidad técnica de las evaluaciones y se posibilitará el cumplimiento de los plazos legales establecidos.

### PROCEDIMIENTO

- Es prioritaria la mejora de la participación pública. En concreto:
  - Se propone mejorar los canales de difusión para hacer la información accesible a todo el público, aprovechando todos los medios disponibles.
  - Las nuevas tecnologías de comunicación deben ser empleadas para agilizar los procedimientos administrativos.

### MEJORA DE LOS ESTUDIOS

- Es necesario agrupar la información ambiental básica, completarla y facilitar su accesibilidad.
- Los promotores deben aumentar la dotación presupuestaria dedicada a la elaboración de los estudios ambientales. En concreto, en las obras públicas, la Administración debería fijar para estudios ambientales un porcentaje del presupuesto, al menos equiparable a los honorarios del proyecto.
- Hay que insistir en la multidisciplinariedad de los equipos redactores y en la mejora de su capacitación profesional, para lo que se hacen necesarios programas específicos formativos y de investigación.

- La calidad de los estudios debe mejorarse en:
  - La normalización de los contenidos.
  - El análisis de los impactos sociales.
  - La consideración de los impactos acumulativos.

#### VIGILANCIA AMBIENTAL

- Es urgente que el seguimiento y control ambiental de las obras se lleve a cabo de forma efectiva.

# BLOQUE I

## ASPECTOS LEGALES

### EL SÍNDROME NIMBY EN ESPAÑA: UN ANÁLISIS EN PROYECTOS DE PRESAS

---

Martínez Orozco, J. M.; Rico Fraile, C., y Serrano García, F. J.

Dpto. Química y Medio Ambiente. Universidad Europea de Madrid  
C/. Tajo, s/n. - Villaviciosa de Odón - 28670 Madrid (España)  
Teléfono: 91 211 56 21 - Fax: 91 616 82 65 - e-mail: jmiguel.martinez@uem.es

#### Resumen

El término NIMBY (acrónimo del inglés "Not In My BackYard") surge con frecuencia en los debates sobre nuevos proyectos de cierta envergadura. La aversión pública a la localización de ciertos proyectos cerca de una comunidad suele desencadenar una oposición fuertemente organizada, conocida por síndrome NIMBY. Con el fin de caracterizar el fenómeno, se han seleccionado 12 proyectos de grandes presas españolas, en las cuales se ha analizado la reacción local de oposición, prestando especial atención a la dinámica de su origen y su evolución en el tiempo, así como de los cambios en las estrategias de oposición, y en la implicación de la EIA durante el conflicto. Los resultados revelan la existencia de ciertos elementos clave en la aparición del problema: 1) las limitadas posibilidades de los posibles interesados para incorporarse al proceso de forma constructiva, y 2) las actitudes de promotor e instituciones públicas.

*Palabras clave:* grandes presas; España; NIMBY; participación pública.

#### Summary

The term NIMBY ("Not In My BackYard") often crops up during discussions on the construction of new major projects. Public aversion to the construction of these projects in or near their community often results in concerted opposition,

referred to as the NIMBY syndrome. Drawing on data from 12 case studies of local responses to proposed new Spanish large dams the central role that the NIMBY syndrome plays within siting disputes is illustrated. Attention is given to the dynamics of emergence, continuity and change in framing strategies over time in controversy regarding large dams location, and to the implications of the EIA process in the conflict. The results reveal some major factors that contributed to the widespread NIMBY syndrome: 1) the limited opportunities for interested stakeholders to participate fairly and competently in the process, and 2) the attitudes of developers and public institutions.

*Keywords:* large dams; NIMBY; public participation; Spain.

## Introducción

Se entiende por síndrome NIMBY (acrónimo del término anglosajón "Not In My BackYard") el fenómeno de oposición social, organizada y persistente, a la realización de todo proyecto percibido como una amenaza a la calidad ambiental (Dear, 1992). Se trata, pues, de una reacción social que constituye, para unos, un negativo síntoma de una sociedad individualista que antepone sus propios intereses al bien común; para otros, al contrario, es una expresión de vitalidad y conciencia ciudadana, la manifestación de la exigencia de una cierta calidad de vida (Dear, 1992; Burningham, 2000).

El fenómeno NIMBY ha experimentado un importante crecimiento en las últimas décadas, pasando de afectar tímidamente a ciertas actuaciones consideradas "sucias" a convertirse en una reacción que acompaña inevitablemente a numerosos nuevos desarrollos, hasta convertirse hoy en un fenómeno ampliamente extendido en las sociedades industrializadas. Sus consecuencias sobre los procesos de toma de decisiones son cada vez más evidentes, comprometiendo con frecuencia la planificación, diseño y localización de actividades (Groupe One, 2001; Richman, 2001). Pese a su creciente importancia en España, su estudio y prevención apenas ha merecido atención hasta la fecha.

Con el propósito de caracterizar el fenómeno en nuestro país, se ha realizado un estudio sobre una muestra de proyectos de grandes presas españolas sometidas a Evaluación de Impacto Ambiental (EIA). El estudio se ha centrado en la detección de las causas que originan las situaciones de "NIMBYsmo" y su evolución cronológica, con especial énfasis en las implicaciones de la EIA en el fenómeno.

## Materiales y métodos

Se han seleccionado doce proyectos de grandes presas, que debían cumplir el requisito de haber sido sometidas a EIA. Los proyectos seleccionados pertenecen a las cuencas del Ebro (presas de Biscarrués, Itoiz, Jánovas, Lechago, Santaliestra y Yesa), Duero (Bernardos, Castrovido y Vidrieros), Guadalquivir (Breña II), Norte (Ibiur) y Miño (Sela). En dichos proyectos se ha procedido a:

- Recopilar información sobre los principales hitos en el procedimiento seguido durante la aprobación de los proyectos y durante la EIA (con especial atención a las etapas de consultas previas e información pública), a partir de los correspondientes expedientes administrativos.
- Recabar información de las diferentes organizaciones sociales implicadas sobre la dinámica del origen de la oposición y su argumentación, así como de la evolución de tales motivaciones en el tiempo.
- Obtener un registro de todas las acciones de oposición llevadas a cabo por dichas organizaciones. El conjunto de acciones obtenido se ha tipificado de acuerdo con la clasificación establecida por Groupe One (2001).
- Obtener una relación de las actuaciones llevadas a cabo por el promotor en relación con la actividad de la oposición y sus demandas.

La información sobre las acciones de la oposición y del promotor se ha organizado cronológicamente, y se ha relacionado con las distintas etapas del proceso de EIA.

## Resultados y discusión

### 1. Origen y estrategias de la oposición

El origen de las situaciones de "NIMBYsmo" observadas en la muestra es diverso y complejo. Existe un problema, al menos inicial, de percepción. El fenómeno es consecuencia de la estigmatización que caracteriza a las presas, y del miedo anticipado ante sus posibles efectos (reacciones similares han sido observadas por Edelstein [2004] en Estados Unidos). Desde la perspectiva local, existe un conflicto de proximidad; el proyecto es visto como un acto de violencia inherente al lugar y a la comunidad. El conflicto inicial se alimenta considerablemente del clima de desconfianza que produce la falta de información sobre las actuaciones a realizar, existiendo además otros factores que favorecen la aparición del conflicto, como los antecedentes y personalidad mostrada por el promotor en otros casos, la escasa transparencia de los procedimientos administrativos, o el generalizado sentimiento de discriminación respecto a las localidades usuarias del agua embalsada.

La reacción del público afectado ante esta situación ha consistido en organizar la oposición, mediante la constitución de asociaciones contrarias al proyecto, en once de los doce casos estudiados. Se trata de movimientos de resistencia muy localizados cuyo propósito es la defensa de intereses particulares –discurso "proteccionista", según Groupe One (2001)–. Estas asociaciones locales se han fortalecido posteriormente, en sus argumentos y acciones, mediante el establecimiento de vínculos con otras organizaciones de carácter más amplio y de implantación nacional (Greenpeace, Ecologistas en Acción, Coordinadora de Afectados por Grandes Embalses y Trasvases –COAGRET–, Fundación Nueva Cultura del Agua). Este fortalecimiento suele ir acompañado

de la adopción de objetivos de oposición más amplios, basado en un discurso de naturaleza "conservacionista", que denuncia los efectos ambientales, la sostenibilidad del proyecto o su viabilidad económica. Se observa asimismo mayor coordinación de los movimientos de la oposición, con un efecto multiplicador tanto en el número de acciones como en su influencia sobre el proyecto. El fenómeno observado guarda extraordinarias semejanzas con los ocurridos en otros países industrializados, como el movimiento Justicia Ambiental en Estados Unidos (Bullard, 1993) o el movimiento anticarreteras en el Reino Unido (Birmingham, 2000; Drury et al., 2003).

El registro de las acciones de oposición muestra una notable variedad de tipos (tabla 1), de los que merecen destacarse:

- Acciones de "perfil bajo", según describe Groupe One (2001). Se entiende por tales las acciones de movilización ciudadana, ajenas a cualquier marco reglamentario, dirigidas a manifestar públicamente la oposición al proyecto. Son, numéricamente, las más importantes (tabla 1), e incluye desde clásicas manifestaciones a diversas acciones de carácter simbólico (actividades lúdicas, encierros, huelgas de hambre, desórdenes públicos, boicots, etc.).
- Estrategias basadas en recursos ante la Justicia u otros órganos de control, entre los que cabe mencionar contenciosos administrativos en las fases de información pública y DIA, querrelas criminales, o quejas ante instituciones nacionales e internacionales (por ejemplo, Comisión Europea, secretariado del Convenio de Berna, Defensor del Pueblo, órganos de control autonómicos o nacionales).
- Acciones de comunicación, dirigidas a dar a conocer el conflicto, y a lograr repercusión mediática.
- Peticiones al promotor o administraciones competentes, con frecuencia demandando mayor información sobre el proyecto, o solicitando alcanzar una solución negociada.
- Elaboración de estudios alternativos por parte de las asociaciones implicadas en el conflicto, habitualmente como respuesta a la escasa información sobre el proyecto o a la credibilidad que le merece la misma.

TABLA 1  
Tipología general de las acciones de oposición

Tipo de acción	N.º (%)
Acciones de "perfil bajo"	219 (63,7)
Recursos y quejas	45 (13,1)
Acciones de comunicación	42 (12,2)
Solicitudes al promotor y otros	29 (8,4)
Elaboración de informes alternativos	9 (2,6)

La evolución de estas acciones respecto al proceso de EIA muestra escasa actividad en el período anterior al inicio de la EIA (figura 1), excepto en determinados proyectos con una larga trayectoria previa al proceso (Jánovas, Lechago, Sela, Vidrieros). Esta escasa actividad se mantiene una vez iniciada la EIA, en sus etapas de consultas previas y de redacción del EsIA. La participación en el proceso de *scoping* de las organizaciones de carácter local es limitada. El porcentaje de respuesta a las consultas por parte de los ayuntamientos es de apenas el 21,8%, y aún más bajo el de las asociaciones locales (7,5%). La representatividad de los resultados del proceso de consultas es, pues, cuestionable, y su influencia en la anticipación de situaciones de "NIMBYsno", escasa.

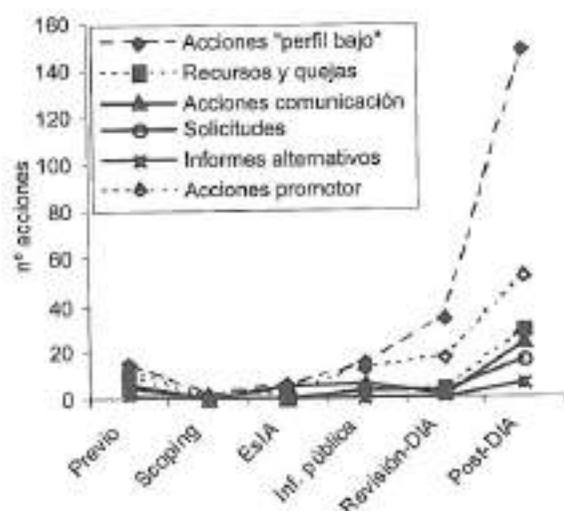


Figura 1. Evolución de las acciones de oposición y promotor durante el proceso de EIA.

El período de Información Pública supone en la mayoría de casos la toma de conciencia sobre la inminencia del proyecto, y el despegue de la actividad NIMBY (figura 1), atribuible en gran medida a la escasa o nula información disponible hasta ese momento, a las dificultades para el acceso a la información, y al formato del propio procedimiento de información pública, que imposibilita el diálogo directo entre afectados y promotor. Las alegaciones más frecuentes son las que cuestionan la viabilidad ambiental del proyecto (94,05%); asimismo, una pequeña proporción plantea alternativas (4,3%) y sólo algunas cuestionan los contenidos del EsIA (1,65%). El rechazo manifestado a la construcción del proyecto es, pues, mayoritario, siendo escasos los alegantes que se pronuncian favorablemente.

En el período de revisión de la información, se aprecia un crecimiento moderado de las acciones reivindicativas de "perfil bajo", pero a la vez un des-

censo de otros tipos de actividad de oposición (judicial, informativa, etc.), actitud que responde a la expectativa que genera una posible decisión administrativa favorable. La actividad posterior a la DIA se caracteriza por la intensificación en los diferentes frentes en que actúa la oposición (figura 1), en particular el crecimiento de la movilización ciudadana y el peso que adquieren los recursos judiciales. El conjunto de acciones observadas obedece principalmente a dos propósitos: lograr la paralización del inicio o el normal desarrollo de las obras, y acelerar el proceso para el cobro de indemnizaciones o la aplicación de las medidas compensatorias.

## 2. Evolución de la actividad NIMBY (1988-2005)

Los resultados revelan un fuerte crecimiento del fenómeno NIMBY desde la puesta en marcha del procedimiento de EIA en España (figura 2). Las organizaciones presentan mayor poder de movilización ciudadana y capacidad para la comunicación de sus reivindicaciones y acciones, creciendo también la demanda de información al promotor y a otras administraciones. Merece destacar en particular, por sus crecientes consecuencias sobre los proyectos, el notable aumento de los recursos judiciales interpuestos. Este crecimiento es consecuencia de los mayores recursos disponibles en las organizaciones, su mejora en capacidad organizativa, y su mayor nivel de exigencia en relación con la calidad ambiental.

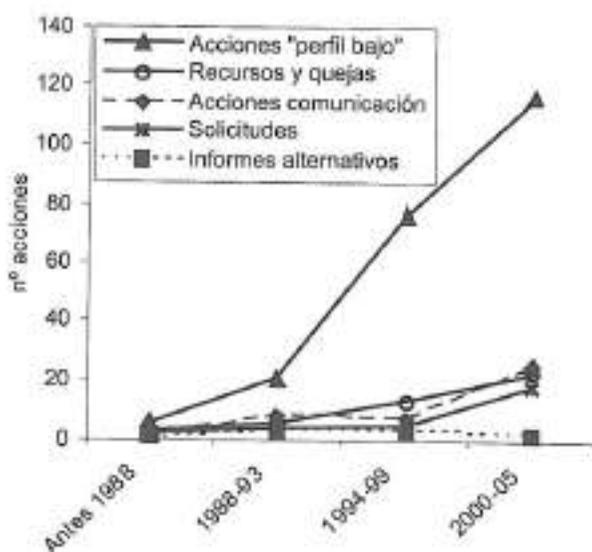


Figura 2. Evolución de las acciones NIMBY en el periodo 1988-2005.

### 3. Papel del promotor en el conflicto

La respuesta del promotor a la oposición generada es, en general, modesta, y se ciñe a la negociación de algunos términos del proyecto, el acuerdo sobre indemnizaciones u otras compensaciones, la entrega de documentación adicional a los afectados, o bien visitas a la zona o entrevistas. En ocasiones, el promotor muestra hostilidad hacia las localidades afectadas (abandonos forzados en Jánovas e Itoiz, o interposición de acciones judiciales contra la población).

La respuesta del promotor durante el conflicto (figura 1) apenas registra cambios a lo largo del proceso de EIA, ni en sus primeras etapas, ni incluso una vez se intensifica la oposición tras la información pública. Es una vez resuelta la DIA (si ésta es positiva) cuando el promotor reacciona ante la fuerte actitud de rechazo. Sus acciones, sin embargo, no logran la atenuación del creciente clima de oposición.

En síntesis, los modos y comportamiento mostrados por el promotor se ajustan notablemente a la estrategia conocida como "DAD" (Richman, 2001; véase figura 3). A esta estrategia reacciona la oposición cuestionando, primeramente, la necesidad del proyecto; aun cuando el proyecto pueda ser considerado necesario, se creen inadecuadas tanto las características del proyecto como la elección de su emplazamiento; finalmente, se produce una reacción de denuncia de los potenciales efectos ambientales de proyecto (figura 3).

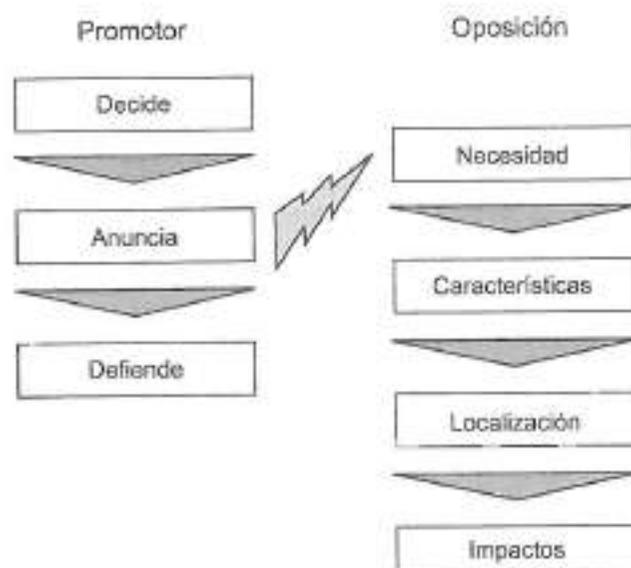


Figura 3. Esquema conceptual de la estrategia empleada por el promotor (estrategia «DAD») y de la argumentación de la oposición.

## Conclusiones

Existen numerosos factores que explican la aparición y persistencia del fenómeno NIMBY en los proyectos estudiados, entre los que cabe destacar los importantes defectos de comunicación inherentes a la reglamentación vigente, que se concretan en su carácter tardío y su inaccesibilidad. Juegan un papel importante asimismo el sentimiento de frustración ante el desequilibrio en el proceso de decisión: el público se enfrenta con procesos estructurados y organizados, carentes de un instrumento precoz de relación entre las partes. La desconfianza que generan los antecedentes del promotor, la escasa credibilidad que ofrece la documentación aportada, o el sentimiento de discriminación respecto a las localidades destinatarias del agua, ejercen también un relevante papel en los casos estudiados.

La estrategia adoptada por el promotor, estrictamente reglamentaria, está orientada a legitimar el proyecto, más que a alcanzar acuerdos. La reacción de oposición es, en estas circunstancias, la respuesta más racional de unos ciudadanos vigilantes por la calidad de sus comunidades. El fenómeno, lejos de aminorar, está ganando con el tiempo recursos y capacidad organizativa, y por tanto influencia en los resultados de la decisión (no en vano, tres de las presas estudiadas obtuvieron una DIA desfavorable, relacionada directamente con la actividad de la oposición; otras dos han sido abandonadas definitivamente a consecuencia de las acciones judiciales interpuestas por colectivos de afectados).

El papel del proceso de EIA en la aparición del problema NIMBY ha sido escaso, como escasa ha sido también su capacidad para prevenir o mitigar los conflictos. Las primeras etapas del procedimiento, propicias para incorporar al proceso a los posibles afectados, se caracterizan, sin embargo, por la modesta implicación de los mismos. El período de información pública reúne rasgos que facilitan la activación del conflicto: carácter tardío, formato difícilmente compatible con la implicación positiva de los afectados, y escasa representatividad del resultado. El elemento de discusión es, además, un proyecto sin alternativas y con lagunas informativas. La falta de respuesta adecuada de promotor y administraciones facilita la intensificación de la oposición, incluso después de iniciadas la obras o concluida su ejecución.

En síntesis, el fenómeno NIMBY presenta una serie de rasgos comunes en los casos estudiados que deberían permitir el diseño de estrategias de prevención y mitigación.

## Bibliografía

- Bullard, J. (Ed.) (1993): *Confronting Environmental Racism, Voices from the Grassroots*, South End Press, Boston.
- Burningham, K. (2000): "Using the language of NIMBY: a topic for research, not an activity for researchers", *Local Environment*, 5(1): 55-67.

- Dear, M. (1992): "Understanding and overcoming the NIMBY syndrome", *Journal of the American Planning Association*, 58(3): 288-300.
- Drury, J.; Reicher, S., & Stott, C. (2003): "Transforming the boundaries of collective identity: from the 'local' anti-road campaign to 'global' resistance?", *Social Movement Studies*, 2(2): 191-212.
- Edelstein, M. R. (2004): "Sustainable innovation and the siting dilemma: thoughts on the stigmatization of projects and proponents, good and bad", *Journal of Risk Research*, 7(2): 233-250.
- Groupe One (2001): *Etude comparative de la prévention et de la gestion du NIMBY: monographies de cas en Wallonie et à l'étranger*. Ministre Wallon de l'Aménagement du Territoire, de l'Urbanisme et de l'Environnement. Wallonie.
- Lidskog, R. (1997): "From conflict to communication? Public participation and critical communication as a solution to siting conflicts in planning for hazardous waste", *Planning Practice & Research*, 12(3): 239-249.
- Richman, B. D. (2001): "Mandating negotiations to solve the NIMBY problem: a creative regulatory response", *UCLA Journal of Environmental Law & Policy*, 20: 223-236.



# LA EVALUCIÓN AMBIENTAL EN EL PROCEDIMIENTO DE APROBACIÓN DE LOS PLANES GENERALES DE ORDENACIÓN URBANA<sup>1</sup>

Bernaldo de Quirós Miranda, T.

Evaluación Ambiental, S. L.

C/. Lagasca, 105, 1.ª Dcha. - 28000 Madrid (España)

Teléfonos: 91 91 782 18 60 / 661 2951 63 - Fax: 91 411 17 92

e-mail: tbernaldo@evaluacionambiental.es

## Resumen

La Directiva 2001/42/CE del Parlamento Europeo y del Consejo de 27 de junio de 2001, relativa a la evaluación de los efectos de determinados planes y programas en el medio ambiente, introduce en el marco europeo el denominado proceso de "evaluación ambiental estratégica".

Entre los planes y programas que la Directiva dispone que deben someterse a procedimiento ambiental, se encuentran aquellos que se elaboren en materia de ordenación del territorio urbano y rural.

La Directiva 2001/42/CE dispone que los Estados miembros deberán poner en vigor las disposiciones legales, reglamentarias y administrativas necesarias para dar cumplimiento a lo establecido en dicha Directiva antes del 21 de julio de 2004.

En el presente documento se hace un breve análisis de la transposición del contenido de la Directiva al ordenamiento jurídico español, y en concreto en lo que se refiere al procedimiento de aprobación de los Planes Generales de Ordenación Urbana, en lo sucesivo PGOU, con el fin de estudiar cómo se introducen los parámetros establecidos por la Directiva 2001/42/CE a la hora de aprobar el planeamiento urbanístico general.

---

<sup>1</sup> Acepción general, si bien en algunas Comunidades Autónomas se denominan de distintas maneras.

Como ejemplo práctico de esta interrelación, se expone el procedimiento de aprobación de los PGOU, en la Comunidad Autónoma de Madrid, de acuerdo a la Ley 9/2001, de 17 de julio, del Suelo, y a la Ley 2/2002, de 19 de junio, de Evaluación Ambiental de la Comunidad de Madrid.

## Introducción

Este artículo es consecuencia de la comunicación presentada en el III Congreso Nacional de Evaluación de Impacto Ambiental celebrado en Pamplona entre el 6 y el 9 de abril de 2005, cuyo título era *"Transposición de la Directiva 2001/42/CE del Parlamento Europeo y del Consejo de 27 de junio de 2001, relativa a la evaluación de los efectos de determinados planes y programas en el medio ambiente al ordenamiento jurídico español. Aplicación práctica al procedimiento de aprobación de los Planes Generales de Ordenación Urbana"*.

En dicha comunicación se hacía un análisis de la legislación vigente de aplicación en materia ambiental y urbanística en las Comunidades Autónomas (en adelante CCAA), incluyendo la legislación estatal, con el fin de elaborar un diagnóstico de la transposición de la Directiva 2001/42/CE al ordenamiento jurídico español.

Los pasos que seguidos para la elaboración de tal diagnóstico se detallan a continuación:

1. Estudio de la Directiva 2001/42/CE del Parlamento Europeo y del Consejo de 27 de junio de 2001, relativa a la evaluación de los efectos de determinados planes y programas en el medio ambiente.
2. Estudio de la legislación estatal y autonómica de carácter ambiental.
3. De la comparativa del contenido de la Directiva y de la legislación española de carácter ambiental, se obtienen una serie de resultados que permiten dictaminar que CCAA han transpuesto la citada Directiva.
4. Estudio de la legislación urbanística autonómica.
5. Del estudio de la legislación urbanística autonómica se obtiene como resultado qué CCAA someten a procedimiento ambiental la aprobación de los PGOU.

Entre las CCAA que someten a procedimiento ambiental la aprobación de los PGOU se encuentra la Comunidad Autónoma de Madrid, denominando a dicho procedimiento "Análisis Ambiental de planes y programas" (Ley 2/2002, de 19 de junio, de Evaluación Ambiental de la Comunidad de Madrid).

En el presente documento, se analiza con un mayor detenimiento la incidencia del medio ambiente en la elaboración, tramitación y aprobación de los PGOU, y en concreto en la Comunidad Autónoma de Madrid.

## Resultados y discusión

### 1. Necesidad del sometimiento de los PGOU a procedimiento ambiental

La Directiva 2001/42/CE fue elaborada a partir del V Programa Comunitario de actuación en materia de Medio Ambiente hacia un desarrollo sostenible. El objetivo de este Quinto Programa es transformar el modelo de crecimiento de la Comunidad, a fin de fomentar el desarrollo sostenible, es decir, un desarrollo que responda a las necesidades actuales sin poner en peligro la capacidad de las generaciones futuras. Para ello la Comunidad en el V Programa, considera la importancia de valorar los posibles efectos medioambientales de determinados planes y programas.

El artículo 3.2.a) de la Directiva dispone que serán objeto de evaluación medioambiental todos los planes y programas que se elaboren con respecto a la ordenación del territorio urbano y rural o la utilización de suelo y que establezcan el marco para la autorización en el futuro de proyectos enumerados en los anexos I y II de la Directiva 85/37/CEE.

El PGOU es el instrumento mediante el cual se ordena urbanísticamente el territorio de un municipio en España. Es decir, que se establecen los elementos fundamentales de la estructura general del territorio y clasifica y califica el suelo otorgándole un régimen jurídico urbanístico.

Por consiguiente, el PGOU ordena el suelo del municipio y mediante la calificación urbanística atribuye la utilización del mismo, siendo, tal y como establece la Directiva 2001/42/CE, marco para la autorización en el futuro de proyectos enumerados en los anexos I y II de la Directiva 85/37/CEE.

En consecuencia, los PGOU deberán someterse a las premisas establecidas en la Directiva 2001/42/CE.

### 2. Análisis del procedimiento de aprobación de los PGOU en las Comunidades Autónomas

La Directiva 2001/42/CE dispone que los Estados miembros deberán poner en vigor las disposiciones legales, reglamentarias y administrativas necesarias para dar cumplimiento a lo establecido en dicha Directiva antes del 21 de julio de 2004.

En el ordenamiento jurídico español, se observa la existencia de una gran diversidad de supuestos, ya que a pesar de que todavía no haya sido transpuesta al ordenamiento español, algunas CCAA se han adelantado promulgando leyes de protección ambiental que hacen referencia o incluso regulan el procedimiento de evaluación ambiental estratégica.

A día de hoy, cuatro son las Comunidades que establecen procedimientos específicos para planes y programas, éstas son:

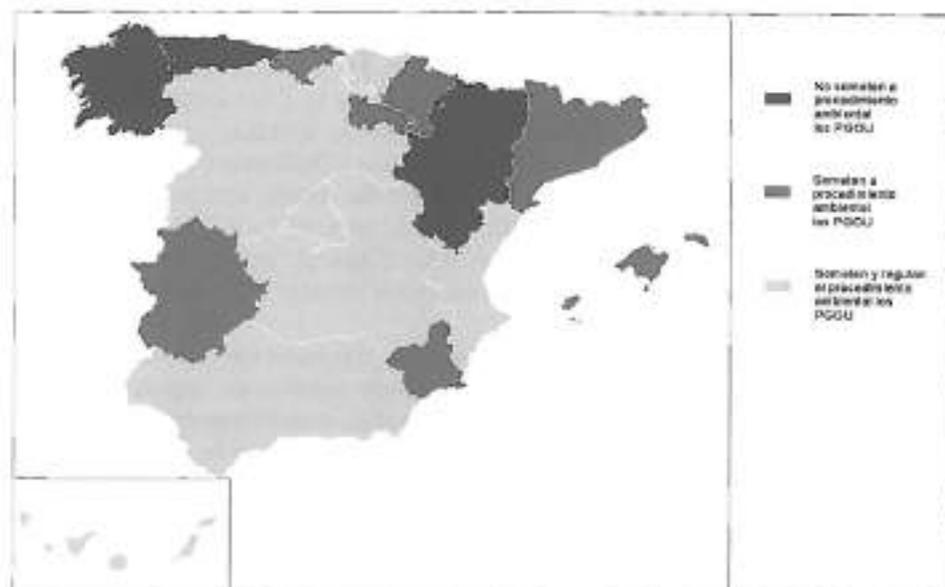
- Castilla-La Mancha. Procedimiento de evaluación preliminar.
- Castilla-León. Procedimiento de evaluación estratégica previa.
- Madrid. Procedimiento de análisis ambiental.
- Navarra. Procedimiento de evaluación ambiental estratégica.

Si bien cabe decir que la Ley Foral 4/2005, de 22 de marzo, de Intervención para la Protección Ambiental, establece en el artículo 34 que se deberá concretar reglamentariamente la tramitación de la evaluación ambiental estratégica para cada uno de los planes o programas.

Además, se debe hacer mención especial a La Rioja dado que en el preámbulo de la Ley 5/2002, de 8 de octubre, de Protección del Medio Ambiente, dispone que se incorpora la Directiva 2001/42/CE. Sin embargo, la única referencia a la Directiva se encuentra en el artículo 6 sometiendo a evaluación de impacto ambiental los planes y programas relacionados en la propia Directiva. Por tanto, se puede entender que conceptualmente se transpone, no obstante la evaluación de impacto ambiental y la metodología aplicada para dicho procedimiento, no se pueden equiparar al informe medioambiental requerido por la reiterada Directiva.

De este mismo modo existen diversas CCAA que someten a procedimiento ambiental los PGOU; sin embargo, la regulación que hacen dichas comunidades difiere en gran manera unas de las otras.

Si se hace un análisis de la legislación vigente en las CCAA, se observa que existen distintas formas de actuar. De este modo se puede distinguir entre aquellas comunidades que no establecen el sometimiento de la aprobación de los PGOU a procedimiento ambiental (si bien para determinados supuestos prevén la elaboración de informes de carácter ambiental), aquellas que sí lo establecen pero sin regular un procedimiento específico y, por último, aquellas que prevén o integran dentro del propio procedimiento urbanístico de aprobación, el procedimiento ambiental de los PGOU.



*Sometimiento a procedimiento ambiental de los PGOU en el ordenamiento jurídico español*

### 3. Análisis ambiental de los PGOU en la Comunidad Autónoma de Madrid

En la Directiva 2001/42/CE se pone de manifiesto la necesidad de introducir el medio ambiente como elemento de toma de decisiones desde el inicio de la elaboración del plan o programa, obligando a la realización de un informe medioambiental e incorporando al órgano ambiental, ejerciendo una labor de control, en el procedimiento de aprobación del plan o programa a pesar de que el contenido de éste no sea de su competencia.

La Comunidad de Madrid ha sabido incorporar las necesidades captadas por la Directiva al procedimiento de aprobación de los PGOU, haciendo que el urbanismo y el medio ambiente avancen simultáneamente. Por ello seguidamente pasa a desarrollarse el análisis ambiental de los PGOU en la Comunidad de Madrid como ejemplo de integración de los requisitos establecidos en la Directiva en los procedimientos de aprobación de los PGOU.

La Ley 2/2002, de 19 de junio, de Evaluación Ambiental de la Comunidad de Madrid, dispone en su artículo 12 que deberán someterse a Análisis Ambiental, con carácter previo a su aprobación, los planes y programas de la Administración Autonómica o Local que se desarrollen en el ámbito territorial de la Comunidad y que se encuentren entre los comprendidos en el Anexo Primero o que resulten de la aplicación de lo dispuesto en los artículos 5 y 6 de esta

Ley. En el número 1 del Anexo I, letra K, se recogen los planes de ordenación del territorio urbano y rural; y en particular el artículo 21 de la Ley 2/2002, establece el procedimiento de análisis ambiental del planeamiento urbanístico. Además la Ley 9/2001, de 17 de julio, del Suelo de la Comunidad de Madrid, regula en los artículos relativos al procedimiento de aprobación de los PGOU (arts. 56 y 57), la necesidad de los Informes Previos y Definitivos de Análisis Ambiental de la Consejería competente en materia de medio ambiente. Ratificando la obligatoriedad establecida anteriormente, el artículo 43, regula la documentación necesaria que debe tener un Plan General, estableciendo que en todo caso entre los documentos necesarios debe constar el Informe de Análisis Ambiental.

Por tanto, la aprobación del Plan General precisará del correspondiente Estudio de Incidencia Ambiental, (cuyo contenido mínimo se regula en el artículo 16 de la Ley 2/2002), así como todas aquellas cuestiones que sean exigidas por la normativa ambiental específica de aplicación en la Comunidad de Madrid y, al menos, aquellas relacionadas con el saneamiento, depuración, evacuación de aguas pluviales, residuos y contaminación acústica (art. 21 de la Ley 2/2002).

### **Formulación del Plan General**

La Ley 9/2001, en su artículo 56.1, establece que cuando los trabajos de elaboración de un instrumento de planeamiento hayan adquirido el suficiente grado de desarrollo que permita formular los criterios, objetivos y soluciones generales de ordenación, podrán formalizarse con la denominación de Avance. No obstante, el espíritu de la Ley 2/2002 tiene por objeto incardinar los resultados de los estudios ambientales con las decisiones adoptadas por el equipo urbanístico, para el diseño de un modelo de Plan General acorde con los resultados del diagnóstico ambiental elaborado. Esto hace necesario que el Avance y el Estudio de Incidencia Ambiental, así como los respectivos estudios sectoriales, se elaboren en esta fase, puesto que los estudios ambientales van a condicionar en gran manera la ordenación. De esta manera, se consigue que la documentación del Avance integre en su totalidad las medidas ambientales resultantes de los estudios elaborados, tanto en criterios de ordenación, documento de Normas Urbanísticas como en las fichas urbanísticas.

El documento de Avance, que incluirá el Estudio de Incidencia Ambiental, y los demás estudios sectoriales como parte integrante del mismo, se someterá a información pública en el en el Boletín Oficial de la Comunidad de Madrid por un plazo mínimo de treinta días (art. 18 de la Ley 2/2002 y 56.3 de la Ley 9/2001). Finalizado el período de información pública, si se han recibido sugerencias y alegaciones, éstas deben ser remitidas en un plazo no superior a quince días, a la Dirección General de Calidad y Evaluación Ambiental (en lo sucesivo DG.CyEA). En el momento previo a iniciar la información pública, el

Ayuntamiento debe enviar a la DG.CyEA, la documentación que se vaya a someter a exposición al público.

Como resultado de este proceso, la DG.CyEA, emite en un plazo de tres meses el Informe Previo de Análisis Ambiental (IPAA). Si antes de emitir el IPAA, la DG.CyEA, considera que el mismo debe ser desfavorable, o que deben imponerse medidas correctoras, se dará traslado de la propuesta de informe al Ayuntamiento, para que en el plazo de diez días, pueda formular las alegaciones que estime pertinentes (art. 19 de la Ley 2/2002). Recibidas las alegaciones, éstas se incluirán junto a sus respectivas contestaciones en el IPAA, conformando el contenido de este informe, junto al informe técnico (o consideraciones ambientales, como así lo denomine el informe) y al establecimiento de las condiciones vinculantes establecidas por la DG.CyEA.

Una vez finalizados los dos trámites mencionados anteriormente, el Ayuntamiento podrá proceder a la aprobación del Avance, que conforme a lo regulado en el artículo 56.4 de la Ley del Suelo, sólo tendrá efectos administrativos internos y en las relaciones entre las Administraciones Públicas que hayan intervenido en su elaboración. (El Avance deberá expresar el resultado de los trámites de información pública e informe de la DG.CyEA, y, en particular, la incidencia de éste en el contenido definitivo del Avance.)

### **Tramitación del Plan General**

El procedimiento de aprobación de los Planes Generales, propiamente dicho, se inicia mediante acuerdo de aprobación inicial adoptado por el Pleno del Ayuntamiento, de oficio y a iniciativa propia o en virtud de moción deducida por cualquier otra Administración pública territorial. Este acuerdo tiene que expresar la adecuación o no de la documentación del Plan al Avance previamente aprobado, indicando, en su caso y con precisión, las variaciones introducidas (art. 57.a) de la Ley 9/2001).

Aprobado Inicialmente el Plan General, se someterá a información pública junto con los estudios ambientales, iniciándose la fase de consultas a los organismos sectoriales. Los resultados de los informes sectoriales, deben cerrar el documento de Aprobación Inicial, que volverá a ser enviado a la DG.CyEA, para la obtención del Informe Definitivo de Análisis Ambiental (IDAA). En el supuesto de que los cambios resultantes en esta fase, supusieran una modificación sustantiva del Plan General, éste tiene que volver a someterse a información pública y serán precisos nuevos informes, según lo dispuesto en la letra c del artículo 57 de la Ley del Suelo.

Una vez el documento de aprobación inicial y los estudios ambientales sean recibidos en la DG.CyEA, se procederá a la formulación del IDAA.

Una vez emitido el IDAA, se cierra el documento urbanístico y la actualización de los estudios ambientales, promulgándose la Aprobación Provisional del Plan General por el Pleno del Ayuntamiento.

## Aprobación del Plan General

Para proceder con la Aprobación Definitiva del Plan General, el Ayuntamiento remitirá a la Dirección General de Urbanismo y Planificación Regional el PGOU. Previamente a la aprobación definitiva, la Comisión de Urbanismo, examinará el Plan, así como todos los trámites realizados hasta ese momento. En el caso en que aprecie la omisión o defectuosa celebración de algún trámite o la existencia de alguna deficiencia en el contenido sustantivo o la documentación del proyecto de Plan o de su modificación o revisión, ordenará la subsanación de los defectos o las deficiencias observadas, fijando o concediendo plazo al efecto. Dicha orden o el requerimiento suspenderán, hasta su cumplimiento efectivo, el plazo legal para la resolución sobre la aprobación definitiva (art. 62 de la Ley 9/2001).

### Órganos competentes para la aprobación definitiva

Órgano encargado de la aprobación definitiva	Cuándo	Trámites necesarios para la aprobación definitiva
Gobierno de la Comunidad de Madrid	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Alteraciones de las redes supramunicipales de infraestructuras, equipamientos y servicios públicos.</li> <li>- Cuando se produzca una disminución dentro de un ámbito de actuación, sector, unidad de ejecución o en el término de las zonas verdes o espacios libres.</li> </ul>	Informe de la Comisión de Urbanismo
Consejero de Medio Ambiente y Ordenación del Territorio.	Población de derecho igual o superior a 50.000 habitantes	Informe de la Comisión de Urbanismo
Comisión de Urbanismo	Población de derecho inferior a 50.000 habitantes	

El acuerdo de aprobación deberá publicarse en el Boletín Oficial de la Comunidad de Madrid.

El procedimiento regulado tanto en la Ley del Suelo como en la Ley de Evaluación Ambiental de la Comunidad de Madrid, se refleja en el siguiente diagrama:



El objetivo de la Directiva 2001/42/CE es la introducción en el proceso de elaboración y tramitación de determinados planes y programas de criterios ambientales que permitan adoptar una opción favorable al desarrollo sostenible, para lo cual se prevé el procedimiento de "evaluación ambiental estratégica".

El proyecto de Ley estatal de Evaluación de los efectos de determinados planes y programas en el medio ambiente establece que "serán objeto de evaluación ambiental los planes y programas, así como sus modificaciones, que puedan tener efectos significativos sobre el medio ambiente y que cumplan los dos requisitos siguientes:

1. Que se elaboren o aprueben por una Administración Pública.
2. Que su elaboración y aprobación venga exigida por una disposición legal o reglamentaria o por acuerdo del Consejo de Ministros o del Consejo de Gobierno de una comunidad autónoma".

En concreto especifica que se entenderá que tienen efectos significativos sobre el medio ambiente aquellos planes y programas que tengan cabida en determinadas categorías entre las que se encuentra aquellos que establezcan el marco para la futura autorización de proyectos legalmente sometidos a evaluación de impacto ambiental en materia de ordenación del territorio urbano y rural, o del uso del suelo.

Por tanto, cuando la futura Ley entre en vigor, los PGOU deberán someterse en todo el territorio español a procedimiento de evaluación ambiental.

Será necesario entonces, entrar a valorar cómo van a incidir las premisas ambientales establecidas en la futura Ley estatal de carácter de legislación básica en los procedimientos fijados por cada comunidad autónoma para la aprobación de los PGOU y para ejercer su competencia en materia de gestión del medio ambiente.

El procedimiento de aprobación de los PGOU establecido por la Ley 9/2001, de 17 de julio, del Suelo de la Comunidad de Madrid, es un buen ejemplo de la integración de los requerimientos de carácter ambiental en el procedimiento de aprobación de las figuras de planeamiento urbanístico.

## Bibliografía

- Santos Díez, R., y Castelao Rodríguez, J. (2002): *Derecho Urbanístico. Manual para Juristas y Técnicos*, 5.ª edición. El Consultor de los Ayuntamientos.
- Vigil de Quiñones, D.; Hernández Sánchez, I.; Otero Pastor, I.; Casermeiro Martínez, M.: "La evaluación de impacto ambiental en los instrumentos de ordenación del territorio y planeamiento urbanístico", *Revista de Derecho Urbanístico y Medio Ambiente*, núm. 211.

# EL IMPACTO ACÚSTICO DEL TRÁFICO RODADO: LEGISLACIÓN Y EFECTO SOBRE EL PLANEAMIENTO URBANÍSTICO

---

García de Polavieja, G.

Arquitecto Urbanista  
Director Técnico de TMA

## Introducción: la evaluación del impacto acústico del tráfico rodado

De modo relativamente reciente y como consecuencia de una progresiva y acertada sensibilización frente a la problemática del ruido, el tráfico rodado ha pasado a incluirse dentro de la legislación sobre prevención y control de la contaminación acústica<sup>1</sup>, más allá del control de la emisión sonora de los vehículos, en práctica desde los años 70 del pasado siglo.

Hoy en día, y según esta reciente normativa, a la hora de evaluar la afección sonora sobre el medio ambiente se ha de considerar plenamente la contribución del tráfico rodado en su conjunto, además del resto de fuentes tradicionalmente contempladas. Pero este avance legislativo se ha realizado sin evaluar con exactitud la magnitud de la contribución de dicha fuente sonora sobre medio ambiente de la ciudad y sin modificar, por tanto, los límites previamente establecidos para dar cabida a este nuevo foco de afección, independientemente de la voluntad existente de regularlo<sup>2</sup>.

---

<sup>1</sup> En el ámbito de la Comunidad de Madrid, esta normativa de aplicación es el Decreto 78/199, de Protección contra Contaminación Acústica.

<sup>2</sup> El Decreto 78/1999 hace mención en su preámbulo a la duplicación de la energía acústica (+3 dBA en términos generales) producida en los países industrializados

Esta exclusión existente en la normativa anterior venía motivada por el hecho de que el tráfico rodado constituía y constituye la principal fuente de ruido ambiental en la ciudad, muy por delante del resto de actividades productivas y de ocio (a excepción de áreas muy concretas de la ciudad, sometidas al ruido generado en focos singulares de contaminación acústica: aeropuertos, áreas industriales o áreas de actividad terciaria especialmente ruidosa), siendo, a su vez, un sistema imposible de regular sin debilitar su función vertebradora como principal medio de transporte e instrumento fundamental de la actividad urbana.

La filosofía entonces era ésta: la emisión sonora del tráfico rodado debe regularse en la práctica y para no generar efectos no deseables o asumibles, mediante el control del ruido motor de los vehículos, ya fuera mediante la homologación de sus características de diseño de modo previo su fabricación o, posteriormente, mediante el control puntual o periódico de la emisión de dichos vehículos, una vez que ruedan por calles y carreteras. El pretender incidir sobre la composición y características del propio tráfico y de la vía urbana como elemento en sí, excedía los objetivos de la normativa anterior.

## Efectos sobre el planeamiento urbanístico

Pero el problema va más allá cuando esta legislación se comienza a aplicar para regular la distribución territorial de usos que se realiza en el planeamiento urbanístico, disciplina de enorme complejidad, sujeta a multitud de factores no sólo ambientales, sino económicos, sociales y de orden jurídico, para la que la irrupción de estas nuevas y exigentes regulaciones está teniendo un importante efecto de desequilibrio, en casos contraproducente para los objetivos de calidad ambiental generales.

Con la normativa actual en la mano y, especialmente, con la interpretación que de ésta se hace hoy en día por parte de la Administración, tan sólo son admisibles hoy en día las configuraciones de ciudad extensiva y de baja densidad, con un sistema viario de acceso y colector muy sobredimensionado y diseñado para acoger un escaso tráfico (única posibilidad de ceñirse a los niveles de emisión sonora establecidos como límites al exterior) y cuyo viario principal ha de proyectarse con enormes reservas de suelo a modo de franjas de transición acústica, con medidas correctoras (barreras acústicas) que generan importantes discontinuidades urbanas o bien con la interposición de usos de menor sensibilidad en una proporción insostenible por la demanda real y con el riesgo de acabar zonificando la ciudad de modo estricto, según criterios ya superados

---

durante 20 últimos años para, posteriormente, establecer unas limitaciones 10 dBA más exigentes que las existentes hace 20 años.

<sup>1</sup> Decreto 1439/1972, de 25 de mayo, del Ministerio de Industria, y Reglamento número 9, de 17 de febrero de 1974, sobre prescripciones uniformes relativas a la homologación de vehículos a motor.

por el urbanismo contemporáneo por sus perversos efectos sobre el tejido urbano.

La diferencia que la normativa hace entre zonas consolidadas y nuevos desarrollos (o entre suelo urbano y urbanizable, matiz aparentemente sin importancia pero de gran relevancia en la práctica, que hace la Ordenanza General de protección del Medio Ambiente Urbano del Ayuntamiento de Madrid) asignando al primer grupo unos niveles máximos más tolerantes y, además, fijados como niveles objetivo y no como niveles límite no es suficiente: el escalón existente entre estos niveles objetivo y los niveles límite establecidos para los nuevos desarrollos urbanos es demasiado amplio (10 dBA por término general), fijándose para los segundos unos niveles inalcanzables en el medio urbano, especialmente mientras siga sometido a las emisiones sonoras de los medios de transporte actuales.

El Decreto 78/1999, de Protección contra la Contaminación Acústica de la CAM, exige para los nuevos desarrollos urbanísticos unos niveles sonoros máximos al exterior para uso residencial de 55 dBA día y 45 dBA noche. Una vía urbana colectora local con una IMD de 10.000 vehículos<sup>4</sup>, un porcentaje de vehículos pesados del 4% y una velocidad limitada a 50 km/h, necesitaría de una distancia<sup>5</sup> entre su eje y las viviendas de entre 50 y 100 m para garantizar los niveles Día y Noche exigidos, respectivamente (es decir, una sección de viario de 200 m, similar a la del Paseo de la Castellana para una vía de segundo orden). Dado que la sección tipo de este tipo de calles parte de una distancia entre el eje de la calzada a la fachada de las viviendas de 13 m, esta tipología de vía pública resulta completamente inviable. De hecho, invirtiendo el cálculo de propagación, esta sección de 26 m entre fachadas sólo sería viable desde un punto de vista acústico para una IMD inferior a los 210 vehículos, cuando en realidad se proyecta (con las lógicas adaptaciones) para capacidades de entre 1.000 y 20.000 vehículos diarios.

Este modelo de ciudad extensiva y zonificada que esta normativa está propiciando, además de consumir suelo, infraestructuras y energía de modo mucho más elevado que el modelo de ciudad tradicional o de sus reinterpretaciones más contemporáneas, es completamente ajeno a la tradición urbana de nuestro entorno. Es un modelo importado, caro (por tanto, más expuesto a la especulación), que consume en exceso un bien tan limitado como el suelo y, por tanto, injustificable desde criterios de sostenibilidad.

<sup>4</sup> Según la Instrucción de Vía Pública del Ayuntamiento de Madrid, se denomina vía Colectora Local aquella vía urbana proyectada para acoger entre 1.000 y 20.000 vehículos diarios, recomendando una sección tipo de 26 m de anchura con doble calzada para tráfico privado más un carril reservado al transporte público. Es la segunda categoría de viario urbano situada entre la denominada Vía Local de Acceso (IMD inferior a 1.000 vehículos) y el Viario Principal (IMD entre 20.000 y 110.000 vehículos).

<sup>5</sup> Calculada según el método NMPB-routes-96 recomendado por la Directiva Europea, otros métodos (ISO 9613/2 o CRTN británico) no difieren significativamente en el resultado.

Lo que se plantea, pues, no es renunciar a que la contaminación acústica sea un factor a tener en cuenta en el planeamiento urbanístico, debe serlo y de modo fundamental; pero sí que deje de ser el factor determinante por el efecto perverso de la imposición de unos niveles sonoros límite que no se ajustan a la realidad urbana existente ni a los criterios para los que fueron concebidos originalmente.

Es posible que los modelos de ciudad conocidos puedan y deban ser mejorados, pero es cuanto menos dudoso que su caducidad deba ser establecida por el efecto colateral de una legislación tan específica y hasta hace poco ajena a las propias disciplinas encargadas del estudio y diseño de la ciudad.

# EL SISTEMA ESPAÑOL DE EVALUACIÓN DE IMPACTO AMBIENTAL: NUESTRA POSICIÓN EN EL MUNDO

---

Martínez Orozco, J. M.

Dpto. Química y Medio Ambiente. Universidad Europea de Madrid  
C/ Tajo, s/n. - Villaviciosa de Odón - 28670 Madrid (España)  
Teléfono: 912115621 - Fax: 916168265  
e-mail: jmiguel.martinez@uem.es

## Resumen

Se realiza una evaluación de ciertos aspectos del proceso español de EIA mediante su comparación con otros sistemas actualmente en funcionamiento. Se ha seleccionado para ello una muestra de 52 países, a los que se ha aplicado un conjunto de indicadores relativos a la práctica en EIA. Los resultados revelan que la EIA española presenta una situación singular en el ámbito internacional, que resulta de la combinación de importantes carencias, semejantes a las que operan en sistemas con escasa tradición en EIA, y algunas fortalezas. España se encuentra hoy entre los principales "productores" de EIAs en el mundo, pero es también uno de los países industrializados que menos modificaciones legales ha introducido para subsanar las deficiencias prácticas. Muchas de ellas quedan aún pendientes.

*Palabras clave:* Evaluación de Impacto Ambiental; España; revisión comparativa.

## Abstract

This paper presents the results of an evaluation of certain aspects of the performance of the Spanish EIA system. For this purpose, parallels between the EIA system in Spain and in other countries have been established. The study is

based on a review of the EIA systems currently in force in 52 countries. A set of performance indicators was developed and applied to the assessment of these EIA systems. The results reveal that the Spanish EIA system is in a peculiar situation in the international arena, which is explained by the combination of major shortcomings and some advantages in EIA practice. Spain is one of the World's largest "producers" of EIAs, and one of the industrialized countries that least legislative amendments has introduced to remedy deficiencies in EIA practice. Many of these deficiencies still remain.

**Keywords:** comparative review; Environmental Impact Assessment; Spain.

## Introducción

El sistema de EIA que opera en España puede considerarse ya consolidado y adaptado al modo de hacer de administraciones públicas, promotores y público. Al amparo de la EIA ha surgido en España una importante y creciente actividad, tanto en las administraciones públicas como en las empresas. Su influencia sobre la planificación, diseño y ejecución de los proyectos es cada vez más determinante.

Por contra, la producción de literatura científica sobre EIA, en particular sobre su funcionamiento y eficacia, ha venido siendo ciertamente escasa. Cabe citar como antecedentes inmediatos en esta materia las aportaciones de Wood et al. (1996), Martínez (1997) o Hernández (2000), así como las valoraciones relativas a nuestro país recogidas en las revisiones quinquenales de la Comisión Europea (CEC, 1993; Wagner, 1997; CEC, 2003).

Cumplida la mayoría de edad de la EIA en España, ¿podemos considerar que el sistema ha alcanzado la madurez?, ¿cuál es nuestra situación respecto a la actual práctica internacional? El presente trabajo pretende aportar algunos elementos para la reflexión sobre estas cuestiones, basado en la revisión comparativa de los sistemas de EIA en diferentes regiones del planeta.

## Material y métodos

Se ha seleccionado una muestra de 52 naciones de todos los continentes, representativas de realidades socioeconómicas y políticas muy heterogéneas, y también de grados de desarrollo en materia de protección ambiental muy diversos (tabla 1). En Europa se distingue entre Estados miembros de la UE y extracomunitarios, dadas las notables diferencias en los respectivos sistemas de EIA. Esta muestra supone el 30% de las naciones que han legislado hasta la fecha sobre la cuestión.

TABLA 1  
Relación de países analizados en cada región del planeta

América	África	Asia	Europa (no UE) <sup>a</sup>	UE	Oceanía-Pacífico
Canadá	Costa de Marfil	Azerbaiyán	Bulgaria	Austria	Australia
Chile	Egipto	China	Chipre	España	Islas Marshall
Cuba	Ghana	Corea del Sur	Eslovaquia	Finlandia	Tonga
El Salvador	Mauricio	Filipinas	Georgia	Holanda	
Guatemala	Namibia	India	Islandia	Luxemburgo	
Guyana	Niger	Israel	Letonia	Portugal	
Honduras	Seychelles	Japón	Lituania		
México	Sudáfrica	Malasia	Malta		
Panamá	Túnez	Maldivas	República Checa		
Uruguay	Uganda	Omán	Rusia		
Venezuela		Vietnam	Suiza		

<sup>a</sup> Incluye países actualmente miembros de la UE, pero aún no incorporados a la misma en el momento de inicio del estudio (septiembre 2004).

El trabajo se desarrolla sobre la base de la normativa en EIA dictada por cada Estado, complementada con la consulta a expertos nacionales, asociaciones profesionales y administraciones competentes en EIA. El análisis de la información se ha basado en la aplicación de un conjunto de indicadores que hacen referencia a la actividad en EIA y al funcionamiento de las distintas etapas del proceso. Dichos indicadores están fuertemente inspirados en la propuesta de "mecanismos de control" formulada por Ortolano et al. (1987). El presente texto recoge sólo una pequeña parte de tales informaciones.

Los indicadores se utilizan posteriormente de forma comparativa para valorar las características del sistema español de EIA (entendiendo como tal el regulado en la normativa básica del Estado) y su estatus en el ámbito internacional.

## Resultados y discusión

### 1. La actividad en EIA

De acuerdo con los datos recopilados para el período 2000-2003, el número de EIAs ha experimentado en la muestra un fuerte crecimiento, hasta superar en 2003 las 200.000 evaluaciones. Proyectando estos datos al conjunto del planeta, la cifra total probablemente supere las 450.000 EIAs anuales.

España se sitúa entre los máximos "productores" de EIAs en la muestra y, con toda probabilidad, en el Mundo (figura 1). Los sistemas que preceden al español muestran cifras sorprendentemente altas, sólo explicables por los importantes

déficits del procedimiento (tanto en mecanismos de control, como en la participación pública, o en la influencia en la decisión), circunstancia que realza la privilegiada posición que ocupa el proceso español.

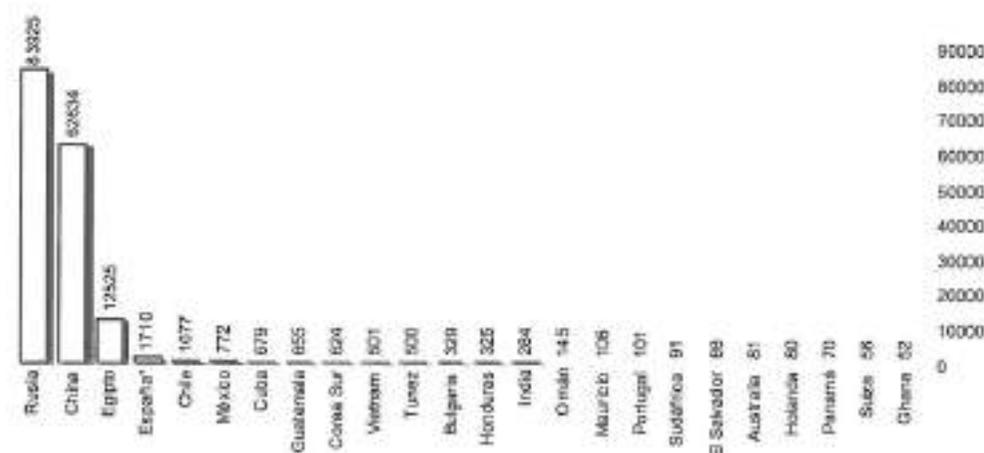


Figura 1. Media anual de EIAs en los países analizados en el periodo 2000-2003. Sólo se muestran aquellos con valor superior a 50 EIAs/año (\* a falta de los datos de dos Comunidades Autónomas).

## 2. Las primeras etapas del proceso de EIA (screening y scoping)

Para la selección de los proyectos objeto de evaluación (o "screening") se emplean todos los posibles procedimientos de selección, predominando los países que aplican un único mecanismo, bien "listas positivas", o bien estudio "caso por caso".

Los países con mayor trayectoria en EIA han optado por procedimientos mixtos, combinación de los dos anteriores. Sólo en dos casos este modelo se complementa con la elaboración de "listas negativas". La tipología de proyectos recogida en las legislaciones es muy variada, presentando España una posición privilegiada, similar a la del resto de países de la UE, consecuencia lógica de la transposición de la Directiva 97/11/CE, que recoge la mayor relación de proyectos susceptibles de EIA de cuantas se han elaborado hasta la fecha.

Por su parte, la determinación del alcance de la EIA (o scoping) muestra una notable diferencia regional, siendo los países europeos los que en mayor medida, y con mayor profundidad, han regulado la cuestión. Este procedimiento se apoya con frecuencia en la elaboración de unas directrices generales, o unos "términos de referencia", basados en decisiones administrativas. En la UE, y en menor medida en otras regiones, se refuerza esta etapa mediante consultas públicas.

En España se ha apostado por un formato de "consulta cerrada" a determinadas administraciones y organizaciones, circunstancia que contrasta con el modo de hacer de la mayoría de países de la UE analizados, e incluso con los de otras regiones. En éstos se dota al procedimiento de mayor transparencia mediante mecanismos abiertos de participación, en especial audiencias públicas, que permiten alcanzar un mayor consenso sobre las materias a evaluar y anticipar posibles situaciones conflictivas.

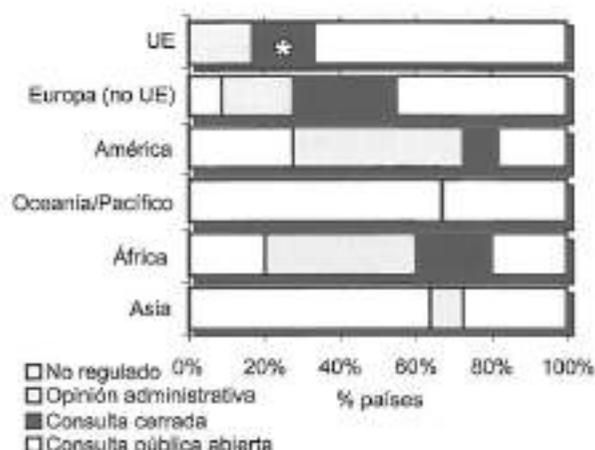


Figura 2. Procedimientos de establecimiento del alcance de la EIA (\* indica la situación española).

### 3. Control y revisión de los EslA

Los mecanismos para el control de la calidad de los EslA son poco frecuentes en la muestra. Así, los relativos al control de la aptitud de los redactores de los estudios, mediante la exigencia de algún tipo de acreditación previa, afecta a sólo el 13% de casos. En otro 13% se exige el mero registro previo de los autores del EslA, sin mayor requisito adicional.

La autoridad competente es la responsable última de determinar si la información del EslA es adecuada, función que realiza habitualmente sin apoyarse en procedimientos de revisión sistemática de los EslA, siendo más frecuente que recurra a la asesoría externa para mejorar su eficacia. Destacan numéricamente (58%) las consultas a otras administraciones o instituciones con información ambiental relevante. En un 25% de casos se recurre adicionalmente a la consulta a expertos en materias diversas. La constitución de comisiones asesoras, formadas por expertos, es, debido a su elevado coste y gestión, inusual (12%).

España se encuentra en el amplio grupo de países que no ha adoptado disposiciones específicas para controlar los EslA, siendo uno de los países de la UE que menor desarrollo ha alcanzado en esta materia (véase CEC, 2003).

#### 4. Participación pública en la EIA

La participación pública durante la EIA registra una gran variedad de planteamientos (figura 3). Se aprecia una tendencia generalizada, en los países con mayor experiencia en EIA, hacia la diversificación y flexibilización de los mecanismos de participación. Predominan los formatos de audiencias públicas, más o menos formales, que complementan siempre a algún otro mecanismo de contacto.

Son de destacar los procedimientos de participación activa que se desarrollan en diferentes regiones, en los que se implica fuertemente al público en la búsqueda de consenso, o incluso se produce una toma de decisiones compartida. La flexibilización de los enfoques de participación en beneficio de una mayor eficacia y democratización de las decisiones, se refleja, por ejemplo, en la ausencia de plazos preestablecidos y en el empleo de diversos métodos apropiados a cada caso.

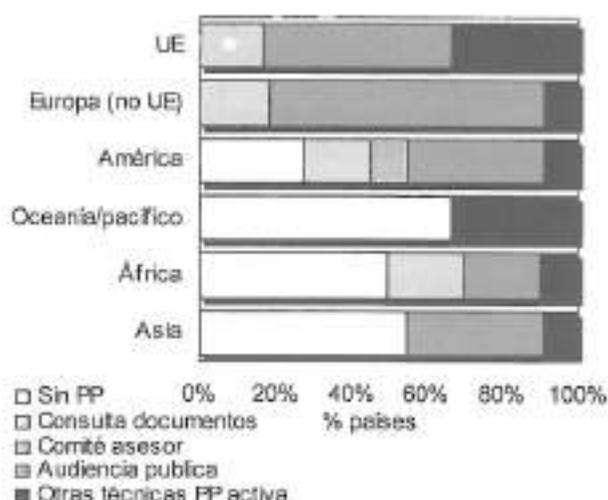


Figura 3. Procedimientos de participación pública (OPP) en la revisión del EstA (\* indica la situación española).

España presenta una situación singular en el contexto europeo e incluso mundial, al presentar un modelo caracterizado por su rigidez y formalismo. Es el único en el ámbito de la UE, y uno de los pocos del mundo, que emplea un único mecanismo de participación, basado exclusivamente en la consulta y posterior envío del pertinente escrito alegación (figura 3). Los déficits del sistema español se revelan también en su duración, notoriamente corta (figura 4) y semejante a la de países de escasa trayectoria en EIA. Ahondando en lo anterior, es, además, el único de todos los países revisados que emplea como único medio de convocatoria el boletín oficial.

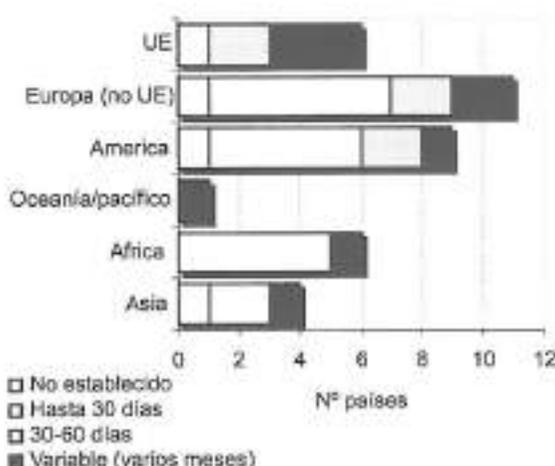


Figura 4. Duración de la participación pública de la revisión del EIA (\* indica la situación española).

Este sorprendente resultado revela importantes carencias en el formato de la participación pública en España, impropias de nuestra realidad social y política, y próximas a las que operan en países en vías de desarrollo.

## 5. La decisión y el control posterior

En la gran mayoría de casos, las conclusiones finales de la EIA se adoptan con carácter previo a la autorización del proyecto, y vinculan, más o menos formalmente, el resultado de la decisión. Existen, no obstante, excepciones, en las que la EIA es sólo una recomendación técnica, sin capacidad jurídica de afectar a la decisión.

El control posterior a la decisión se aborda sobre la base de una propuesta para el seguimiento ambiental del proyecto, legislado de manera mayoritaria en las distintas regiones. El desarrollo práctico de este seguimiento, sin embargo, se enfrenta a diversos problemas. Salvo en los países de la UE, el trabajo de inspección es infrecuente. Cuando se realiza no suele afectar a todos los proyectos evaluados, y la frecuencia de inspecciones suele ser baja. El sistema español se ajusta a este patrón general, caracterizado por la ausencia de recursos para su pleno desarrollo.

## 6. Control del funcionamiento del proceso de EIA

La adopción de mecanismos formales de revisión del funcionamiento y la eficacia de la EIA es inusual en la muestra. En Canadá, es preceptiva la revisión quin-

quenal del proceso; en Austria estas revisiones son trienales; en Finlandia y Holanda, se revisa periódicamente la calidad de los EslA y el resultado del proceso. En España, hasta la fecha, la Administración no ha abordado estudio alguno de esta naturaleza.

La práctica totalidad de los países estudiados han revelado carencias que han tratado de resolver mediante la optimización de procedimientos y recursos, y la introducción de nuevas etapas en el proceso, o de mecanismos de control adicionales. En la mayoría de casos, estas propuestas de mejora han conllevado modificaciones legales de diverso calado. En tal sentido, el esfuerzo realizado por el legislador en España contrasta fuertemente con el de nuestro entorno geográfico, e incluso con otras regiones del mundo (figura 5). Especialmente notoria es la diferencia en el seno de la UE, pese a compartir marco de acción común.

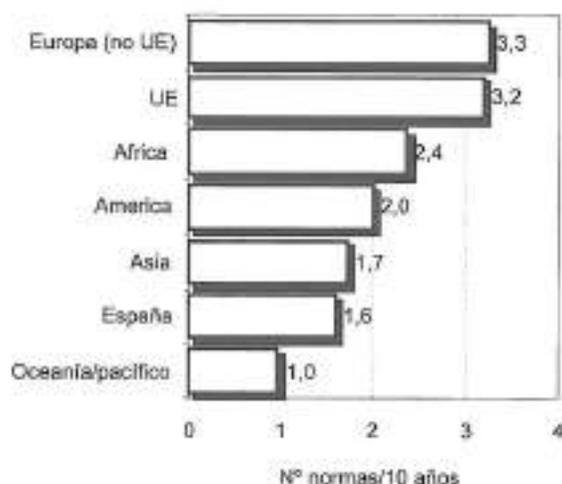


Figura 5. Actividad legislativa sobre EIA en el mundo y en España (valores medios del número de normas aprobadas en 10 años de aplicación de la EIA).

## Conclusiones

El sistema español de EIA presenta un desarrollo singular a nivel comunitario, e incluso mundial. El proceso reúne algunas semejanzas con otros caracterizados por su madurez y eficacia, entre las que destacan, por su peso en el resultado del proceso, las siguientes: de una parte, la extensa tipología de proyectos susceptibles de EIA, consecuencia lógica de la transposición de la Directiva 97/11/CE; de otra, el mecanismo articulado para incorporar el resultado de la EIA a la decisión, que dota al proceso de cierta independencia respecto al procedimiento sustantivo.

España dispone, sin embargo, de un sistema que, en contraste con la práctica habitual en los Estados de la UE y en muchos otros de larga tradición en EIA, resulta opaco y poco participativo. Los procedimientos de participación reúnen, de hecho, sorprendentes similitudes con los de países que apenas han alcanzado desarrollo alguno en materia de protección ambiental. Existen, finalmente, problemas adicionales que son consecuencia de la ausencia generalizada de mecanismos de control sobre el funcionamiento y resultados del proceso, si bien son menos acentuados y comunes a muchos otros sistemas de EIA.

En este contexto, resulta llamativa la reticencia del legislador en estos años para impulsar medidas que resuelvan las debilidades del proceso, logrando con ello que el sistema español se encuentre entre los que menos modificaciones ha experimentado en la UE y en el mundo.

## Bibliografía

- Commission of the European Communities (CEC) (1993): *Report from the Commission of the Implementation of Directive 85/337/EEC and Annexes for all Member States*. COM (93) 28, Volume 13, CEC, Brussels.
- Commission of the European Communities (CEC) (2003): *Report from the Commission to the European Parliament and the Council on the Application and Effectiveness of the EIA Directive (Directive 85/337/EEC as Amended by Directive 97/11/EC)*. COM (2003) 334 final. CEC, Brussels.
- Hernández, S. (2000): *La Legislación de Evaluación de Impacto Ambiental en España*, Mundi-Prensa, Madrid.
- Martínez, J. M. (1997): *Análisis del Funcionamiento de la Evaluación de Impacto Ambiental*. Tesis Doctoral. Dpto. Proyectos y Planificación Rural, ETSI Montes, Universidad Politécnica de Madrid, Madrid.
- Ortolano, L.; Jenkins, B., & Abracosa, B. (1987): "Speculations on when and why EIA is effective", *Environmental Impact Assessment Review*, 7: 285-292.
- Wagner, D. (1997): *Concise Revision of the Report from the Commission of the Implementation of Directive 85/337/EEC on the Assessment of the Effects of Certain Public and Private Projects on the Environment. Update 1995/96*. Stadt- und Regionalplanung Dr. Paul G. Jansen. Köln.
- Wood, C.; Barker, A.; Jones, C., & Hughes, J. (1996): *Evaluation of the Performance of the EIA Process*. EIA Centre, Department of Planning and Landscape, University of Manchester, UK.



## BLOQUE II

### EVALUACIÓN AMBIENTAL ESTRATÉGICA

#### DESARROLLO DE LA FASE DE SCOPING DE LA EVALUACIÓN AMBIENTAL ESTRATÉGICA DEL PLAN DE INFRAESTRUCTURAS 2000-2007

---

Otero Pastor, I.<sup>1</sup>; Esparcia Mariño, P.<sup>2</sup>; Moreno Cuesta, E.<sup>3</sup>;  
González Algarra, E.<sup>4</sup>, y Macías Guerrero, A.<sup>5</sup>

<sup>1,2</sup>Departamento de Construcción y Vías Rurales. Universidad Politécnica de Madrid

<sup>3,4,5</sup>Departamento de Ciencias Agroforestales. Universidad de Huelva

e-mail: emoreno@uhu.es

#### Resumen

Se resumen en este artículo los principales resultados del *scoping* de la EAE del Plan Director de Infraestructuras 1993-2007: 1) Identificación preliminar de efectos ambientales significativos y de sus principales causas, teniendo en cuenta el alcance, la magnitud y el carácter acumulativo, además de la legislación aplicable. 2) Descripción de los elementos del medio principalmente afectados por el Plan 3) Determinación de indicadores ambientales para establecer una relación de actuaciones propuestas y factores ambientales afectados en la que se basará la medición del impacto del Plan. 4) Consideración de alternativas: El Plan no incluye alternativas, sino que establece líneas estratégicas indicando los corredores, dentro de los cuales se realizará la posterior concreción del diseño de las infraestructuras para la conexión entre los puntos indicados.

*Palabras clave:* Scoping, Evaluación Ambiental Estratégica, Plan Director de Infraestructuras.

#### Abstract

This article summarizes the main results of the scoping of the SEA (Strategic Environmental Assessment) for the Infrastructure Director Plan 2000-2007: 1) Preliminary

minary identification of significant environmental effects and their main causes, taking into account their scope, magnitude and accumulative nature, as well as the applicable law. 2) Description of the environmental elements mostly affected by the Plan. 3) Specification of affected environmental indicators in order to establish a list of proposed actions and affected environmental factors on which measurement of the Plan's impact will be based. 4) Consideration of alternatives: the Plan does not include alternatives; instead, strategic lines are established indicating the corridors, within which the design of infrastructures for connecting the aforementioned points will be subsequently determined.

**Keywords:** Scoping, Strategic Environmental Assessment, Infrastructure Director Plan.

## Introducción

El Plan de Infraestructuras 2000-2007 del Ministerio de Fomento es la síntesis de un largo proceso de planificación inserto en un contexto de desarrollo dinámico. Una de las principales tareas de la evaluación del Plan es la de asegurar que sea acorde a los principios del desarrollo sostenible.

Dentro de Evaluación Ambiental Estratégica, el *scoping* garantiza que los temas, criterios y valores que se integran en la EAE sean relevantes en la toma de decisiones que concierne al Plan. El *scoping*, además, definirá otros objetivos concretos mediante consultas a las autoridades ambientales y al público, sobre la amplitud y nivel de detalle de la información ambiental, indicadores ambientales, objetivos para distinguir alternativas, nivel de detalle de los métodos de construcción, información sobre rutas y nodos alternativos, trazados, modos, medidas, flujos de transporte, etc. En definitiva, se tratará de conocer los posibles impactos, reducir el riesgo de ignorar aspectos importantes, valorar el tiempo y los recursos, y obtener un valioso "Checklist" para la revisión final del EAE.

Las fases del *scoping* son las siguientes:

1. Describir el plan director inicialmente previsto.
2. Consultar a las partes externas, incluido el público.
3. Publicar las decisiones del *scoping*: incluidos los indicadores ambientales empleados.
4. Establecer los objetivos ambientales del EAE y las políticas de transporte.

El *scoping*, como una de las primeras fases de la EAE, supone una serie de ventajas para la posterior evaluación de los principales efectos derivados del Plan y de esta forma asegura la integración de los aspectos medioambientales en el proceso de toma de decisión. Además, aumenta la efectividad de la EAE al estimular la elaboración por parte de los planificadores de la información ambiental en esta fase temprana y a la vez estimula la consideración de otras

alternativas y de medidas para disminuir los impactos del proyecto en esta fase de la planificación.

## Materiales y métodos

El Plan Director de Infraestructuras 2000-2007 definió la siguiente Estrategia Medioambiental de la política de transportes, considerando así la variable ambiental de una forma preventiva, es decir presente desde las primeras etapas de la planificación. Las principales líneas establecidas fueron las siguientes:

- Consideración del medioambiente como un elemento de política integral.
- Aplicación rigurosa de la legislación medioambiental.
- Introducción de nuevos modelos de toma de decisión a nivel local, regional y nacional.
- Perspectiva supranacional del problema medioambiental.

### Definición y análisis de los principales componentes ambientales en la fase de *scoping* del Plan de Infraestructuras

#### *Efectos medioambientales significativos*

##### *Identificación preliminar de efectos*

Tras la evaluación de impactos preliminar llevada a cabo en la fase de *Screening* (Otero y otros, 2004), se pretende con la fase de *scoping* presentar los principales efectos detectados sobre el medio para analizar en un segundo paso el alcance de éstos y los principales indicadores a tener en cuenta a la hora de evaluarlos y realizar un seguimiento de los mismos (ver figura adjunta).

Con esta temprana identificación de impactos, desde el *scoping*, se ha querido resaltar aquellos elementos y factores del medio que deben ser objeto de especial atención, al ser afectados significativamente por el Plan. De esta forma se pretende enfocar la posterior etapa de evaluación y valoración de impactos hacia los aspectos más relevantes a tener en cuenta, consiguiendo la máxima eficacia y eficiencia del proceso.

Estos elementos y factores que primordialmente deben ser analizados, por ser potencialmente afectados por la puesta en marcha del Plan, son tanto numerosos como de diversa índole:

- Calidad del aire.
- Espacios naturales protegidos.
- Hábitats de especial interés para comunidades animales o vegetales con gran valor ecológico.



- Recursos hídricos tanto superficiales como subterráneos de interés para la socioeconomía de determinada zona.
- Elementos del patrimonio histórico-cultural que se vean potencialmente afectados bien sea por alteración o por necesario cambio de ubicación.
- Población afectada.
- Otros planes o programas que dependan del Plan objeto de estudio.

### ***Carácter acumulativo y transfronterizo de los efectos***

El análisis del carácter acumulativo de los efectos se podrá llevar a cabo desde distintos enfoques. Desde el primer enfoque se considerará el carácter acumulativo de los impactos como el derivado del efecto conjunto de las actuaciones previstas para los distintos modos de transporte tratados en el Plan, así tendrán carácter acumulativo desde el punto de vista local, regional y global en todas las variables ambientales estudiadas.

Un segundo enfoque, consiste en considerar los efectos derivados del Plan de infraestructuras de forma conjunta con los derivados de otros planes pasados, presentes o futuros., mediante la realización de estudios por zonas. Muchos de estos impactos, pueden tener además el carácter de transfronterizos.

### ***Magnitud y alcance espacial de los efectos***

La magnitud, según Oñate, J. et al. (2002), hace referencia al tamaño, extensión o área de influencia del impacto, siendo útil en la diferenciación entre impactos locales, regionales, nacionales, transnacionales y globales. En función de su magnitud se podría realizar una primera jerarquización de los impactos ambientales identificados, lo que nos permitiría conocer su importancia relativa.

En cuanto al alcance espacial de los efectos, al tratarse de un plan con una clara componente territorial, el ámbito geográfico de las propuestas, y por consiguiente, el de los efectos ambientales, vendrá delimitado por el ámbito del propio plan. No obstante, Oñate, J. et al. (2002), recomienda realizar una delimitación del ámbito que se verá afectado por las propuestas del plan superior al definido en él.

Los impactos, como anteriormente se ha mencionado, se pueden clasificar en función de la escala espacial del efecto y del ámbito y de las propuestas del plan en: impactos de alcance local, regional o global.

El estudio de todos estos factores debe realizarse a una escala apropiada, global, regional o local, en función del alcance de cada uno de los impactos causantes de las alteraciones a dichos elementos (escala espacial de los efectos). Excepto el análisis de las variaciones en la calidad del aire, que tendrá tanto carácter global como local pasando por regional, para un correcto estudio del resto de elementos, éstos deben ser tenidos en cuenta principalmente a nivel regional y local.

## **Indicadores y valores legales**

### *Indicadores ambientales*

La OCDE describe los principales indicadores asociados al sector transporte desde una perspectiva ambiental que comprende no solo la actividad asociada a la movilidad de personas y mercancías, sino también el conjunto de actividades asociadas a la producción, mantenimiento y uso de las infraestructuras de transporte y del equipo móvil. Además de los indicadores de impacto recogidos en la "Propuesta para un sistema español de indicadores ambientales" preparada por la Dirección General de información y Evaluación ambiental, actualmente Dirección General de Calidad y Evaluación Ambiental del Ministerio de Medio Ambiente (Ministerio de Fomento, 1996) también existen otros indicadores que han sido utilizados con anterioridad en planes de infraestructuras de distintas regiones Europeas y que también pueden tener gran interés para la evaluación de los principales impactos asociados al Plan de Infraestructuras 2000-2007:

### *Legislación actual. Valores límites*

Es necesario realizar un estudio de los valores límites establecidos por la legislación tanto a nivel comunitario como nacional, principalmente con respecto a la contaminación atmosférica y el ruido.

### **Consulta pública dirigida a la fase de scoping del Plan de Infraestructuras**

Consultar a los grupos afectados y al público es esencial en el proceso de la EAE pues permite tener presente e integrar el punto de vista de los mismos, contribuyendo de este modo a la consideración temprana de la variable medioambiental en la planificación de infraestructuras de transporte.

Ante la carencia de un procedimiento establecido, nos limitaremos aquí a recoger las recomendaciones del Manual Europeo de EAE de los Planes de Infraestructuras (European Commission, 1999), así como la adaptación del procedimiento recogido en la *Guía Práctica de scoping de EIA* (Moreno y González, 2002).

En primer lugar, hay que mencionar que es de gran utilidad preparar un plan de comunicación externa al principio del proceso de la EAE. Debido al carácter estratégico y abstracto de la EAE se considera como una posible metodología adecuada para la realización de la participación y consulta pública el establecimiento de un grupo consultivo formado por un conjunto de expertos y representantes de los grupos implicados que supervisarían los estudios durante el proceso. Éste se basa en informar a los grupos afectados y escuchar las opiniones del público, para lo que es importante considerar los siguientes principios:

Los SIG tienen la capacidad de poder emplearse en todas las fases del proceso de EAE: desde la adquisición, digitalización, almacenamiento y representación de la información pertinente, al análisis de la magnitud y extensión de los impactos previstos, la integración de factores ponderados, la preparación de modelos para la evaluación de alternativas a través de criterios de análisis múltiples, hasta la presentación final de los resultados. Además, los sistemas SIG permiten una rápida actualización de la información, lo cual facilita las fases de seguimiento y auditoría dentro de la EAE.

## Objetivos

GISEA (Geographic Information Systems for Strategic Environmental Assessment) nace de la constatación de las limitaciones de los métodos teórico-prácticos hasta ahora desarrollados con el objetivo de definir una metodología integral cuantitativa, transparente y significativa que incluya todas y cada una de las actuaciones principales de la Directiva 2001/42/CE. GISEA empleará la tecnología informática de los SIG la cual se adaptará a los requerimientos de EAE.

## Método

Aunque el método analítico se encuentra en fase de desarrollo, el marco de trabajo se resume a continuación:

1. Se adaptará el software ArcGIS personalizándolo a las actuaciones y criterios de EAE. Un estudio preliminar identificará modelos viables de evaluación ambiental existentes, los cuales se combinarán y modificarán para diseñar una aproximación más cuantitativa, significativa y transparente que formará la base del modelo informatizado de GISEA.
2. La evaluación de las variables pertinentes se llevará a cabo a través de la definición y aplicación de criterios de análisis múltiples, que combinarán los valores ponderados asociados a la vulnerabilidad de los recursos ambientales con aquellos asociados a la importancia socioeconómica del desarrollo del plan o programa en cuestión y a las percepciones derivadas de la participación pública.
3. Los criterios de ponderación socio-económica estarán fundados en los resultados de las consultas llevadas a cabo con las autoridades competentes, las partes interesadas y/o afectadas y el público en general.
4. Se definirá una jerarquía de criterios y valores de acuerdo a la vulnerabilidad e importancia de los factores ambientales, sociales y económicos. Los factores y sus valores ponderados se digitalizarán e integrarán en el sistema GISEA para su evaluación, respetando la jerarquía previamente definida.

5. El software estará programado para detectar el grado de superposición y vulnerabilidad (basada en indicadores) de las diferentes capas de información ambiental, codificando las zonas por colores de acuerdo a su sensibilidad ante un posible impacto (figura 1).

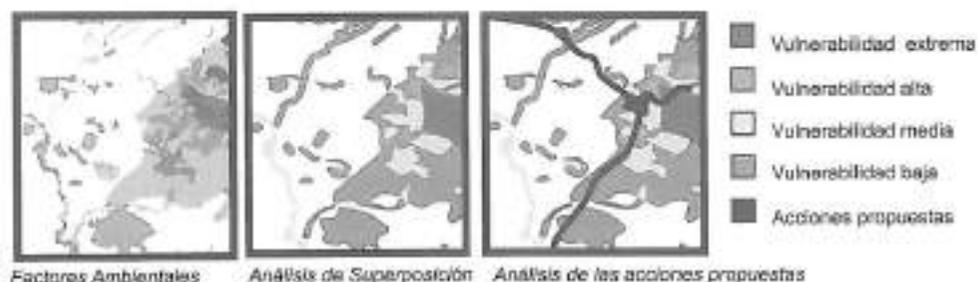


Figura 1. Ejemplo de análisis computerizado del sistema GISEA.

6. Una vez que el riesgo ambiental ha sido evaluado, se calculará el impacto ambiental total asociado a las diferentes zonas mediante la incorporación del factor de percepción pública o factor de tolerabilidad.

$$\text{Impacto total} = \text{Vulnerabilidad al impacto} \times \text{Factor de tolerabilidad} \\ (\text{superposición de factores}) \quad (\text{percepción pública})$$

7. El software estará programado para analizar los resultados de la consulta en términos de cantidades, indicando el área o la longitud afectada por las acciones contempladas en el plan o programa. El cómputo de dicha información se presentará en porcentajes de una manera similar al ejemplo reflejado en la figura 2.

Acción	Impacto extremo	Impacto alto	Impacto medio	Impacto bajo	Sin impacto
Nueva carretera	0%	30%	20%	20%	30%
Nueva carretera	0%	0%	40%	60%	0%

Figura 2. Ejemplo de representación por porcentajes de los resultados derivados del análisis de los efectos del plan o programa.

8. El desglose de los resultados en relación al posible impacto del plan o programa sobre los recursos naturales en porcentajes permitirá definir indicadores espaciales con el propósito de facilitar el seguimiento y auditoría dentro de la EAE.
9. La representación de los resultados en formato gráfico, de manera cuantitativa y comprensiva, permitirá la rápida identificación de posibles conflictos y alternativas viables, facilitando un consenso general. Asimismo la información podrá ser fácilmente escrutada por los responsables en la toma de decisiones.

## Resultados

El método GISEA aún no ha sido empleado, pero su efectividad y funcionalidad será evaluada aplicándose a casos reales de planes territoriales existentes o planes piloto. Para valorar su aplicabilidad, el modelo será probado en varios contextos sociopolíticos de la Unión Europea.

Se espera que el método:

- Identifique las fases adecuadas dentro del proceso de toma de decisiones para la transmisión de la información pertinente.
- Realice una evaluación de los factores ambientales, sociales y económicos a través de un análisis de criterios múltiples.
- Integre los valores, intereses y percepciones del público y de las partes interesadas y/o afectadas por medio de criterios de evaluación ponderados.
- Transmita de una manera eficaz y transparente los criterios de evaluación y las variables a tener en cuenta, y todos los resultados del proceso de EAE.
- Analice y evalúe la superposición de factores e identifique automáticamente zonas que estén potencialmente en conflicto con los objetivos del plan o programa en cuestión.
- Defina automáticamente porcentajes espaciales de impacto que sirvan como indicadores y permitan llevar un seguimiento de los resultados de la EAE y de las medidas correctoras propuestas.

## Conclusiones

Puesto que solamente se ha definido la base teórica de la metodología GISEA y el modelo se encuentra en fase de desarrollo, sería inapropiado derivar conclusiones precipitadas. Sin embargo, se considera que una metodología computerizada, transparente y estandarizada:

- Facilitará y acelerará el proceso de EAE.
- Ayudará a aumentar la credibilidad de las decisiones.

- Conllevará a un proceso más efectivo en cuanto a costes, tiempo y recursos.
- Regulará el control de proyectos individuales y facilitará el proceso de Evaluación de Impacto Ambiental.
- Contribuirá al seguimiento comparativo de la implementación de la Directiva a nivel Europeo.

## Bibliografía

- Clark, R., y Partidario, M. (2000): *Perspectives on Strategic Environmental Assessment*, Lewis Publisher, Boca Ratón, Florida.
- Dalkmann, H.; Jiliberto, R., and Bongardt, D. (2002): *Analytical Strategic Environmental Assessment (ANSEA) Developing a new approach of SEA*, EU 5<sup>th</sup> Environmental Framework.
- Fischer, T. (2002): *Strategic Environmental Assessment in Transport and Land Use Planning*, Earthscan, London.
- Gazzola, P. (2004): *SEA effectiveness criteria and principles fully applicable in Italy?*, IAIA, Vancouver.
- Haklay, M.; Feitelson, E., and Doytsher, Y. (1998): "The potential of a GIS-based scoping system: An Israeli proposal and case study", *Environ. Impact Assessment Review*, 18, 439-459.
- IAIA, International Association for Impact Assessment (2005): <http://www.iaia.com>.
- Inspire - Infraestructura de información espacial en Europa (2005): <http://www.ec-gis.org/inspire/>
- Jiliberto, R. (2002): *Evaluación Ambiental Estratégica Analítica: Hacia una Mejora en la Toma de Decisiones Estratégicas*.
- Jiliberto, R., and Álvarez-Arenas, M. (editor) (2000): *Evaluación Ambiental Estratégica de Políticas, Planes y Programas*, TAU Group, Madrid.
- Jiliberto, R. (2002): *Decisional environment values as the object of analysis for strategic environmental assessment* *Impact Assessment and Project Appraisal*, March 2002.
- Lavalle C.; Demicheli, L.; Kasanko, M.; Turchini, M.; Niederhuber, M., and McCormick, N. (2001): *Murbandy/Moland Technical Report*, European Commission Euro-Report.
- McCormick, N.; Critchley, M.; Lavalle, C.; Kasanko, M.; Demicheli, L.; Barred, J., y Engelen, G. (2003): *Mapping and Modelling the Impact of Land Use Planning and Management Practices on Urban and Peri-Urban Landscapes in the Greater Dublin Area; Moland Project: Monitoring Land Use / Cover Dynamics*, 8<sup>th</sup> EC-GI & GIS Workshop.
- Partidario, M. (2000): "Elements of an SEA framework: improving the added value of SEA?", *Environmental Impact Assessment Review*, 20.
- Sadler, B. (1996): *International study of the effectiveness of environmental assessment: final report - environmental assessment in a changing world?*, Canadian Environmental Assessment Agency and International Association for Impact Assessment.
- Scott, P., and Marsden, P. (ERM-2003): *Development of Strategic Environmental Assessment (SEA) Methodologies for Plans and Programmes in Ireland*, Environmental protection Agency Publications, Ireland.
- Thérivel, R., and Partidario, M. (1996): *The Practice of Strategic Environmental Assessment*, Earthscan, London.
- Verheem, R. A., and Tonk, J. A. M. N. (2000): "Strategic environmental assessment: one concept multiple forms?", *Impact Assessment and Project Appraisal*, 18 (3), September.

# SCREENING DE UNA EVALUACIÓN AMBIENTAL ESTRATÉGICA DEL PLAN DE INFRAESTRUCTURAS 2000-2007

García Montero, L. G.<sup>1</sup>; Mancebo, S.<sup>2</sup>; Otero, I.<sup>2</sup>; Casermeiro, M. A.<sup>3</sup>; Espluga, A. P.<sup>4</sup>; Navarra, M.<sup>4</sup>; Ortega, E.<sup>2</sup>; Sánchez, A.<sup>2</sup>, y Monzón, A.<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Dpto. de Ingeniería Forestal (U.D. Operaciones Básicas) de la Univ. Politécnica de Madrid

<sup>2</sup>Centro de Investigación del Transporte (TRANSyT) de la Universidad Politécnica de Madrid

<sup>3</sup>Dpto. Edafología de la Universidad Complutense de Madrid

<sup>4</sup>Dpto. Construcción y Vías Rurales de la Universidad Politécnica de Madrid

## Resumen

La Directiva 2001/42/CE establece que la EAE de un Plan de Transporte debe constar de varias etapas o fases: un *screening*, un *scoping*, un Informe Ambiental y diversas Consultas a las autoridades competentes, al público y a los países comunitarios afectados. La EAE se efectuará antes de la tramitación legislativa del Plan, con el objeto de lograr que el *Screening*, el Informe Ambiental y las Consultas incidan en la toma de decisiones. Por ello se ha desarrollado un *Screening* del Plan de Infraestructuras PIT 2000-2007, cuyo resultado indica que el PIT afecta de forma potencial al menos a un 27,91% de la España peninsular e islas Baleares. En el territorio afectado existe una distribución de probabilidades de impacto ambiental, estimadas mediante una integración de su Calidad Natural y los diferentes tipos de acciones previstas en el PIT 2000-2007: alta probabilidad de impacto del tipo compatible en un 25,51%; alta probabilidad de impacto del tipo moderado en un 35,61%; alta probabilidad de impacto del tipo "severo" en un 13,60%, y alta probabilidad de impacto del tipo crítico en un 25,28% de su superficie. Este diagnóstico ambiental del *screening* permite concluir que el Plan debe ser sometido, de forma inequívoca, a una Evaluación Ambiental Estratégica.

## Introducción

La presidencia de la Comisión Europea insiste en el objetivo de que la UE desarrolle una economía más competitiva, que se base en el conocimiento y en una toma de decisiones bien informada y participativa, de tal forma que las estrategias, políticas, planes y programas sean efectivos (cumplan sus objetivos), eficaces (adecuen los costes) y sean socialmente visibles (contengan participación pública). Además de estos objetivos socioeconómicos, la política comunitaria pretende conservar y mejorar la calidad del medio ambiente, proteger la salud y utilizar de forma prudente y racional los recursos naturales, según el "principio de cautela" y con el objetivo de fomentar un "desarrollo sostenible" (arts. 6 y 174 del Tratado de la UE; Oñate et al., 2002).

Para lograr estos objetivos ambientales, en 1983 el *IV Programa Marco de acción en materia de Medio Ambiente* de la Unión Europea planteaba la evaluación del impacto ambiental de las políticas, planes y programas, y desde 1985 se ha aplicado la Directiva 85/337/CE sobre evaluación de impacto ambiental de proyectos (EIA). Esta Directiva señala en su preámbulo que *"la mejor política de medio ambiente consiste en evitar, desde el principio, la creación de contaminaciones o daños, más que combatir posteriormente sus efectos, y afirma la necesidad de tener en cuenta, lo antes posible, las repercusiones sobre el medio ambiente de todos los procesos técnicos de planificación y decisión"*.

Posteriormente se han producido nuevos avances a partir del informe *Nuestro Futuro Común* de la Comisión Mundial sobre Medio Ambiente y Desarrollo (CMMAD, 1988), que abrió el debate sobre la evaluación ambiental estratégica (EAE). Oñate et al. (2002) indican que este informe rompió el aislamiento de la política ambiental del resto de las políticas y reclamó su integración con las dimensiones económicas, comerciales, energéticas, agrarias, industriales y otras. A partir de este punto, y a lo largo de los años noventa, se ha ido profundizado en los conceptos de políticas preventivas y desarrollo sostenible, lo cual ha estado acompañado por un aumento de la sensibilidad social sobre el medio ambiente. Esta situación ha propiciado que la evaluación de impacto ambiental (EIA) no sólo se aplique a los proyectos, sino también a los planes y programas de desarrollo e infraestructuras, mediante el uso de la evaluación ambiental estratégica (EAE).

En este contexto, el *V Programa de Acción del Programa Comunitario de política y actuación en materia de medio ambiente y desarrollo sostenible*, pone de manifiesto la importancia de valorar los efectos medioambientales de los planes y programas. Este planteamiento se ha reforzado con el *Convenio sobre la Diversidad Biológica*, que requiere integrar la conservación y el uso sostenible de la biodiversidad en los diferentes planes y programas. Las propuestas descritas se concretan en la Directiva 11/97, que recomienda a los estados miembros la evaluación de los planes y programas y en la Directiva 2001/42/CE, que crea el marco jurídico para la evaluación ambiental estratégica (EAE) de determinados planes y programas.

## La EAE en la UE

El objetivo de la Directiva 2001/42/CE sobre EAE de planes y programas es: *"conseguir un elevado nivel de protección del medio ambiente y contribuir a la integración de los aspectos medioambientales en la adopción y preparación de planes y programas con el fin de promover un desarrollo sostenible, garantizando la realización de una evaluación medioambiental de determinados planes y programas que puedan tener efectos significativos en el medio ambiente."* En este sentido, Partidario (2000) y Oñate et al. (2002) indican que la EAE es uno de los más completos instrumentos de ayuda a la decisión sobre iniciativas de desarrollo con incidencia en el medio ambiente, porque permite integrar el concepto de sostenibilidad en los modelos de desarrollo. Así, la EAE tiene la capacidad de evaluar los efectos sobre el medio desde niveles tempranos en la toma de decisiones, anticipándose a la EIA, y también permite integrar los efectos que las limitaciones y oportunidades del medio ejercen sobre las opciones de desarrollo, al contrario que la EIA.

Sin embargo, y a pesar del interés y las posibilidades que suscita la EAE, no ha resultado fácil definir los conceptos y los marcos metodológicos de esta moderna herramienta. Thérivel (1992) y Thérivel et al. (2002) proponen una revisión sobre los métodos prácticos de la EAE y la definen tal como se entiende mayoritariamente en la UE: *"el proceso formalizado, sistemático y exhaustivo de evaluar los efectos ambientales de una política, plan o programa y sus alternativas, incluyendo la preparación de un informe acerca de los hallazgos de la evaluación, y que utiliza sus resultados para una toma de decisiones transparente"*. Por otra parte, Jiliberto (2000) revisa las experiencias en otros países y propone una metodología analítica como punto de partida; Partidario (2000) realiza una revisión sobre la utilidad de esta herramienta, y Oñate et al. (2002) enfocan la EAE hacia los planes de urbanismo.

En estas revisiones sobre metodologías, Partidario (2000) afirma que aun apoyándose en los principios de la EIA, la EAE debe ser planteada de tal forma que dirija claramente su valor añadido hacia la sostenibilidad de la toma de decisiones. Por ello matiza la definición mayoritariamente adoptada en la UE y propone que *"la EAE es un proceso sistemático, continuo, para la evaluación, en la etapa más adecuada y temprana de un proceso público de toma de decisiones, de la calidad medioambiental y las consecuencias de visiones alternativas e intenciones de desarrollo incorporadas en políticas, planes y programas, asegurando la plena integración de consideraciones biofísicas, económicas, sociales y políticas"* (Arce & Gullón, 2000; Partidario, 2000; Seht, 1999).

## La EAE de los Planes de Transporte europeos

Las infraestructuras viarias y los medios de transporte constituyen un bien de dominio público necesario e ineludible y son además acciones, que derivan de

políticas que inducen una transformación generalizada del medio. El objetivo respecto a su ubicación será una adecuada planificación desde los puntos de vista técnico y socioeconómico; y desde el punto de vista ambiental, la planificación óptima se alcanza cuando se consiguen diseños y explotaciones que causen el mínimo impacto ambiental sobre el medio (Otero, 1991; Otero, et al., 1999).

El libro blanco de política europea de transporte (1992) propone la aplicación de la EAE a los planes de infraestructuras. Esta iniciativa se ha confirmado con la aprobación formal de los principios de la EAE por parte del Consejo Europeo de Ministros de Transportes (1997) y con el reconocimiento de la cumbre de Jefes de Estado de Cardiff (1998). Finalmente, la aplicación de la EAE a los planes de transporte se ha recogido en el artículo 8 de las directrices de desarrollo de las RTE-T (Red Trans-Europea de Transporte) de 1996, y se ha regularizado en el artículo 3 de la Directiva 2001/42/CE de EAE de evaluación ambiental de planes y programas.

De esta forma, la Comisión Europea ha dejado claro la importancia de las consideraciones ambientales en el proceso de toma de decisiones en cuanto al diseño y elección de los proyectos prioritarios de transporte, actuales y futuros, dentro de las RTE-T. Las distintas propuestas recientes de modificación de las Directrices de desarrollo de las RTE-T acordadas en la Decisión n.º 1692/96/CE (septiembre de 2003: COM-2003-0564) continúan reservando un papel fundamental a la EAE. Además, en mayo de 2003, se ha celebrado la V Conferencia ministerial Medio ambiente para Europa en Kiev, donde se ha presentado y firmado por 35 países y la UE un protocolo jurídicamente vinculante en materia de EAE que complementaría las disposiciones vigentes relativas a la EIA en un contexto transfronterizo.

En definitiva, los Planes de Infraestructuras europeos deberán estar integrados con las políticas, recomendaciones y normativas comunitarias sobre medio ambiente, las cuales disponen *"la necesidad de tener en cuenta, lo antes posible, las repercusiones sobre el medio ambiente de todos los procesos técnicos de planificación y decisión"* (Directiva 5/337/CE) y manifiestan *"la importancia de valorar los efectos medioambientales de los planes y programas e integrar en ellos la conservación y el uso sostenible de la biodiversidad"* (V Programa de Acción del Programa Comunitario de política y actuación en materia de medio ambiente y desarrollo sostenible y Convenio sobre la Diversidad Biológica).

La Directiva 2001/42/CE establece que la EAE de un Plan de Transporte debe constar de varias etapas o fases: un *Screening*, un *Scoping*, un Informe Ambiental y diversas Consultas a las autoridades competentes, al público y a los países comunitarios que resulten afectados por el Plan. La EAE se efectuará durante la preparación y antes de la adopción o tramitación legislativa del Plan de Transporte, con el objeto de lograr que el *screening*, el Informe Ambiental y los resultados de las Consultas incidan en la toma de decisiones y en la selección de las diferentes alternativas del Plan. Además se debe garantizar un adecuado acceso a la información por parte de la sociedad sobre todo el proceso (arts. 4 a 9 de la Directiva 2001/42/CE de EAE).

## Primera fase de la EAE de un Plan de Infraestructuras: el screening

El Ministerio de Fomento de España propuso un Plan de Infraestructuras de Transportes a comienzos de la presente década, que se denominaba PIT 2000-2007. Los objetivos del Plan eran la culminación de proyectos básicos de infraestructuras para avanzar en la modernización de España desde la solidaridad, tratando de resolver el déficit de infraestructuras existente con respecto a Europa, dinamizar la economía, promover el equilibrio regional y la cohesión territorial. Para ello el Ministerio de Fomento pretendía completar una red de carreteras de alta capacidad, modernizar las comunicaciones ferroviarias e incrementar la extensión de corredores ferroviarios de altas prestaciones, crear nuevas infraestructuras aeroportuarias, aumentar la capacidad y mejorar la competitividad de los puertos del Estado y extender las más avanzadas redes de telecomunicaciones y servicios en todo el territorio nacional.

Las acciones que pretendía el PIT 2000-2007 consistían en el aumento de la red de vías de gran capacidad, que pasaría de 8.000 km a más de 13.000 km, de manera que todas las capitales de provincia y las principales poblaciones quedarían conectadas por esta red. También se mejorarían y modernizarían las autovías de primera generación, actuando en más de 2.700 km de la red ya existente, y se llevarían a cabo nuevos accesos y circunvalaciones en las grandes ciudades y núcleos urbanos. Además se pretendía reducir a la mitad los tiempos de recorrido en tren entre las grandes ciudades, de forma que todas las capitales quedarían a menos de 4 horas de Madrid y ninguna provincia estaría a más de 6 horas y media de Barcelona. Para ello se crearían cinco nuevos corredores ferroviarios para trenes veloces (Ministerio de Fomento, 2002).

La primera etapa para aplicar una EAE al PIT 2000-2007 consistiría en el desarrollo y aplicación de un Screening, como establece la Directiva 2001/42/CE de EAE. Los antecedentes descritos muestran que no hay una metodología unificada para evaluar planes y programas. Debido a esta situación, el objetivo del presente trabajo ha sido la propuesta de un modelo de Screening para su aplicación al PIT 2000-2007 y el desarrollo de un marco metodológico *ad hoc* para aplicar una futura EAE. Este screening ha sido diseñado en TRANSyT (Centro de Investigación del Transporte de la Universidad Politécnica de Madrid) y se ha planteado como un miniestudio de EAE, que ha permitido proponer una estimación del impacto global del Plan sobre la "calidad natural" del territorio español. La propuesta de este modelo de Screening se ha realizado atendiendo a varios requisitos:

- El Screening necesita un protocolo metodológico sencillo que permita una rápida ejecución. La rapidez del screening es una propiedad fundamental, porque favorece su incorporación al proceso de planificación de las infraestructuras y permite además, dimensionar y diseñar de forma correcta el *scoping* y el Informe Ambiental de la EAE.

- El modelo de screening se ha diseñado con una metodología territorial basada en un sistema SIG. Este análisis territorial ha permitido localizar zonas y pasillos ambientales críticos en el territorio español, los cuales deben ser considerados y resueltos en el propio proceso planificador del PIT 2000-2007.
- El modelo de screening se debe desarrollar a partir de la información ambiental ya existente a nivel nacional, y que sea accesible rápidamente en formato digital. Esta información ambiental, así como los procedimientos de análisis y resultados del screening deben ser desarrollados utilizando una escala y unos niveles de detalle adecuados.
- El screening necesita una metodología robusta que discrimine con claridad las situaciones extremas, tanto de las zonas que presente un nivel bajo de impacto ambiental de las futuras infraestructuras del PIT 2000-2007, como de aquellas áreas que tienen una elevada calidad natural y presentarían unos umbrales de impacto ambiental críticos frente al PIT 2000-2007.

En definitiva, el presente trabajo propone un modelo metodológico que permite integrar la primera fase de una EAE o screening en la toma de decisiones, la generación de alternativas y el desarrollo de un Plan de Infraestructuras en España, con el objetivo de alcanzar un elevado nivel de protección del medio y un desarrollo sostenible efectivo. Por ello es muy importante que el screening que se propone y la posterior EAE se integren de forma efectiva en el proceso planificador de los Planes de Infraestructuras españoles con el objetivo de incorporar los principios de sostenibilidad en unos Planes que tienen una enorme trascendencia ambiental y socioeconómica.

## Material y métodos

### Bases metodológicas del screening en función de la Directiva 2001/42/CE

La evaluación del impacto que provoca la ubicación de una infraestructura lineal precisa establecer las relaciones entre las acciones del proyecto y los elementos del medio, a través de un método de evaluación que permita la identificación y cuantificación de las alteraciones que se provocan. Como se ha comentado, no existe un método unificado para la realización de una EAE, pero se puede generalizar que hay que centrar los esfuerzos en los impactos que *a priori* se consideren más importantes. La filosofía común de actuación debería ser "realizar el mayor esfuerzo posible en los problemas más significativos", lo cual se deberá reflejar tanto en la fase de inventario del medio, como en los resultados globales de la evaluación (Otero *et al.*, 1999). En este sentido, la detección y localización de los problemas más significativos es la principal función de la etapa de screening de una EAE.

La construcción de las infraestructuras viarias supone siempre un impacto objetivo, tanto sobre el medio natural como el socioeconómico. En términos

generales el paisaje se altera, la traza modifica permanentemente el sustrato sobre el que se asienta y se impacta un gran número de elementos del medio (aire, ruido, clima, geología y geomorfología, hidrología superficial y subterránea, suelo, vegetación y fauna, entre otros). Así se pueden resumir como características comunes de las infraestructuras lineales: *que unen dos o más puntos fijos, atraviesan gran diversidad de medios, ocupan relativamente poca superficie, son estructuras artificiales y constituyen servicios públicos que obedecen a una necesidad real*. Estas características hacen que la evaluación ambiental de estas infraestructuras tenga cierta singularidad, ya que afectan a gran número de ambientes de forma duradera, y su influencia se puede expresar en términos de consumo de terreno, modificación de hábitats e incidencia sobre el paisaje.

Por otra parte, la EAE se debe encuadrar en un proceso más global de planificación territorial para lograr alcanzar uno de los principales objetivos de la Directiva 2001/42/CE, que establece que la EAE debe generar alternativas de forma iterativa con el Plan. En este sentido, la planificación debe contemplar dos aspectos fundamentales: el *potencial del territorio* y la *definición de los usos del suelo inicialmente viables*; y su objetivo será analizar la relación que se establece entre las actividades y el medio, con objeto de localizar de forma óptima dichas actividades (Otero et al., 1999). Esta relación se establece en función de los dos conceptos fundamentales de la planificación: la capacidad del medio para acoger una actividad o un uso del suelo y el impacto o efecto que las actuaciones producen o producirían en el medio (Ramos 1987; Otero, 1991; Otero et al., 1999; García-Montero et al., 2003).

A partir de estas bases metodológicas se deben aprovechar y potenciar las posibilidades que tiene la EAE. En este sentido, Thérivel (1996) identifica sus principales ventajas: *integración de los principios de desarrollo sostenible; determinación de la capacidad de carga de los ecosistemas; evaluación de las distintas alternativas de planificación; comprobación del resultado de la EIA de futuros proyectos; y evaluación eficaz de los impactos sinérgicos y residuales*. La Directiva 2001/42/CE y el *Manual on strategic environmental assessment of transport infrastructure plans* de la UE (European Commission DG VII Transport, 1999) indican que los Planes y Programas de Transportes, tanto a nivel de red como corredor, deben ser sometidos a un procedimiento de *screening* o "*fase de selección de iniciativas*", que debe realizarse lo antes posible, para acordar el procedimiento de la EAE y sus posibles conexiones con los procedimientos de planificación. Por lo tanto el *screening* es la primera fase de una EAE y trata de determinar si es necesaria o no una evaluación para un determinado Plan. Hauke von Seht (1999) amplía la aplicación del *screening* respecto a los tipos de Planes contemplados en la Directiva 2001/42/CE, y afirma que en principio todos los Planes deberían someterse a *screening* conforme a su significado ambiental.

El *screening* o fase decisoria inicial es muy importante para asegurar, tanto que numerosas iniciativas no sean evaluadas innecesariamente, como para garantizar que los potenciales efectos ambientales significativos de algunas de ellas no pasen desapercibidos. Diversos autores han propuesto distintos enfoques sobre la forma de realizar el *screening* o "*fase de selección de iniciativas*",

pero existe una polémica grande en torno a estas metodologías y ninguna está exenta de discusión y crítica. En cualquier caso, el *screening* debe estipularse en paralelo con la "fase de determinación del alcance de la evaluación" o "scoping", lo que garantizará que la dotación de esfuerzos se optimice (Hauke von Seht, 1999; Wood, 1995).

Por tanto, todos los Planes de Transportes, tanto a nivel de red como de corredor, deben ser sometidos a un procedimiento de *screening*, que consiste en una valoración ambiental básica para ver si estos planes requieren una EAE y examinar el alcance de su posible incidencia en el medio ambiente. Este procedimiento debe realizarse lo antes posible para establecer el procedimiento de EAE que se va a aplicar y sus posibles conexiones con los procedimientos de planificación. El *screening* se puede establecer de varias formas:

1. Desarrollar el *screening* como "un procedimiento abreviado de EAE" diseñado *ad hoc* para cada Plan, con el objeto de analizar su repercusión ambiental y determinar si requiere una EAE completa. El resultado es un miniestudio de EAE, que debería ser publicado para permitir la participación externa.
2. Otra opción para desarrollar un *screening* es usar listas de acciones o "checklist" de posibles impactos, que establezcan intervalos de valores barrera y criterios con objeto de determinar qué planes requieren una EAE completa. La desventaja de este método es que algunos planes podrían quedar fuera de los valores críticos y los criterios previos de evaluación, y por tanto perjudicar la racionalidad de dicho estudio previo (un problema frecuente en los estudios de impacto ambiental).
3. La tercera posibilidad es desarrollar el *screening* como un modelo combinado de los dos procedimientos anteriores. El resultado es un miniestudio de EAE, pero con una extensión relativamente mayor, que posibilitaría un enlace con la fase de *scoping* de la EAE, y que se podría incorporar de forma rápida y efectiva al proceso planificador del propio Plan. En este caso también debería ser publicado para permitir la participación externa.

El procedimiento de *screening* que se ha desarrollado en este trabajo utiliza la tercera opción metodológica. En la tabla 1 se presenta el esquema de las etapas del modelo de *screening* que se ha aplicado al PIT 2000-2007.

## Objetivos y criterios del *screening*

El objetivo principal del *screening* es identificar los principales problemas ambientales que previsiblemente generará el PIT 2000-2007. Así, la creación de una nueva red de comunicaciones mediante la unión de muchos puntos por carreteras y corredores ferroviarios va a provocar diferentes alteraciones ambientales entre las cuales hay que destacar las siguientes:

TABLA 1

## Etapas del modelo de screening que se ha aplicado al PIT 2000-2007

Etapas	Descriptor	Objetivos
PASO 1. Analizar las características ambientales del Plan de Infraestructuras 2000-2007.	Estudiar toda la información disponible del Plan 2000-2007 que pueda tener incidencia en el medio ambiente.	Caracterizar la información disponible del Plan 2007 que pueda tener relevancia en el desarrollo de un screening.
PASO 2. Prospeccionar la información ambiental disponible a escala nacional.	Localizar de 5 mapas temáticos ambientales nacionales, que se han adecuado y normalizado según estándares cartográficos europeos.	Integrar en una plataforma SIG las variables ambientales que se podrían integrar en un modelo de valoración ráster (píxel de 100 m).
PASO 3. Valorar la información ambiental nacional obtenida en un soporte SIG.	A partir de los 5 mapas se han obtenido 12 variables valoradas: 4 mediante paneles de expertos y 8 mediante procedimientos objetivos.	Obtener doce mapas valorados de variables que se puedan integrar en un modelo sintético de valoración de la calidad natural de España.
PASO 4. Crear un modelo y mapa sintéticos de valoración de la calidad natural de España.	Crear un mapa ráster con píxeles que contienen un vector con las 12 variables valoradas. Generar un modelo que ordene estos vectores.	Obtener mapas ráster de calidad de España con 5, 100 y más clases, para desarrollar el screening, la EAE y el Plan de Infraestructuras.
PASO 5. Crear un checklist para estimar impactos potenciales de las acciones del Plan 2000-2007.	Consultar a 10 investigadores de la UPM sobre los umbrales de impacto potencial de las 27 tipos de acciones del Plan sobre 15 elementos del medio.	Clasificar las acciones del Plan en 4 umbrales de impacto potencial (0 a 3) sobre los 15 elementos del medio que indica la Directiva CE/2001/42.
PASO 6. Cartografiar zonas con alto riesgo de afección del Plan 200-2007.	Localizar y cartografiar bandas de 5 km en torno a los corredores (2 km) donde estaban previstas las infraestructuras del Plan 2000-2007.	Cartografiar en SIG bandas (5 km) de alto riesgo de afección del Plan 2000-2007.
PASO 7. Integrar los impactos potenciales de las acciones del Plan con el mapa de calidad natural nacional.	Integrar los impactos potenciales de 27 tipos de acciones del Plan con el mapa de 5 clases de calidad (dentro de las bandas de 5 km en torno a los corredores previstos).	Cartografiar en SIG los corredores "críticos" por su alto riesgo de impacto y los pasillos alternativos para el Plan 2000-2007.
PASO 8. Estimar otro índice de impacto potencial debido a la mejora de accesibilidad entre 1992-2004.	Calcular un índice de impacto potencial que estime la vulnerabilidad de zonas con alta calidad debido a la mejora relativa de la accesibilidad entre 1992-2004.	Calcular un índice de impacto potencial y cartografiar las zonas con alta calidad que han aumentado su vulnerabilidad por la mejora de la accesibilidad entre 1992-2004.

- Alto grado de ocupación del territorio por parte de las infraestructuras que provoca un cambio de uso de suelo con la desaparición del medio natural donde se construyan las infraestructuras. Este impacto supone la destrucción de suelos y ecosistemas terrestres. El primer objetivo del *screening* es la identificación de los territorios especialmente valiosos por su Calidad Natural con el criterio de exclusión de los mismos del proceso planificador. Antes de aplicar el *Screening*, se considerarán valiosos a priori aquellos territorios que tengan alguna figura legal de protección autonómica, estatal o comunitaria, o que estén incluidos en la Directiva Hábitat, lo que contabiliza más del 30% de territorio nacional.
- El criterio seguido para valorar el medio natural del territorio ha consistido en la utilización de un mapa de "Calidad Natural" propuesto por Mancebo et al. (2005). Esta cartografía utiliza un concepto de Calidad Natural que se explica como el "grado de excelencia o mérito para que la esencia y estructura del medio o de alguno de sus elementos, se conserve" (MOPT, 1984; Ramos 1987; Otero, 1991). La modalidad en que esta Calidad Natural se reconoce en el modelo territorial de España se basa en la comparación relativa de los atributos o variables naturales existentes en cada una de las unidades básicas territoriales analizadas.
- Efecto barrera o impermeabilización territorial: las infraestructuras destruyen el territorio que ocupan, pero además hay que sumar el efecto barrera que los corredores generan. Para resolver este tipo de impacto, el *screening* se configura como un modelo territorial en soporte SIG que permite identificar corredores especialmente valiosos por su Calidad Natural. El objetivo es hacer permeable al territorio desde un punto de vista natural. Para ello el proceso planificador establecerá corredores y mallas verdes que permitan la intercomunicación natural entre los territorios.
- Contaminación atmosférica y ruidos: las nuevas infraestructuras pueden producir impactos importantes en zonas urbanas o periurbanas con una alta densidad de población e infraestructuras. Esta variable es importante por el efecto sinérgico de los contaminantes y el ruido. Para incorporar estos impactos el *screening* extiende su análisis a pasillos en torno a las infraestructuras donde se aplica un estudio de los impactos que provocan estas actividades.

## Etapas del modelo propuesto de *screening*

La Directiva 2001/42/CE establece que para desarrollar una EAE se debe preparar un Informe Ambiental que permita realizar una predicción de los impactos y efectos significativos sobre al menos 15 elementos del medio: biodiversidad, población, salud humana, fauna, flora, tierra, agua, aire, clima, bienes materiales, patrimonio cultural, arquitectónico y arqueológico, paisaje e interrelación entre factores. En base a este objetivo de la EAE, el *screening* debe incorporar en sus modelos un nivel de información ambiental y un conjunto de análisis que sean

suficientemente amplios y detallados para lograr un diagnóstico preliminar significativo sobre los efectos del Plan sobre el medio ambiente y sobre el mayor número posible de elementos del medio.

En función de estas exigencias, el *screening* del PIT 2000-2007 ha utilizado el modelo de Calidad Natural de España que proponen Mancebo *et al.* (2005), que consiste en una cartografía que clasifica el territorio español en cinco clases de Calidad Natural. Este mapa ha sido sintetizado a partir de 5 mapas digitales a escala nacional (mapa de usos Corine Land Cover de la UE, mapa forestal español, mapa de suelos de la FAO, mapa de paisajes de España y mapa de Hábitats de la UE), que permiten disponer de un inventario básico (directo o deducido) de al menos 10 de los 15 elementos recogido en la Directiva 2001/42/CE (*biodiversidad, población, fauna, flora, tierra, agua, aire, clima, paisaje e interrelación entre factores*). Este mapa de Calidad Natural es un mapa ráster que tiene una resolución de 100 m de píxel (figura 1), que equivale a una escala cartográfica 1:500.000. Este mapa ha sido realizado utilizando el sistema de proyección Lambert Azimuthal Equal Area (LAEA) y el datum ETRS-89, que son sistemas cartográficos normalizados por la UE. Por otra parte se ha incorporado una cartografía completa de todas las figuras de protección nacionales, autonómicas, comunitarias e internacionales.



Figura 1. Pasillos de zonas afectadas por el Plan superpuestos al mapa de Calidad Natural de 5 clases (metadatos: estándar europeo de proyección Lambert Equal Area y Datum ETRS89. Mapas ráster con píxel de 100 m)

A partir de este Mapa de Calidad de España se ha desarrollado un modelo de *screening* que está constituido por 4 etapas, a partir de las cuales se ha obtenido un diagnóstico ambiental del PIT 2000-2007, así como la ubicación de corredores críticos y áreas alternativas de trazado. Las 4 etapas del *screening* se resumen así:

- ETAPA 1. Se ha integrado el mapa de Calidad Natural con la cartografía de las carreteras y ferrocarriles previstos en el PIT 2000-2007. Esta integración ha generado un mapa ráster con una resolución de 100 m de píxel (proyección LAEA y datum ETRS-89). Los mapas que contienen las infraestructuras del PIT 2000-07 presentan una escala inicial de 1:2.000.000 y, por tanto, su imprecisión cartográfica es apreciable. Debido a ello, y para favorecer su transformación a la escala 1:500.000, las infraestructuras se han dibujado utilizando un trazado o banda de 2 km de ancho, que elimina el factor de incertidumbre cartográfica del trazado de estas vías.
- ETAPA 2. Se han identificado 27 tipos de acciones que ha planificado el PIT 2000-07 y se ha creado un "checklist" para estimar los impactos potenciales de estos 27 tipos de acciones. Para establecer el checklist se ha realizado una encuesta a 10 investigadores (panel de expertos) pertenecientes al Centro de Investigaciones del Transporte TRANSyT, a la Universidad Politécnica de Madrid y a la Universidad Complutense de Madrid.
- ETAPA 3. Se han definido y cartografiado las zonas de España que tienen un riesgo alto de impacto ambiental provocado por el PIT 2000-2007. Para ello se han establecido pasillos o bandas de 12 km de ancho para cada infraestructura (2 km de indefinición cartográfica y 10 km de territorio directamente afectado por cada infraestructura) en los que se ha supuesto un impacto ambiental uniforme a lo largo de todo el ancho de la banda.
- ETAPA 4. Por último, se han integrado los 4 umbrales de impacto potencial de las acciones del Plan obtenidos en el checklist, con las 5 clases de Calidad Natural de España. El resultado ha sido que en las bandas de 12 km de ancho de cada infraestructura, todos sus píxeles de 100 m de lado han quedado clasificados en 4 niveles de impacto potencial: compatible, moderado, severo y crítico.

## Etapa del checklist de impactos potenciales del PIT

A partir de la integración del mapa de Calidad Natural y los Planes de Infraestructuras lineales del PIT 2000-2007 (figura 2). El siguiente paso del *screening* ha consistido en la creación de un checklist para estimar los impactos potenciales de las 27 acciones que están previstas en el PIT 2000-2007, en relación con los 15 elementos del medio o variables que deben ser analizadas en una EAE según la Directiva CE/2001/42. Las 27 acciones prevista en este Plan son:



Figura 2. Resultado del modelo de previsión de impactos potenciales en el screening de una EAE del Plan de Infraestructuras 2000-2007 (metadatos: estándar europeo de proyección Lambert Equal Area y Datum ETRS89. Mapas ráster con píxel de 100 m)

- Construcción de nuevas carreteras donde no existían otras vías asfaltadas:
  1. Vías urbanas.
  2. Carreteras autonómicas tipos I.
  3. Carreteras autonómicas tipos II.
  4. Carreteras autonómicas tipos III.
  5. Carreteras nacionales.
  6. Autovías.
  7. Autopistas.
  
- Nueva construcción o remodelación de tramos de vías urbanas, carreteras autonómicas tipos I, II y III, carreteras nacionales, autovías y autopistas en donde ya existían infraestructuras de un orden inferior (en un radio de 2 km):
  8. Tramo urbano a autovía.
  9. Tramo urbano a autopista.
  10. Autonómica-III a autonómica-II.
  11. Autonómica-III a autonómica-I.
  12. Autonómica-III a nacional.
  13. Autonómica-III a autovía.

14. *Autonómica-III a autopista.*
15. *Autonómica-II a autonómica-I.*
16. *Autonómica-II a nacional.*
17. *Autonómica-II a autovía.*
18. *Autonómica-II a autopista.*
19. *Autonómica-I a nacional.*
20. *Autonómica-I a autovía.*
21. *Nacional a autovía.*
22. *Nacional a autopista.*
23. *Autovía a autopista.*
24. *Autonómica-I a autopista.*

- Construcción de nuevos ferrocarriles donde no existían otras vías ferroviarias:

25. *Tren convencional nuevo.*
26. *AVE nuevo.*

- Nueva construcción o remodelación de tramos de ferrocarriles en donde ya existían infraestructuras de un orden inferior (en un radio de 2 km):

27. *Tren convencional a AVE.*

A continuación se han utilizado los 15 elementos del medio que propone la Directiva CE/2001/42 (*biodiversidad, población, salud humana, fauna, flora, tierra, agua, aire, clima, bienes materiales, patrimonio cultural, arquitectónico y arqueológico, paisaje e interrelación entre factores*), para obtener una lista de *checklist* que informe sobre los umbrales de los impactos potenciales de las 27 acciones del Plan frente a estos 15 elementos del medio. Para ello se ha realizado una consulta a 10 investigadores pertenecientes al Centro de Investigaciones del Transporte TRANSyT, a la Universidad Politécnica de Madrid y a la Universidad Complutense de Madrid. En la Tabla 2 se presentan los resultados obtenidos en la encuesta que recogen valores medios de impactos potenciales, que se han clasificado en 4 umbrales de impacto potencial (0 a 3), que tendrían una correspondencia relativa con los 4 niveles de impacto ambiental que recoge la Legislación Nacional de Evaluación de Impacto Ambiental regulada por el Real Decreto Legislativo 1302/86, de 28 de junio, cuyo reglamento de aplicación es el Real Decreto 1131/88, de 30 de septiembre de 1988. Estos niveles de impacto son: *impacto compatible, impacto moderado, impacto severo e impacto crítico*.

La siguiente etapa ha consistido en la definición y cartografía de zonas de la España con alto riesgo de afección ambiental del PIT 2000-2007. Para ello se ha realizado un análisis con el SIG que ha comparado el escenario de las infraestructuras lineales existentes en el año 2000 ("escenario 0") frente a la previsión existente de las infraestructuras lineales para el año 2007. Para ello se han realizado un conjunto de operaciones con los mapas ráster en el SIG que han permitido generar un mapa que representa los pasillos de 12 km de ancho en torno a cada infraestructura lineal del PIT 2000-2007.

Estos pasillos representarían las zonas con elevado riesgo de afección ambiental por el PIT 2000-2007 (figura 2). Se han seleccionado estas bandas de 6 km a cada lado de las vías en función de una comparación con otros estudios de impacto ambiental de diferentes proyectos de infraestructuras lineales. A continuación se ha realizado una intersección entre este mapa de bandas de 12 km de ancho sometidas a un elevado riesgo de afección ambiental por el Plan, con el Mapa de Calidad Natural de 5 clases de Calidad Natural (figura 1).

El último paso del screening ha sido integrar los 4 umbrales de impacto potencial de los 27 tipos de acciones del Plan, que se habían obtenido en el checklist (tabla 2), con las 5 clases de Calidad del Mapa de Calidad Natural (figura 1). Esta integración se ha realizado utilizando como modelo una matriz de valoración de doble entrada (tabla 3), que se ha aplicado únicamente en las bandas de 12 km sometidas a un elevado riesgo de afección ambiental por el Plan. En esta integración se han identificado además aquellos píxeles que pueden experimentar simultáneamente el impacto de dos o más infraestructuras previstas en el Plan dentro de los pasillos de 12 km, con el objetivo de comenzar a tomar en consideración aquellos impactos ambientales que tienen un carácter "acumulativo y/o sinérgico", tal y como establece la Directiva 2001/42/CE.

Como resultado de esta integración se ha podido obtener un Mapa de Impactos Potenciales del PIT 2000-07 (Figura 2), que ha permitido detectar los corredores que son "críticos" por su alto riesgo de impacto ambiental, y además, este Mapa de Impactos Potenciales ha permitido localizar dentro de los corredores de 12 km aquellas áreas con mejor capacidad para acoger algunos trazados alternativos del Plan.

## Resultados y discusión

El screening indica que el Plan de Infraestructuras PIT 2000-07 afecta de forma potencial al menos a un 27,91% de la España peninsular e islas Baleares, lo que supone 13.914.941 ha. En este territorio que puede ser afectado por el Plan existe la siguiente distribución de probabilidades de impacto ambiental, estimadas mediante una integración de su Calidad Natural y los diferentes tipos de acciones previstas en el PIT 2000-07:

- Alta probabilidad de impacto del tipo "compatible" en un 25,51% de su superficie (3.549.288 ha).
- Alta probabilidad de impacto del tipo "moderado" en un 35,61% de su superficie (4.955.127 ha).
- Alta probabilidad de impacto del tipo "severo" en un 13,60% de su superficie (1.892.566 ha).
- Alta probabilidad de impacto del tipo "crítico" en un 25,28% de su superficie (3.517.960 ha).



TABLA 3

Modelo de valoración del impacto potencial integrando las 5 clases de calidad con los 27 tipos de acciones previstas en el Plan

	MODELO EIA FINAL				
	CALIDAD NATURAL ESPAÑA				
	13%	26%	30%	31%	1%
CLASES EIA	1 (1-20%)	2 (20-40%)	3 (40-60%)	4 (60-80%)	5 (80-100%)
autonómica-III a autonómica-II	1	1	1	2	4
autovía a autopista	1	1	1	2	4
autonómica-II a autonómica-I	1	1	1	2	4
autonómica-I a nacional	1	1	1	2	4
nuevas autonómicas-III	2	1	2	3	4
nuevos tramos urbanos	2	1	2	3	4
autonómica-III a autonómica-I	2	1	2	3	4
autonómica-III a nacional	2	1	2	3	4
autonómica-I a nacional	2	1	2	3	4
nuevas autonómicas-II	3	1	3	4	4
nuevas autonómicas-I	3	1	3	4	4
nuevas nacionales	3	1	3	4	4
Tren convencional nuevo	3	1	3	4	4
tramo urbano a autovía	3	1	3	4	4
tramo urbano a autopista	3	1	3	4	4
autonómica-III a autovía	3	1	3	4	4
autonómica-II a autovía	3	1	3	4	4
autonómica-I a autovía	3	1	3	4	4
autonómica-I a autopista	3	1	3	4	4
nacional a autovía	3	1	3	4	4
nacional a autopista	3	1	3	4	4
Tren convencional a AVE	3	1	3	4	4
nuevas autopistas	4	1	4	4	4
nuevas autovías	4	1	4	4	4
AVE nuevo	4	1	4	4	4
autonómica-III a autopista	4	1	4	4	4
autonómica-II a autopista	4	1	4	4	4

El screening indican además que al menos un 38,88% de las zonas afectadas por el PIT 2000-07 (pasillos de 12 km) están sometidas a un riesgo elevado de impacto ambiental (impactos severos y críticos). Este diagnóstico ambiental global permite concluir que el Plan debe ser sometido, de forma inequívoca, a una Evaluación Ambiental Estratégica. Además, dentro de los pasillos de 12 km existe un 26% de impactos potenciales que pueden experimentar simultáneamente el impacto de dos o más infraestructuras previstas en el Plan, lo que permite hacer una primera estimación de los impactos ambientales que tienen un carácter "acumulativo y/o sinérgico", tal y como establece la Directiva 2001/42/CE de EAE.

El screening indica también, que al menos el 25,28% de las zonas afectadas por el Plan (pasillos de 12 km) están sometidas a un riesgo elevado de impacto crítico. Esto significa que los futuros Procedimientos de Evaluación de Impacto Ambiental (EIA) aplicados a cada proyecto concreto, dentro de las zonas que el screening señala como críticas, tienen una probabilidad elevada de obtener una Declaración EIA Negativa emitida por el Organismo Sustantivo Ambiental, lo cual comprometerá la viabilidad legal de dichos Proyectos. En este sentido, Otero et al. (1999) indican que en los procedimientos de evaluación ambiental conviene

utilizar criterios de evaluación que identifiquen impactos excluyentes (críticos), que resulten inaceptables en cada una de las alternativas del estudio. Estas zonas o criterios excluyentes pueden afectar a uno o más factores ambientales, no obstante, si en uno de ellos el impacto resultase crítico bastaría para excluir la zona o incluso la alternativa. Estos criterios tienen como objetivo final la limitación del área de acción del plan o proyecto, excluyendo las zonas con alto valor ambiental. De forma que se reduce la superficie de estudio, permitiendo concentrar los esfuerzos en el resto de los posibles impactos.

Por otra parte, si se realiza una comparación entre los diferentes porcentajes territoriales de Calidad Natural obtenidos (figura 1) frente a los porcentajes de las clases de Impacto Potencial del Plan obtenidas en los pasillos de 12 km (figura 2, tabla 3), se detectan varias cuestiones:

- Las superficies que han obtenido una valoración de Calidad Natural "muy baja y baja" (figura 2, tabla 3) ocupan el 48,28% del territorio nacional, con 24.072.780 ha. Esta gran extensión de territorio que presenta un medio natural muy alterado y se explica por la enorme incidencia de la actividad humana a lo largo de la historia de la Península Ibérica.
- Sin embargo, las zonas afectadas por el PIT 2000-07 (pasillos de 12 km) que presentan un impacto potencial compatible, únicamente representan un porcentaje del 25,51% del impacto ambiental total (figura 2, tabla 3). Este valor es netamente inferior a las zonas afectadas que tienen un impacto moderado (35,61%) y las zonas con impactos severos y críticos (38,88% en conjunto). Este desequilibrio indica que en la elaboración del Plan no se han integrado todavía ningún criterio ni modelo ambiental, que optimice la planificación de los trazados para ocupar al máximo las zonas con menor calidad ambiental y minimizar el daño en las áreas con mayor valor natural.

Los resultados del screening aplicados al PIT 2000-2007 permiten concluir, de forma inequívoca, que el procedimiento de EAE es imprescindible para evaluar el PIT y otros Planes de Infraestructuras semejantes y además, la EAE debe incidir de forma decisiva en el desarrollo de su proceso planificador. En definitiva, el presente trabajo propone un modelo de screening que puede y debe incidir en los procesos de toma de decisiones, la generación de alternativas y el desarrollo de los Planes de Infraestructuras en España, con el objetivo de alcanzar un elevado nivel de protección del medio y un desarrollo sostenible efectivo.

Estas propuestas son consistentes con los Informes *Brutland* (CMMAD, 1988), *Cuidar la Tierra* (IUCN-UNEP-WWF, 1991), *Informe del Consejo de Negocios Mundial sobre Desarrollo Sostenible* (WBCSD, 1992), así como la *Declaración de Río* y la *Agenda 21*, emanados de la "Cumbre de Río", auspiciada por la ONU (1992), que exigen la integración de desarrollo y sostenibilidad y subordinan el desarrollo a los límites cambiantes de la capacidad de carga de los ecosistemas, en función de la capacidad tecnológica y productiva de los sistemas socioeconómicos, para maximizar así el valor añadido y minimizar el uso de energía y recursos (Oñate et al., 2002).

También conviene destacar que el empleo de soportes SIG en la fase de screening ha permitido minimizar los dos inconvenientes que Thérivel (1996) destaca en las EAE: *utilización de un elevado número de datos difíciles de interpretar, debido a la escala de trabajo y las numerosas variables que se contemplan; y existencia de niveles de incertidumbre debido al poco detalle característico de estas etapas de planificación.* Así, el uso de SIG ha permitido optimizar la relación entre el nivel de detalle y la escala de trabajo del Screening, para lograr que este screening (y la posterior EAE) se integren de forma efectiva en el proceso planificador de los Planes de Infraestructuras españoles, con el objetivo de incorporar los principios de sostenibilidad en unos Planes que tienen una enorme trascendencia ambiental y socioeconómica.

## Bibliografía

- Aguiló Alonso, M. et al. (1995): *Guía para la elaboración de estudios del medio físico. Contenido y metodología.* Serie Monografías. Ministerio de Medio Ambiente.
- Arce y Gullón (2000): *The application of Strategic Environmental Assessment to sustainability.*
- EEA (2001): *Implementation of strategic environmental assessment (SEA) in the transport sector.* European Environmental Agency
- García-Montero, L. G.; Bravo, D.; Mancebo, S.; Pascual, C.; García-Cañete, J., y García-Abril, A. (2003): *Ensayo metodológico de planificación física de una autovía en el Estado Miranda (Venezuela).* Observatorio Medioambiental (en prensa).
- Jiliberto, R. et al. (2000): *Evaluación Ambiental Estratégica de políticas, planes y programas. Libro Blanco de la política comunitaria de transporte (1992).*
- Ministerio de Fomento (2000): *Plan de infraestructuras 2000-2007.*
- Ministerio de Medio Ambiente. Dirección General de Calidad y Evaluación Ambiental (1996): *Indicadores ambientales. Una propuesta para España.*
- Ministerio de Medio Ambiente (1996): *Guías Metodológicas para la elaboración de estudios de impacto ambiental. Carreteras y ferrocarriles.*
- Ministerio de Obras Públicas y Transporte (1993): *Plan Director de Infraestructuras 1993-2007.*
- Ministerio de Obras Públicas, Transporte y Medio Ambiente (1995): *Guías metodológicas para la elaboración de estudios de impacto ambiental: 1. Carreteras y Ferrocarriles.*
- Monzón, A. et al. (1992): "Método de ponderación de la traza para la evaluación de impactos ambientales de carreteras", en *Estudios Geográficos*, tomo L. 111, núm. 2, 209, octubre-diciembre.
- OCDE (2000): *Strategic Environmental Assessment for Transport.*
- Oñate, J.; Pereira, D.; Suárez, F.; Rodríguez, J. J., y Cachón, J. (2002): *Evaluación Ambiental Estratégica: La Evaluación Ambiental De Políticas, Planes y Programas,* Ediciones Mundi-Prensa.
- Otero, I. et al. (1991): *La accesibilidad en los estudios de medio físico: estudio comparativo de índices de accesibilidad,* págs. 39-42. Colegio y Asociación de Ingenieros de Montes.
- Otero, I. et al. (1999): *Impacto ambiental de carreteras: evaluación y restauración,* Comunidad de Madrid.

- Otero, I. et al. (1999): *Paisaje, Teledetección y SIG*, Fundación Conde del Valle de Salazar. Parlamento Europeo. 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. DOCE L197/30, de 21 de julio del 2001.
- Partidario, M. R. (2000): "Elements of a SEA framework. Improving the added value of SEA", *Environment Impact Assessment Review*, 20(2000): 647-663.
- Ramos, A. (ed.) (1987): *Diccionario de la Naturaleza*, Espasa-Calpe, Madrid.
- Thérivel, R., y Partidario, M. R. (1996): *The Practice of Strategic Environmental Assessment*, Earthscan Publications Ltd.
- Therivel: *Sustainability Consultants (July 2002)*, Guidance On Strategic Environmental Assessment.
- Therivel, R. (2002): *Implementing the SEA Directive: Analysis of existing practice*, Levett-Therivel Sustainability Consultants.
- V Programa de Acción del Programa Comunitario de política y actuación en materia de medio ambiente y desarrollo sostenible.
- Von Seht, H. (1999): "Requirements of a comprehensive strategic environmental assessment system", *Landscape and Urban Planning*, 45(1999): 1-14.
- Wood, C. (1995): *Environmental Impact Assessment: A Comparative Review*, Addison Wesley Longman Ltd. Essex.

## BLOQUE III

### EVALUACIÓN DE IMPACTO AMBIENTAL

# AVANCES AL ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL DEL PROYECTO DE APROVECHAMIENTO INTEGRAL DE RECURSOS NATURALES "MAR DE TRAFALGAR"

---

Bejarano Moreno, A.<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Director Técnico de la Delegación de Andalucía de Tecnoambiente  
Pueblo marinero de Puerto Sherry, Casa n.º 40 - Apdo. correos 390  
Puerto de Santa María, Cádiz (España) - Teléfono 95 654 24 45  
e-mail: antonio.bejarano@tecnoambiente.com

#### Resumen

El Proyecto "Mar de Trafalgar" fue concebido con el objetivo de aprovechar íntegramente los recursos naturales del Golfo de Cádiz, de una forma limpia, sostenible y con escasa o nula repercusión ambiental, estableciéndose como base del citado desarrollo el aprovechamiento del enorme potencial eólico que presentan las áreas que circundan al Estrecho de Gibraltar. Íntimamente ligado a la aerogeneración eléctrica offshore se plantearon, de forma paralela, otros vectores de desarrollo, siendo el impulso de una moderna acuicultura en mar abierto y la regeneración de los caladeros artesanales de pesca las alternativas seleccionadas para la internalización de las excelentes condiciones bioclimáticas del golfo gaditano. El agrupamiento de toda esta batería de consideraciones en una sola actuación hace que el Proyecto "Mar de Trafalgar" se presente a la vanguardia del desarrollo tecnológico actual, no contando con ningún tipo de referentes a nivel europeo ni mundial.

*Palabras clave:* Es.I.A., sostenibilidad, eólica, acuicultura, offshore

#### Abstract

*The Project "Sea of Trafalgar" was conceived with the objective to take advantage of the natural resources the Gulf of Cádiz, of a clean, sustainable form*

*and with little or null environmental repercussion, settling down as it bases of the mentioned development the advantage of the enormous eolic potential that displays the areas that they surround to the Strait of Gibraltar bounded to offshore electrical wind generation were considered in parallel way, other vectors of development, being the impulse of a modern aquaculture in open sea and the regeneration of the traditional places for casting fishing-nets were the best alternatives selected to profit the excellent bioclimatic conditions of the Gulf of Cadiz. The group of all this considerations in a single performance does that the Project "Sea of Trafalgar" appears to the vanguard of the present technological development, not telling on any type of referring to European nor world-wide level.*

## Introducción

La singularidad y particularidad del Proyecto de Aprovechamiento Integral de Recursos Naturales "Mar de Trafalgar" implica que su concepción general diste bastante de las pautas habituales seguidas al día de hoy para el desarrollo convencional de la energía eólica offshore en el norte de Europa. Su concepción, lejos de configurarse como una simple instalación de aerogeneración eléctrica, enlazaría más correctamente con la planificación, diseño y ejecución de una actuación integral sobre el litoral que presenta, adicionalmente, una elevada especificidad territorial, objetivo que se consigue seleccionando minuciosamente la totalidad de sus componentes principales, tanto estructurales como funcionales, en base a la realidad física, natural, social y económica del emplazamiento elegido. Con ello se logra dotar a la comarca de La Janda, y más concretamente a su frente litoral, de los principales pilares sobre los que apoyar su economía, actualmente inmersa en un estado patente de regresión, planteándose un aprovechamiento integral de sus recursos naturales bajo criterios prioritarios de sostenibilidad ambiental. Esta situación junto a otras particularidades metodológicas, incluso de carácter sustancial como las relativas a la fase de screening, hacen que este Proyecto cuente con una singularidad manifiesta, detectándose incluso particularidades relevantes en el desarrollo habitual del procedimiento administrativo de autorización que habitualmente lo regula.

## Material y métodos

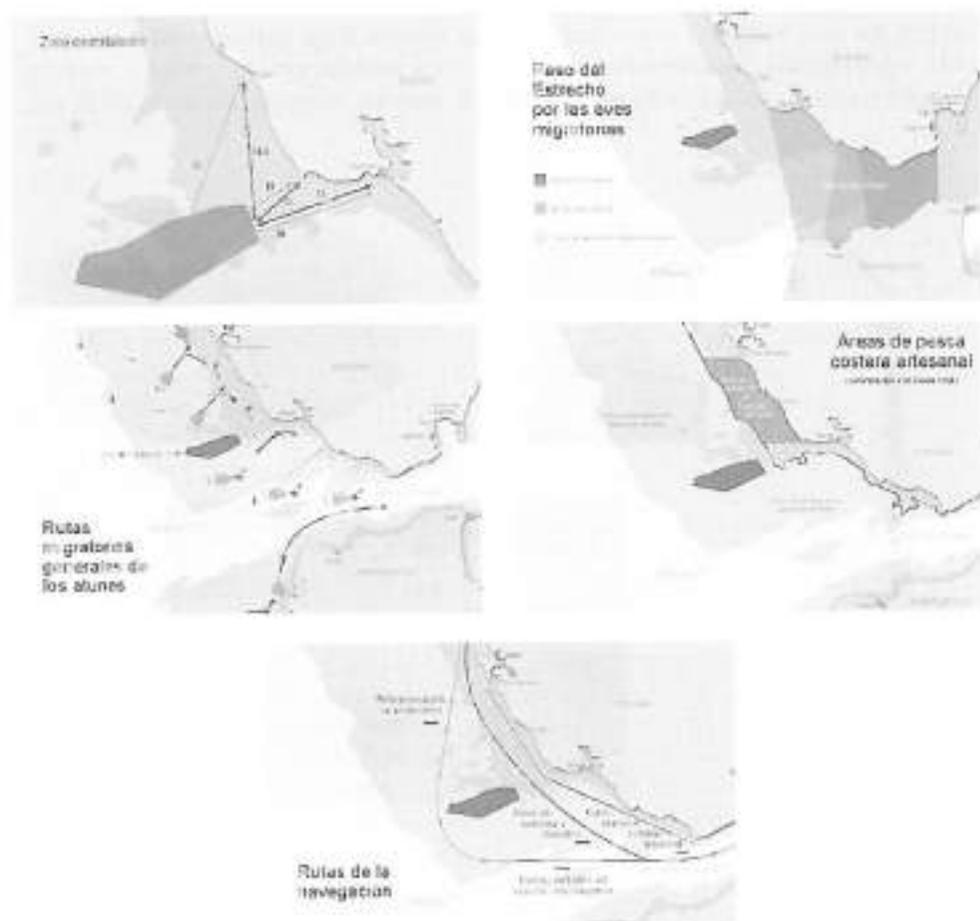
Para conseguir los objetivos planteados en el proyecto, se dispusieron una serie de medidas que han velado, en todo momento, por el óptimo desarrollo y diseño del mismo. Entre ellas cabe hacerse mención especial, por su importancia conceptual, las que a continuación se relacionan:

- La inclusión de un equipo multidisciplinar de especialistas, incluidos ambientalistas, desde las primeras etapas de concepción y toma de decisiones (tal y como se recoge en la Directiva 85/337/CEE del Consejo, de

27 de junio de 1985, relativa a la Evaluación de las Repercusiones de determinados Proyectos Públicos y Privados sobre el Medio Ambiente)

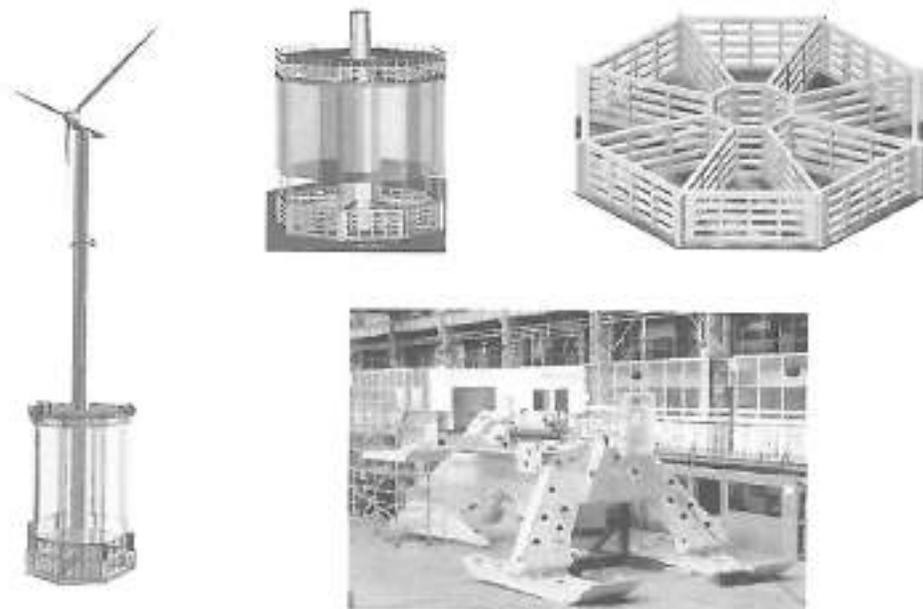
- La selección de las acciones más acordes desde el punto de vista de la conservación del Medio Ambiente, capaces de alcanzar los objetivos conceptuales del proyecto con los mínimos costes ambientales, destacándose la correcta selección del emplazamiento y la elección de los aspectos constructivos adecuados.

Este procedimiento, en el que se han incorporado secuencialmente las conclusiones de los estudios apriorísticos de las incidencias potenciales, ha permitido modelar las principales acciones del proyecto, de forma que las medidas que habitualmente forman parte del estudio de impacto ambiental, es decir, aquellas protectoras, mitigadoras y correctoras, redactadas siempre *a posteriori*, han sido tenidas en cuenta a la hora de acometer el diseño del Proyecto, retroalimentando,



con ello, el proceso de toma de decisiones. Bajo este escenario ha sido abordado el mayor de los retos que planteaba el Proyecto de "Mar de Trafalgar", conseguir un diseño estructural del mismo acorde y plenamente condicionado al entorno receptor del global de la actuación. Para ello ha debido acometerse una detallada planificación territorial y tecnológica desarrollada ambas en perfecta sintonía a fin de evitar desajustes no deseados que pudieran derivar en impactos irreversibles sobre el Medio Ambiente. Así, dentro de la planificación territorial se han estudiado variables como las comunidades bentónicas de los fondos marinos implicados, las principales rutas de aves, la pesca (flota artesanal), las especies comerciales como el caso del atún y su extracción en almadrabas, el paisaje y la navegación (comercial y recreativa), entre otras.

Por otro lado, la planificación tecnológica ha incluido aspectos tan relevantes como avances relativos a la cimentación mediante micropilotes, técnica menos agresiva medioambientalmente que el monopilotado (sustrato blando) o en bancada (sustrato duro), la utilización de escarificador para el tendido de la evacuación eléctrica, donde se minimiza la resuspensión de sedimentos, la puesta en práctica de una moderna acuicultura en mar abierto bajo condiciones hidrodinámicas significativas, facilitándose la dispersión y asimilación del pellet y material sobrante particulado, aspecto este último de enorme repercusión ambiental, etc.



Al margen de todo lo visto, el peculiar diseño del Proyecto "Mar de Trafalgar" ofrece una serie de oportunidades dirigidas a la potenciación y diversificación de la economía de la comarca jandeña, centradas fundamentalmente en el sector pesquero. De esta forma, la regeneración del caladero tradicional explotado por la flota artesanal de Conil y Barbate mediante la introducción de biotopos de producción y la comercialización in situ de los productos derivados de la acuicultura, afianzan las bases de una economía local, inmersa en la actualidad en claro proceso decadente. Una vez finalizado la totalidad del proceso preliminar, en lo que a planificación y diseño se refiere, se ha abordado el correspondiente estudio de impacto ambiental, el cual se encuentra en la actualidad en pleno proceso de revisión. No obstante, a modo de avance, pueden detallarse los resultados obtenidos en la identificación y valoración de los potenciales impactos, esbozándose las principales incidencias detectadas sobre las variables ambientales consideradas en el estudio. A fin de ofrecer las máximas garantías técnicas y metodológicas a la hora de redactar el documento referido, han sido utilizadas diferentes guías especializadas de publicación internacional así como estudios de impacto y resultados concretos de planes de vigilancia de otros parques que actualmente se encuentran en monitorización, lo que ha permitido ajustar adecuadamente la selección de los elementos generadores y receptores de impactos y la intensidad prevista para los mismos.

## Resultados y discusión

Como resultado de todo el proceso valorativo realizado para cada una de las variables ambientales en cada una de las fases del proyecto se ha obtenido, a modo de resumen, lo que recoge los siguientes cuadros recopilatorios.

DETALLES DE LOS IMPACTOS SEGUN LAS FASES DEL PROYECTO		FASE DE CONSTRUCCIÓN	FASE DE FUNCIONAMIENTO	FASE DE ABANDONO	CARÁCTER PREVIO DE LOS IMPACTOS
SISTEMA FÍSICO-NATURAL	Medio Inerte	Impacto Compatible Negativo de Intensidad Baja	Impacto Compatible Positivo de Intensidad Media-Baja	Impacto Nulo o Poco Significativo de Intensidad Nula	IMPACTO COMPATIBLE NEGATIVO
	Medio Biótico	Impacto Compatible Negativo de Intensidad Baja	Impacto Compatible Positivo de Intensidad Media-Baja	Impacto Moderado Positivo de Intensidad Media-Baja	IMPACTO COMPATIBLE POSITIVO
SISTEMA PERCEPTUAL	Medio Percceptual	Impacto Nulo o Poco Significativo de Intensidad Baja	Impacto Compatible Negativo de Intensidad Media-Baja	Impacto Nulo o Poco Significativo de Intensidad Baja	IMPACTO COMPATIBLE NEGATIVO
SISTEMA SOCIOEC.	Actividades Económicas	Impacto Compatible Positivo de Intensidad Media	Impacto Compatible Positivo de Intensidad Alta	Impacto Moderado Positivo de Intensidad Media-Alta	IMPACTO COMPATIBLE POSITIVO
	Usos No Económicos	Impacto Compatible Positivo de Intensidad Media	Impacto Compatible Positivo de Intensidad Alta	Impacto Compatible Positivo de Intensidad Media	IMPACTO COMPATIBLE POSITIVO
	Infraestructuras	Impacto Nulo o Poco Significativo de Intensidad Baja	Impacto Compatible Positivo de Intensidad Alta	Impacto Compatible Positivo de Intensidad Media	IMPACTO COMPATIBLE POSITIVO
SISTEMA CULTURAL	Medio Cultural	Impacto Nulo o Poco Significativo de Intensidad Baja	---	---	IMPACTO NULO

de Guadix (Granada), para el ensayo se tomaron muestras de suelo hasta con más de 2 m de profundidad en dos escenarios comparados: zonas sometidas a la infiltración directa y zonas testigo en las cuales no se produjo vertido de las aguas residuales.

Los resultados muestran como los primeros centímetros del suelo resultan ser un filtro eficaz para la gran mayoría de bacterias fecales. Aunque en algunas ocasiones se han detectado poblaciones microbianas indicativas de contaminación por fecales a más de 1 m de profundidad, por lo que no se puede asegurar la ausencia de contaminación bacteriana en las aguas subterráneas. No obstante, los resultados son muy alentadores y permitirán en un futuro establecer un protocolo para la evaluación ambiental y sanitaria de las instalaciones que utilicen esta tecnología.

## Introducción y objetivos

Las instalaciones de depuración de aguas residuales urbanas mediante infiltración directa sobre el terreno (IDT) de Dehesas de Guadix, provincia de Granada (Moreno, 2002), son un modelo experimental construido con el fin de valorar la depuración de aguas residuales urbanas mediante IDT como sustituto de las técnicas convencionales, cuando éstas no pueden ser aplicadas debido a sus elevados costos de instalación y mantenimiento, especialmente en pequeñas poblaciones rurales del área mediterránea. En el año 2005 será necesaria la adaptación a la Directiva Comunitaria 91/271 sobre depuración de aguas residuales urbanas que obliga al cumplimiento de un estricto calendario, según el cual en dicha fecha todas las poblaciones de más de 2.000 habitantes deberán dar a sus aguas residuales al menos un tratamiento primario, incluso un tratamiento secundario si se asientan sobre zonas clasificadas como sensibles.

Una importante ventaja de la IDT sobre otras tecnologías es que tanto desde el punto de vista de la relación coste/efectividad como del análisis del coste/volumen de agua tratada, suele ser la opción más favorable, llegándose, según algunos autores, a un precio por metro cúbico de agua tratada inferior en más del 40% a los procesos tradicionales (Bouwer, 1991; Viswanathan et al., 1999; Nema et al., 2001).

Los rendimientos obtenidos en sistemas de depuración mediante IDT son muy variables dependiendo del indicador considerado. Las mayores tasas de eliminación se han medido en materia en suspensión o, en general, de elementos formes (parásitos, bacterias, virus) debido a la eficacia del suelo como filtro mecánico. El rendimiento en la eliminación de fósforo llega con frecuencia al 100%, quedando en la mayoría de las ocasiones por encima del 95%, lo que impide o dificulta la aparición de fenómenos de eutrofización cuando existe conexión con aguas superficiales (Bouwer et al., 1980; Karanek et al., 1993; Guilloteau et al., 1993; Guessab et al., 1993; Wilson et al., 1995; Viswanathan et al., 1999; Cui Li Hua et al., 2000). El objetivo de este trabajo es evaluar la

seguridad desde el punto de vista sanitario de las instalaciones de Dehesas de Guadix, tal y como aconseja la Organización Mundial de la Salud<sup>1</sup>.

## Material y métodos

Para alcanzar los objetivos se propuso el uso de escenarios comparados, eligiendo zonas sometidas a la infiltración directa durante más de 4 años y tomando como control zonas análogas que nunca recibieron las aguas residuales urbanas.

El vertido de aguas residuales se realizó durante periodos de 7 días alterando con periodos de 21 días de secado del lecho filtrante. Las cuatro subparcelas que componen la planta piloto fueron utilizadas de manera alterna. El volumen promedio de aguas residuales diario oscila entre 80-83 m<sup>3</sup> día.

Se tomaron muestras inalteradas de suelo en cada uno de los escenarios con un tomamuestras Cobra hasta una profundidad de 2,5 m (figuras 1 y 2) embutidas en camisas de polietileno, lo que evita la contaminación cruzada entre diferentes niveles. Las muestras tienen una longitud total de 100 cm y un diámetro de 5 cm, siendo selladas en secciones de 20 cm y refrigeradas a 4° C.



Figura 1. Aspecto de las balsas de infiltración y del entorno de Dehesas de Guadix.

<sup>1</sup> [http://www.who.int/water\\_sanitation\\_health/norms/en/](http://www.who.int/water_sanitation_health/norms/en/)



Figura 2. Toma de muestras inalteradas mediante máquina Cobra.

En el laboratorio las tubos con las muestras se desempaquetaron, se abrieron longitudinalmente con una sierra eléctrica y el muestreo se llevó a cabo utilizando equipo estéril. Para el análisis se tomó un gramo de la fracción de suelo correspondiente. Una vez homogeneizado, se disolvió en un litro de agua estéril. 100 mL de cada disolución homogeneizada se filtraron utilizando filtros estériles (0,45  $\mu\text{m}$  de diámetro de poro) que se dispusieron sobre los medios de cultivo apropiados para la detección de cada uno de los microorganismos patógenos correspondientes. Los microorganismos analizados fueron los que indican las normas especificadas por el Real Decreto 140/2003, que determina la calidad de aguas potables de consumo humano.

La detección y recuento de *Escherichia coli* y bacterias coliformes se llevó a cabo siguiendo la Norma UNE-EN ISO 9308-1:2000. La detección y recuento de enterococos se realizó según la Norma UNE-EN-ISO 7899/2:2001. Para la detección de *Clostridium perfringens* se siguió la metodología incluida en el Real Decreto 140/2003 (BOE de 21 de febrero de 2003).

## Descripción del área de estudio

La planta experimental se sitúa en la población de Dehesas de Guadix, provincia de Granada (figura 3). Dehesas de Guadix se asienta en la llanura aluvial del río Guadahortuna y las formaciones Tortonianas (Mioceno superior), que forman un acuífero libre con unos gradientes hidráulicos entre 0,011 y 0,013%, fluctuando la trasmisividad entre 435 y 1.042 m<sup>2</sup> día<sup>-1</sup>.

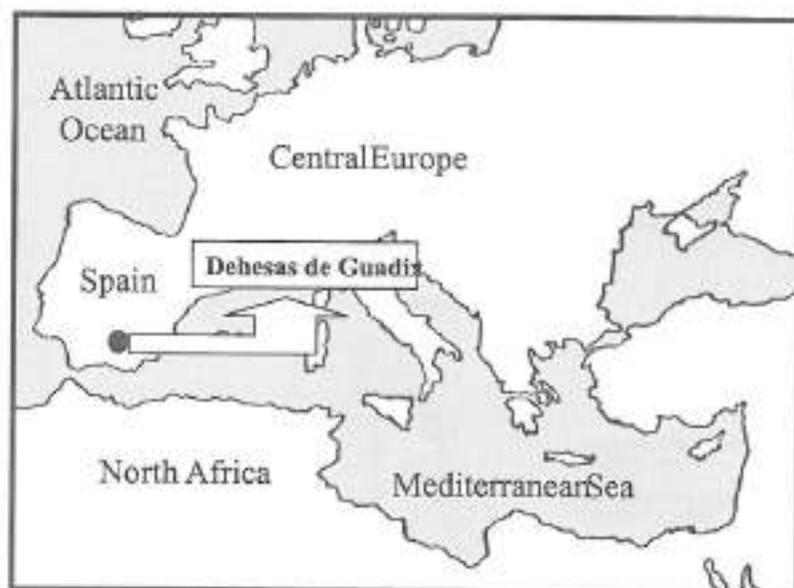


Figura 3. Localización geográfica del área de estudio.

La textura del lecho filtrante es franca limosa y su composición mineral (carbonato cálcico, 44,5%; dolomita, 4,4 %, y cuarzo, 11,25%). El clima es típicamente mediterráneo, con una temperatura media anual de 15,9° C y una evapotranspiración muy alta en verano (mayor de 350 mm/día en los meses de julio y agosto). Desde el punto de vista de la IDT, este material se considera límite siguiendo los estándares de la Environmental Protection Agency al presentar una conductividad hidráulica de 67 cm d<sup>-1</sup>.

Las características técnicas de las instalaciones y del procedimiento de vigilancia y control de las mismas han sido descritas previamente (Moreno, 2002). De forma muy resumida, el agua residual de la población se recoge mediante un sistema unitario y se canaliza hasta la planta experimental mediante tuberías de PVC, donde sufre un pretratamiento consistente en un desbaste, desarenado y desengrasado seguido. Posteriormente el agua se almacena en una balsa de decantación y otra de sedimentación (24 horas en cada balsa) donde se retira la mayor

parte de la materia sedimentable. Una vez decantada el agua se vierte en las balsas a través de un sistema de reparto también en PVC.

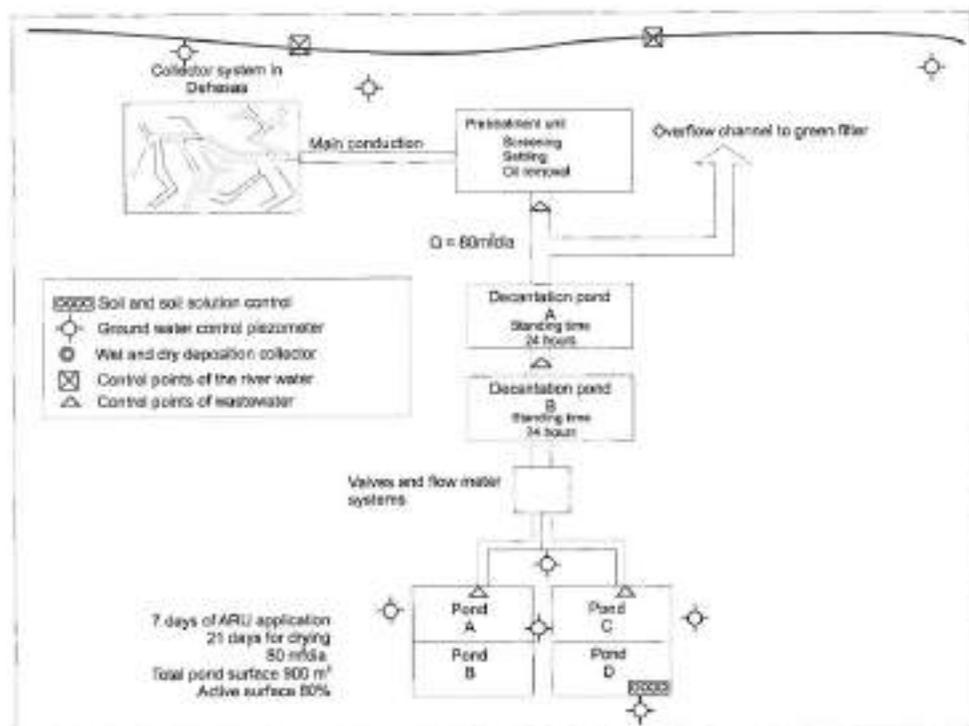


Figura 4. Esquema de las instalaciones.

## Resultados y discusión

### Detección y recuento de *Escherichia coli* y bacterias coliformes

La prueba utilizada para la detección de bacterias coliformes es la siembra en el medio TTC y la incubación a 37 y 44° C. Este medio contiene lactosa y un indicador de pH. La fermentación de este azúcar con producción de ácidos es la prueba presuntiva utilizada para detectar coliformes. Sin embargo, la gran carga microbiana presente en todas las muestras analizadas hizo complicada la detección de coliformes. A pesar de ello, en algunos casos era posible detectar masas y colonias difusas que podrían ser consideradas presuntamente como bacterias coliformes (por la fermentación de la lactosa con producción de ácidos). Aunque el análisis a 44° C es más específico para detectar el crecimiento de bacterias coliformes de procedencia fecal y descartar otras que puedan fermentar la lactosa y no

tener tal procedencia, tampoco permitió una discriminación importante del tipo y morfología de las colonias que crecieron a esa temperatura. A pesar de que el aspecto macroscópico de las colonias crecidas a ambas temperaturas no correspondía con la de ningún coliforme, se llevaron a cabo las pruebas de confirmación, puesto que crecían fermentando la lactosa produciendo ácidos (prueba presuntiva). Habitualmente se llevan a cabo pruebas de confirmación para detectar la presencia de la bacteria *Escherichia coli*. La prueba de confirmación ensayada fue la producción de indol a 44° C por crecimiento en medio líquido TSA durante 24 horas. Estas pruebas dieron un resultado negativo en el caso de todas las colonias ensayadas: 7 procedentes de las placas a 37° C y 5 de las placas a 44° C.

TABLA 1  
Detección y recuentos de coliformes

Muestra (m)	TTC 37°C	TTC 44°C
0 - 0,2	Masa amarilla (7)	Masas
0,2 - 0,4	0	6 colonias difusas
0,4 - 0,6	2 masas	Masas
0,6 - 0,8	Masa	Masas
0,8 - 1	Masa difusa	Masas (12)
0,9 - 1,1	8 - 12 colonias difusas	15 colonias grandes rugosas (11)
1,1 - 1,3	1 colonia difusa (6)	0
1,3 - 1,5	1 colonia difusa	6 colonias grandes rugosas (10)
1,5 - 1,7	2 colonias difusas (4,5)	0
1,7 - 1,84	0	0
<b>Control L3 (1,5 - 1,7)</b>	3 colonias (1,2,3)	2 colonias (8,9)

Entre paréntesis y en negrita, el número asignado a las colonias testadas en el ensayo de confirmación.

A pesar del crecimiento de un gran número de microorganismos en los ensayos realizados, no fue posible detectar la presencia de coliformes en ninguno de los estratos analizados, al menos de una forma cuantitativa.

#### Detección y recuento de enterococos

La presencia de enterococos en las aguas puede considerarse como un indicador de contaminación fecal aunque pueden proceder de otros hábitats. Normalmente su supervivencia en agua es baja y pueden indicar, por tanto, una contaminación reciente. Se trata de *Enterococcus faecalis*, *E. faecium*, *E. durans* y *E. hirae*.

Se consideran enterococos intestinales a aquellos que reducen el cloruro de 2,3,5-trifeniltetrazolio (TTC) (placa de Slanetz) y de hidrolizar la esculina (placa de Bilis-Esculina-Azida). Tras una incubación de los filtros en la placa de Slanetz a 37° C durante 48 horas, se tomaron los filtros y se incubaron en las placas de Bilis-esculina-azida a 44° C durante 2 horas. La primera prueba es presuntiva (y aquellas colonias que presumiblemente pueden ser consideradas enterococos producen colonias de color rojizo) y la segunda es confirmativa de la presencia de enterococos (que harían virar el color del medio de cultivo a negro).

TABLA 2  
Detección y recuentos de enterococos

Muestra (m)	Slanetz	Bilis Esculina Azida	UFC/g
0 - 0,2	24	12	120
0,2 - 0,4	5	4	40
0,4 - 0,6	4	0	0
0,6 - 0,8	2 + 1 hongo	1 + hongo	10
0,8 - 1	2	Masa	-
0,9 - 1,1	Masa	Masa	-
1,1 - 1,3	2	0	0
1,3 - 1,5	1	0	0
1,5 - 1,7	2	1	10
1,7 - 1,84	Masa	Masa	-
Control L3 (1,5 - 1,7)	0	0	0

Se dan los resultados en microorganismos por gramo de suelo.

Existe un significativo número de enterococos por gramo de suelo en los primeros estratos que se va reduciendo paulatinamente. Sin embargo, estos enterococos podrían pertenecer al propio hábitat del suelo aunque la muestra control no presenta ninguno. Quizá sería aconsejable realizar un control con una muestra tomada en los primeros 20 cm del suelo usado como control. Asimismo sería muy interesante comprobar el número de enterococos presentes en el agua vertida en la balsa y realizar una comparación.

#### Detección y recuento de *Clostridium perfringens* y sus esporas

La presencia de *Clostridium perfringens* o sus esporas es indicativa de contaminación fecal, por cuanto viven en el intestino del ser humano. La gran resistencia de las esporas a muchos tratamientos hace necesario su análisis para comprobar la contaminación fecal (a veces, lejana en el tiempo). Sin embargo, existen numerosas especies del género *Clostridium* que proliferan en el suelo, por lo que

la discriminación entre unas especies y otras es necesaria para verificar la presencia de este indicador fecal.

La prueba presuntiva de detección de bacterias y esporas del género *Clostridium* es la siembra y cultivo durante 48 horas a 44° C en medio m-CP que contiene sacarosa, la cual es fermentada produciendo un color amarillo. La prueba confirmativa de la presencia de *C. perfringens* consiste en la exposición de las colonias amarillas a vapores de NH<sub>4</sub>OH que deberían virar a rosa-rojo para confirmar la presencia de estos microorganismos.

TABLA 3  
Detección y recuento de *Clostridium perfringens*

Estrato (m)	m-CP	+ NH <sub>4</sub> OH
0 - 0,2	> 50	-
0,2 - 0,4	> 50	-
0,4 - 0,6	> 50	-
0,6 - 0,8	> 50	-
0,8 - 1	> 20	-
0,9 - 1,1	4	-
1,1 - 1,3	7	-
1,3 - 1,5	4	-
1,5 - 1,7	4	-
1,7 - 1,84	> 50	-
Control L3 (1,5 - 1,7)	0	0

Los resultados obtenidos con este medio, que es el que actualmente se utiliza en la Unión Europea para la determinación de este microorganismo, no son muy fiables como ha sido recientemente publicado (Araujo et al., 2004). En nuestro caso, el número de colonias fermentadoras de sacarosa (amarillas) es elevado en los primeros estratos y se va reduciendo, salvo en la última muestra (figura 5). Sin embargo, la prueba confirmativa es negativa en todos los casos, lo que debería indicar que se trataría de otras especies del género *Clostridium* (datos no mostrados).

Los resultados muestran la existencia de clostridios sacarosa positivo en todos los estratos del suelo analizado, pero no ha sido posible confirmar la procedencia fecal de éstos. La presencia habitual de microorganismos de este género en los suelos hace difícil la detección específica de aquellos procedentes de las contaminaciones fecales. Sería necesaria la comparación con los valores correspondientes a estos microorganismos presentes en las aguas fecales vertidas en las balsas.

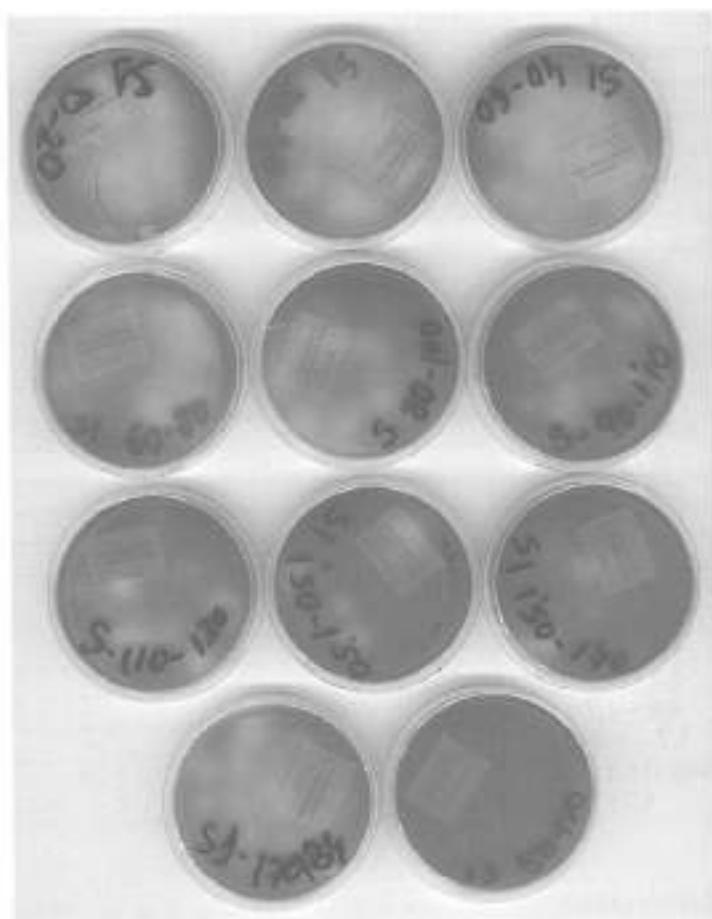


Figura 5. Análisis de la presencia de *Clostridium perfringens* y sus esporas.

## Conclusiones

Los resultados muestran que los primeros centímetros del suelo se comportan como un filtro eficaz para la gran mayoría de bacterias fecales. Aunque en algunas ocasiones se han detectado poblaciones microbianas a más de 1 m de profundidad (aunque no parecen ser de origen fecal), por lo que no se puede asegurar la ausencia de contaminación bacteriana en las aguas subterráneas. No obstante, los resultados son muy alentadores y permitirán en un futuro establecer un protocolo para la evaluación ambiental y sanitaria de las instalaciones que utilicen esta tecnología.

## Agradecimientos

El presente trabajo ha sido financiado por el Instituto Geológico y Minero de España (IGME) y la Comisión Interministerial de Ciencia y Tecnología (CICYT), a través del proyecto REM 2001039HID.

## Bibliografía

[http://www.who.int/water\\_sanitation\\_health/norms/en/](http://www.who.int/water_sanitation_health/norms/en/)

- Araujo, M.; Sueiro, R. A.; Gómez, M. J., y Garrido, M. J. (2004): "Enumeration of *Clostridium perfringens* spores in groundwater samples: comparison of six culture media", *Journal of Microbiological Methods*, 57 (2): 175-80.
- Bouwer H.; Rice, R. C.; Lance, J. C., y Gilbert, R. G. (1980): "Rapid-infiltration research at Flushing Meadows Project, Arizona", *Journal of the Water Pollution Control Federation*, 52(10): 2457-2470.
- Bouwer, H. (1991): *Role of groundwater recharge in treatment and storage of wastewater for reuse*, *Water Science and Technology*, 24: 295-302.
- Cui, L. H.; Zhu, X. Z.; Li, G. X.; Zhang, B. L.; Bai, Y., y Zhang, Z. X. (2000): "Artificial soil rapid infiltration system for treating municipal wastewater in the west of Beijing", *China Environmental Science*, 20(1): 45-48.
- Detección y recuento de *Escherichia coli* y de bacterias coliformes (Norma UNE-EN ISO 9308-1:2000).
- Detección y recuento de enterococos (Norma UNE-EN-ISO 7899/2:2001).
- Directiva Comunitaria 91/271.
- Guessab, M.; Bize, J.; Schwartzbrod, J.; Maul, A.; Morlot, M.; Nivault, N., y Schwartzbrod, L. (1993): "Waste-water treatment by infiltration percolation on sand: Result in Ben Sergho, Morocco", *Water Science and Technology*, 27(9): 91-95.
- Guilloteau, J. A.; Lienard, A.; Vachon, A., y Lesavre, J. (1993): "Wastewater treatment by infiltration basins. Case study: Saint Symphorien de Lay, France", *Water Science and Technology*, 27(9): 97-104.
- Kanarek, A.; Ahoroni, A., y Michail, M. (1993): "Municipal wastewater reuse via soil aquifer treatment for non-potable purposes", *Water Science and Technology*, 27 (7-8): 53-61.
- Métodos oficiales de análisis microbiológicos y criterios sanitarios de la calidad de aguas potables de consumo humano (Real Decreto 140/2003, BOE de 21 de febrero de 2003).
- Moreno Merino, L.; Gómez López, J. A.; Murillo Díaz, J. M. (2002): *Depuración de aguas residuales urbanas mediante infiltración directa sobre el terreno. El modelo experimental de Dehesas de Guadix (Granada)*, *Ingeniería Civil*, núm. 125 (51-60).
- Nema, P.; Ojha, C. S. P.; Kumar, A., y Khanna, P. (2001): "Techno-economic evaluation of soil-aquifer treatment using primary effluent at Ahmedabad, India", *Water Science and Technology*, 35(9): 2179-2190.
- Viswanathan, N. M.; Senafy, M. N.; Rashid, T.; Al-Awadi, E., y Al-Fahad, K. (1999): "Improvement of tertiary wastewater quality by soil aquifer treatment", *Water Science and Technology*, 40(7): 159-163.
- Wilson, L. G.; Amy, G. L.; Gerba, C. P.; Gordon, H.; Johnson, B., y Miller, J. (1995): "Water quality changes during soil aquifer treatment of tertiary effluent", *Water Environment Research*, 67(3): 371-376.



# EVALUACIÓN DE IMPACTO AMBIENTAL TRANSFRONTERIZO DE LAS CENTRALES ELÉCTRICAS ACTUALES Y FUTURAS EN LA REGIÓN CALIFORNIA (EUA)-BAJA CALIFORNIA (MÉXICO)

---

Nieblas Ortiz, E. C.<sup>1</sup>, y Quintero Núñez, M.<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Instituto de Ingeniería de la Universidad Autónoma de Baja California  
Mexicali, México - Teléfono: (686) 566 41 50 - e-mail: efrainnieblas@uabc.mx

<sup>2</sup> Instituto de Ingeniería de la Universidad Autónoma de Baja California  
Mexicali, México - Teléfono: (686) 566 41 50 - e-mail: maquinu@ing.mxl.uabc.mx

## Resumen

Para hacer frente a los requerimientos futuros de energía, que impulsen el desarrollo de California y Baja California, se estima que a la región fronteriza llegarán nuevas inversiones de generación de electricidad. Baja California puede convertirse en el sitio preferido para el arribo de más inversiones en materia de generación. Este escenario se debe a una mayor laxitud de la normatividad y los procedimientos ambientales de México, respecto a las de Estados Unidos.

Tanto en San Diego-Tijuana como en Imperial-Mexicali se observan problemas de incumplimiento de las normas que, en materia de calidad del aire, han propuesto ambos gobiernos federales. Incrementar la infraestructura de generación eléctrica traerá consigo un aumento de emisiones contaminantes a la atmósfera, en detrimento de la calidad del aire de la región fronteriza.

Se propone el establecimiento de Distritos Binacionales de Administración de las Cuencas Atmosféricas Compartidas. Que establezcan la definición de un procedimiento de Evaluación de Impacto Ambiental Transfronterizo, que adopte la normatividad ambiental más rigurosa, como medida para estandarizar los requisitos relativos a centrales de generación.

## Abstract

It is estimated that new power generation investments will come to the region boundaries in order to confront all the future energy requirements that Baja California and California need to impulse their development. Baja California then can become the preferred place for more investment arrivals related to energy generation. This scene is obligated to a major laxity in the normativity of the environmental procedures in México compared to United States.

A problem of unfulfilling the normativities related to air quality that both federal governments have proposed has been seen in San Diego-Tijuana and Imperial-Mexicali. The increment of facilities to generate energy will cause an increase of polluting emissions to the atmosphere, the air quality in the boundaries of the region will be detrimed.

It is proposed the establishment of binational districts for the air quality administration of the shared air basins, to define an boundary environmental impact assesment procedure, that also adopts the most rigorous environmental normativities, as a mesure to standarize the relative requirements for the new border power plants.

## Introducción

El sector eléctrico del norte de América está inmerso en un proceso de cambios sin precedentes. Se prevé que la reestructuración del mercado y la evolución gradual de las redes de generación y transmisión, extendidas e integradas que conectan a diversas regiones de América del Norte, amplíen y modifiquen los patrones comerciales entre Canadá, Estados Unidos y México (Vaughan, 2002).

La región fronteriza de California-Baja California se ha convertido en un punto focal desde el punto de vista del desarrollo de nueva infraestructura eléctrica. Así Baja California, es vista por los promotores internacionales de generación eléctrica y de terminales de regasificación del Gas Natural Licuado (GNL) como un excelente sitio para los proyectos destinados a servir al mercado energético de California (Powers, 2005).

De conformidad con lo expuesto por Quintero y Sweedler (2005), los residentes fronterizos de ésta región, están comúnmente expuestos a niveles de contaminación del aire que amenazan la integridad de su salud.

En las cuencas atmosféricas compartidas por San Diego-Tijuana e Imperial-Mexicali, las partículas en suspensión (PM10 y PM2.5), el monóxido de carbono (CO) y el ozono (O<sub>3</sub>) constituyen los problemas de contaminación del aire más relevantes. Estos y otros contaminantes están asociados, en parte, a los procesos de generación de energía eléctrica.

Para dar una idea de la magnitud de estos nuevos esquemas de comercio, entre Estados Unidos y México, derivados de un mercado de electricidad más

competitivo y abierto, es importante considerar que la región fronteriza entre ambos países es una de las más dinámicas y complejas en el mundo. Esta área se caracteriza por un alto crecimiento poblacional, acompañado de un aumento en las necesidades de urbanización y de una importante industrialización de su economía. Esto tiene lugar en un contexto de rápidos cambios políticos y económicos (Swedler, 1998).

De alguna manera, la sección de la frontera que comprende los estados de California-Baja California es un área de especial importancia. Ambos estados incluyen a cerca del 42% de la población total que se asienta en la región fronteriza entre México y Estados Unidos. Por el lado estadounidense se encuentran los condados de San Diego y Valle Imperial, en tanto que los municipios de Tijuana, Rosarito, Tecate y Mexicali se encuentran del lado mexicano (Swedler, 2003).

La población actual de esta región es de 5,5 millones de personas. Sin embargo, para el año 2020, se estima que la población ascenderá a cerca del doble, 9,4 millones. Tan sólo la región San Diego-Tijuana alcanzará una población de 7,6 millones en los próximos 16 años.

Este rápido crecimiento de la población, aunado a un importante incremento del sector industrial en las ciudades de Mexicali y Tijuana (Baja California), así como del sector comercio en San Diego (California) son los principales factores que propician el incremento en la demanda de servicios de energía en la región. Así se espera que en Baja California esta demanda se mantenga en un rango alto por los próximos diez años, creciendo entre un 6% y un 7% de manera anual. Por su parte, la ciudad de San Diego, tendrá un incremento en su demanda de electricidad del 3% durante la próxima década.

## El crecimiento de la demanda futura

Para atender la demanda futura de electricidad en la región binacional California-Baja California se han venido discutiendo varias alternativas, entre las que destacan: generar más energía en la región, incrementar las importaciones de electricidad generada en otras regiones, reducir la demanda a través de un uso y consumo más eficiente, o bien alguna combinación de varias de estas estrategias.

En este sentido es un hecho que hace apenas unos pocos años fue propuesta la construcción y operación de una serie de nuevas plantas generadoras de electricidad en esta región binacional. Algunas de las cuales ya han iniciado sus operaciones, otras se encuentran en proceso de construcción, mientras que algunas más están en su fase de planeación. En total estas nuevas centrales aportarán 3,500 MW que se sumarán a la totalidad de la capacidad actual instalada en la región binacional (Swedler, 2003).

Tan sólo en Baja California los planes de la Comisión Federal de Electricidad (CFE) contemplan, entre marzo de 2008 a abril de 2013, la puesta en marcha de seis nuevas centrales que vendrán a aportar 1,475 MW adicionales al sistema eléctrico bajacaliforniano.

Por su parte, en el Estado de California también existen planes para incrementar su capacidad de generación eléctrica. Así, en el Condado de Imperial se ha aprobado la construcción de la central geotermoeléctrica Salton Sea, con una capacidad de 180 MW, que será operada por Imperial Company (California Energy Commission, 2005).

El Condado de San Diego ha incrementado su producción con la entrada en operación de la Central Rancho Chula Vista, con capacidad de 57 MW, operado por San Diego Company-RAMCO. De igual forma, en este mismo condado ha sido aprobada la construcción de dos nuevas centrales: Palomar Escondido, con 546 MW, de SEMPRA, y Otay Mesa Power Plant, con 590 MW, San Diego Company-CALPINE (California Energy Commission, 2005).

## Los efectos en el medio ambiente

Por otro lado, la existencia de transporte de contaminación atmosférica a través de las fronteras nacionales (Vaughan et al., 2002) da lugar a preocupaciones en cuanto a las diferencias de normatividad ambiental entre ambos países, que podrían favorecer el establecimiento de nuevas fuentes de contaminación en determinada ruta transfronteriza de contaminantes.

Por ejemplo, el ozono y las partículas suspendidas que son generadas en Mexicali, Baja California son transportadas y llegan justo al otro lado de la frontera, en el Valle Imperial de California, esto sucede cuando el flujo de los vientos dominantes provienen del sureste. Por el contrario, cuando el viento fluye de noroeste a sureste, como es más común que ocurra, las partículas suspendidas son transportadas del Valle Imperial hacia Mexicali (Chow et al., 1995).

A su vez, los contaminantes atmosféricos de Los Ángeles y San Diego son llevados hasta el sur de la frontera, impactando a las ciudades de Tijuana y Playas de Rosarito. De acuerdo con Vaughan (2002), la escala del transporte de contaminantes puede ser relativamente local y también cubrir largas distancias.

Para la región binacional de Imperial y Mexicali se llevó a cabo un estudio (Reyna y Álvarez, 1999), que mostró que las enfermedades respiratorias, las admisiones al hospital, las ausencias a las escuelas, así como las muertes prematuras guardan una alta correspondencia con los períodos de incremento de la contaminación por partículas suspendidas menores a 10 micras (PM<sub>10</sub>). Esto a su vez podría estar relacionado con una mayor incidencia de enfermedades pulmonares, como asma, bronquitis y enfisema.

## El contexto binacional y la planeación ambiental conjunta

Por muchos años, los gobiernos de Estados Unidos y México se han visto involucrados en esfuerzos de cooperación formal e informal asociados con la protección del ambiente y los recursos naturales de su frontera común. Así, numero-

Los acuerdos bilaterales han brindado una guía para la definición de estrategias y acciones en pro del mejoramiento de la calidad ambiental.

Sin embargo, a pesar de los múltiples esfuerzos de colaboración, poco se ha logrado para institucionalizar las acciones y programas que atiendan la problemática ambiental común. La realidad es que los gobiernos de ambos países presentan diferencias en sus sistemas políticos y en sus estructuras administrativas que afectan la cooperación binacional, por lo que la continuidad y la planeación conjunta sigue siendo un reto a vencer (Ganster, 2004).

No obstante, reconocer el principio según el cual cada país tiene la responsabilidad de garantizar que sus actividades no causen un daño significativo en el otro; y a pesar que las normas internas de ambos países, sobre la calidad del aire marcan estándares similares, es importante notar que sus leyes se encuentran en etapas muy diferentes de implementación y aplicación (Rincón y Emerson, 2004).

Asimismo, si bien ambos países tienen mecanismos y planes de mejoramiento de la calidad del aire, es un hecho que éstos no se aplican más allá de su frontera internacional. Por lo que la efectividad de los mismos se ve truncada en la línea fronteriza. Tal es el caso de las disposiciones del Acta de Aire Limpio de Estados Unidos y del Acta de Aire Limpio de California, en relación al Programa de Créditos para la Reducción de Emisiones (ICAPCD, 2003).

## Conclusiones

La tendencia a continuar utilizando al estado de Baja California como una fuente para el suministro de energía hacia el estado de California, no es una práctica que corresponda al mejor interés público de los habitantes de esta región fronteriza.

Los ciudadanos de California y Baja California están sujetos a sufrir en su salud los impactos ambientales de las centrales de generación dedicadas a exportar su electricidad, que derivan en una mala calidad del aire, y que se traducen en la más alta incidencia de asma infantil en la región.

Es evidente que en la legislación ambiental de ambos países existen vacíos que impiden atender de manera adecuada estos temas. Y que, de mantenerse esta tendencia, seguirá abierta la puerta falsa de incorporar cada vez más infraestructura en el estado de Baja California para abastecer al mercado de California, bajo el errático argumento de menor costo en la mano de obra, menores requerimientos ambientales, obtención rápida de permisos y autorizaciones, y un mismo nivel de acceso al mercado de California, tal como lo es para las instalaciones construidas en ese Estado.

Para dar solución a esta problemática, se propone el establecimiento de Distritos Binacionales de Administración de las Cuencas Atmosféricas Compartidas, tanto por San Diego-Tijuana como por Imperial-Mexicali.

Sus primeras líneas de acción se enfocarán en la definición de un procedimiento de Impacto Ambiental Transfronterizo, que adopte la normatividad y los procedimientos ambientales más rigurosos, como medida para estandarizar u

homologar los requisitos ambientales, en referencia directa a las centrales de generación de electricidad.

Uno de los aspectos más importantes en el que se pretende trabajar, es el incrementar la capacidad de respuesta conjunta de las comunidades locales de esta región transfronteriza, para hacer frente a los retos que impone la reducción de la contaminación atmosférica y sus efectos en la salud humana y el medio ambiente.

También se propone lograr un acuerdo para acelerar una mayor eficiencia en el uso de energía, así como para incorporar a la infraestructura el desarrollo de las energías renovables en esta región binacional, tal como lo propone el Plan de Acción Energético de California (Estados Unidos) y el Plan Nacional de Energía y Medio Ambiente (México).

## Bibliografía

- CCA (Comisión para la Cooperación Ambiental) (1997): *Rutas Continentales de los Contaminantes: Hacia una Agenda para la Cooperación en Materia de Transporte a Grandes Distancias de la Contaminación Atmosférica en América del Norte*.
- Chow, J. C., et al. (1995): "Imperial Valley/Mexicali Cross Border PM10 Transport Study", *Draft Final Report*. Reno: Desert Research Institute, University and College System of Nevada.
- Ganster, P. (2004): "La Región Fronteriza entre Estados Unidos y México", *Reporte Pacto Fronterizo*. <http://www.borderpact.org/reportes/ganster.htm>
- Imperial County Air Pollution Control District (ICAPCD) (2003): *Development of a Cross-Border Emission Reduction Credit (ERC) Program: Work Plan*.
- Miller, P.; Patterson, Z., and Vaughan, S. (2002): "Estimating future air pollution from new electric power generation". Commission for Environmental Cooperation of North American. Canada, Working Paper. <http://www.cec.org>
- Powers, B. (2005): "Energy, the environment, and the California-Baja California Border Region", vol. 18, Issue 6, *The Electrical Journal*.
- Quintanilla, A. L., y Fischer, D. W. (2003): *La Energía Eléctrica en Baja California y el Futuro de las Renovables. Una Visión Multidisciplinaria*, Universidad Autónoma de Baja California.
- Quintero, N. M., y Sweedler, A. (2005): *La Evaluación de la Calidad del Aire de los Valles Imperial y Mexicali como un Elemento para un Programa Comunitario*, en Quintero, N. M.; Sánchez, E. L.; Collins, K.; Ganster, P., y Mason, Ch. (Eds.): *Valles de Imperial y Mexicali: desarrollo y medio ambiente en la región fronteriza México-EEUA* (pp. 323-340). Coedición UABC-PORRUA, México.
- Reyna, C.; M. A. y C. E. Álvarez (1999): *El PM10 y las Enfermedades Respiratorias Agudas en la Población de Mexicali, B.C., México*. VI Congreso Interamericano de Medio Ambiente, Monterrey, Nuevo León, México.
- Rincón, C., y Meter, E. (2000): "La Gestión Binacional de la Calidad del Aire en la Zona Fronteriza entre Estados Unidos y México: Un Estudio de Caso", en *Borderlines*, 63, volumen 8, núm. 1.
- Sweedler, A. (1995): *Energy and Environment in the California-Baja California Border Region*, en Sweedler, A.; Ganster, P., and Bennett, P. (Eds.): *Energy and Environment in the California-Baja California Border Region*, Institute for Regional Studies of the Californias (SCERP). USA.

- Sweedler, A.; Quintero, M., and Bennett, P. (1998): "The energy sector in the California-Baja California Border Region", en *Boundaries and Energy: Problems and Prospects*, Gerald Blake (Ed.), Kluwer Law International, London.
- Sweedler, A.; Quintero, M., and Collins, K. (2003): "Energy issues in the U.S.-Mexican Binational Region: Focus on California-Baja California", en *The US-Mexican border environment: Trade, Energy, and the Environment: Challenges and Opportunities for the Border Region, Now and in 2020*. SCERP Monograph Series, Number 7, David Rohy, Ed., San Diego: San Diego State University.
- Vaughan, S.; Patterson, Z.; Miller, P., and Block G. (2002): *Retos y Oportunidades Ambientales en el Dinámico Mercado de Electricidad de América del Norte*, Comisión para la Cooperación Ambiental de América del Norte, Canadá. Documento de Trabajo. <http://www.cec.org>



# VALORACIÓN DE LA CALIDAD INTRÍNSECA DEL PAISAJE MEDIANTE UN SIG. APLICACIÓN AL TÉRMINO DE RIÓPAR (ALBACETE)

García Morote, F. A.<sup>1</sup>; Andrés Abellán, M.<sup>1</sup>; López Serrano, F. R.<sup>1</sup>;  
Del Cerro, A.<sup>1</sup>; Galán, A.<sup>2</sup>, y Calera, A.<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Escuela Técnica Superior de Ingenieros Agrónomos  
Campus Universitario, s/n. - 02071 Albacete - e-mail: fcoantonio.garcia@uclm.es

<sup>2</sup> Servicio de Calidad Ambiental. Consejería de Medio Ambiente. JCCM

## Resumen

En este trabajo se valora la calidad intrínseca del paisaje del término municipal de Riópar (Albacete), desarrollando una metodología basada en la inclusión de un modelo de valoración en un Sistema de Información Geográfica (SIG). Se ha prestado especial atención a las zonas en las que se ubican áreas recreativas y de ocio de dicho municipio, realizándose una valoración más detallada por cuanto podrían ser las que más afectarían al paisaje al soportar mayor incidencia de turistas.

*Palabras clave:* paisaje, valoración, SIG, actividades recreativas.

## Abstract

A valuation of intrinsic quality of landscape in Riópar (Albacete) is made in this paper. In it we develop a methodology based in a valuation model included in a Geographic Information System (GIS). On pay special attention in the zones with recreational areas, carrying out a more detailed valuation due to these areas would be the more vulnerable because are resisting more quantity of tourists.

*Keywords:* landscape, valuation, GIS, recreational activities.

## Introducción

El término municipal de Riópar es una de las zonas más representativas de la provincia de Albacete en cuanto a valores paisajísticos se refiere. Ello ha propiciado un gran auge turístico en los últimos años, lo que conlleva una masiva afluencia de visitantes a su entorno y la necesidad de crear zonas de ocio para albergar a los mismos. El paisaje, elemento de gran atractivo para el turista, se constituye entonces como elemento de gestión del territorio. Hasta la fecha se han descrito múltiples métodos de valoración de la calidad visual a través de componentes del paisaje, como los desarrollados por Gómez Orea (1978) y Conesa (1995). Se coincide en que el paisaje resulta de la combinación de elementos físicos como son la geomorfología, el clima, el agua, la vegetación, la fauna, a los que habría que añadir la incidencia humana, pues también incide en la calidad del mismo, a través de todas las actividades que el hombre lleva a cabo sobre el territorio. El valor del paisaje o su alteración podría ser evaluado por un observador de una forma subjetiva, por lo que los resultados podrían variar de unos observadores a otros. No obstante, los elementos que configuran un paisaje poseen unos indicadores que pueden ser objetivables, lo que permite desarrollar metodologías de valoración que sirven para planificar y ordenar el medio teniendo en cuenta al paisaje.

## Material y métodos

El término municipal de Riópar se encuentra enclavado entre las Sierras de Alcaraz y de Segura, con una extensión aproximada de 81 km<sup>2</sup>, encontrándose dividido geológico-estructuralmente por la línea que marca el Río Mundo. Debido a la variedad de sustratos y a la climatología, en esta zona se presenta una flora rica y variada, con una gran cantidad de endemismos ibéricos e ibero-africanos, así como numerosas formaciones vegetales compuestas por pinos, encinas y quejigos, lo que confiere una gran belleza al entorno. Existe una gran representación de aves rapaces, en el grupo de los reptiles la especie más destacada es la lagartija de Valverde (*Algyroides marchi*), que es endémica de las sierras de Cazorla, Segura y Alcaraz.

Para calcular el valor de la calidad del paisaje para el término de Riópar se ha utilizado un SIG por su gran capacidad de tratamiento de datos espaciales. La información digital que se ha recopilado y generado ha sido dispuesta representando los distintos elementos del paisaje susceptibles de ser valorados, y a partir de ellos se ha obtenido el resultado final de la valoración. El modelo de valoración implementado en el SIG ha sido el propuesto por Abellán et al. (2000).

Como fuentes de información digital referente a la zona de estudio se incluyeron en el SIG el Mapa Forestal de España (1998), el II Inventario Nacional Forestal (1995), el Mapa de usos de suelo CORINE LC del año 2000, altimetría del IGN (curvas de nivel) y ortofotos digitalizadas georreferenciadas. La obtención de nueva información digital se realizó mediante técnicas de digitalización en pantalla, siendo incorporados al SIG los mapas E. 1:50000 de las hojas 866 (Yeste) y 841 (Alcaraz) del IGN, georreferenciados. Esta información, junto a las ortofotos, sirvió

para realizar una cartografía completa de la red de carreteras, de caminos, la red fluvial principal y secundaria, así como la ubicación de las áreas recreativas y de todos los puntos y áreas singulares necesarios para la valoración.

En las tablas 1 y 2 se muestran los seis parámetros que fueron elegidos para valorar la calidad del paisaje:

1. Relieve.
2. Vegetación.
3. Agua.
4. Fauna.
5. Elementos antrópicos.
6. Singularidades.

TABLA 1

Parámetros y criterios de valoración (relieve y vegetación)

CRITERIOS DE VALORACIÓN DE LA CALIDAD INTRÍNSECA DEL PAISAJE		VALOR DE CALIDAD					
ELEMENTOS DEL PAISAJE		0	1	2	3	4	
RELIEVE	1.-Complejidad topográfica	Muy alta				X	
		Alta				X	
		Media		X			
		Baja	X				
		Muy baja					
	2.-Pendiente	Muy escarpada: >50%					X
		Fuerte: 30 - 50%					X
		Modorada: 20 - 30%			X		
		Suave: 10 - 20%		X			
	3.-Formaciones geológicas	Llana o muy suave: <10%	X				
Presencia de formaciones geológicas relevantes						X	
VEGETACIÓN	4.-Grado de cubierta	Ausencia de formaciones relevantes	X				
		75 - 100%				X	
		60 - 75%					X
		25 - 60%			X		
		5 - 25%		X			
	5.-Densidad	<5%	X				
		Especie muy abundante					X
		Especie abundante					X
		Especie frecuente			X		
		Especie escasa	X				
6.- Distribución horizontal	Especie muy escasa	X					
	Vegetación cerrada					X	
	Vegetación abierta			X			
	Vegetación dispersa		X				
	Ausencia casi total de vegetación	X					
7.- Altura estrato superior	Estrato de árboles altos: >15m					X	
	Estrato de árboles intermedios: 8 - 15m					X	
	Árboles bajos y/o matorral alto: 3 - 8m			X			
	Matorral bajo y/o estrato herbáceo alto: <3m		X				
	Ausencia casi total de vegetación	X					
8.- Diversidad cromática	Muy alta					X	
	Alta					X	
	Media			X			
	Baja	X					
9.- Contraste cromático	Muy baja	X					
	Muy acusado, ricos combinaciones, variedad de colores fuertes					X	
	Ausencia: variaciones de color acusadas					X	
	Medio: alguna variación, pero no dominante			X			
10.- Estacionalidad	Bajo: tonos apagados, poca variedad de colores		X				
	Muy bajo: no hay variedad ni contraste de color	X					
	Formación vegetal mixta, fuertes contrastes cromáticos estacionales					X	
	Form. vegetal mixta, contrastes estacionales no muy acusados					X	
	Form. uniforme, fuerte variación estacional (oakumfolias, arbolos)		X				
	Form. monocrómica uniforme, contrastes estacionales nulos/muy bajo	X					
Ausencia casi total de vegetación		X					

Para cada parámetro se muestran los criterios de valoración, en escala de 0 a 4. La valoración del parámetro "áreas recreativas" se realizó mediante un modelo adicional (López Sandoval y Abellán, 2000), que requirió trabajos de campo y en el que se refleja como afecta la afluencia de visitantes a una zona concreta, mediante los parámetros siguientes (MOPT, 1992):

1. Nivel de uso (Nu).
2. Actividades (A).
3. % suelo desnudo (Sd).
4. Daños en árboles (Da).
5. Descalces (Dr).
6. Basuras (B).
7. Fogatas (F).
8. Densidad sendas (Snd).
9. Anchura de sendas (a).
10. Infraestructuras (Inf).
11. Integración (i).
12. Naturalidad (N).

La valoración del impacto de las áreas recreativas como elemento del paisaje se implementa en el modelo de valoración mediante una expresión matemática, en la que se relacionan los parámetros de caracterización de los impactos, puntuados según una escala de 0 a 4 y que toma los valores más altos para los mayores efectos (ecuación 1):

$$I = Nu \cdot A + Sd + Mt + Da + Dr + B + F + Snd \cdot a + Inf \cdot i + N$$

(Ecuación 1)

El modelo final de valoración de la calidad del paisaje se desarrolla en el SIG mediante superposición temática de todos los parámetros, previamente normalizados respecto al valor máximo de calidad (ecuación 2), generándose un modelo digital de la calidad visual intrínseca del paisaje (CI):

$$CI = \frac{\sum V_i}{\text{Valor máximo de calidad}} \times 100$$

(0 < CI < 100)

(Ecuación 2)

TABLA 2  
Parámetros y criterios de valoración  
(agua, fauna, elementos antrópicos y singularidad)

CRITERIOS DE VALORACIÓN DE LA CALIDAD INTRÍNSECA DEL PAISAJE			VALOR DE CALIDAD				
ELEMENTOS DEL PAISAJE			0	1	2	3	4
AGUA	11.-Superficie de agua visible	Presencia de agua en láminas superficiales (lagos, pantanos...)					X
		Presencia de agua en formas lineales (arroyos, ríos...)			X		
		Presencia puntual de agua (fuente, manantiales...)			X		
		No presencia de agua	X				
	12.-Estacionalidad del caudal	Caudal permanente					X
Caudal estacional, presente más de 6 meses al año				X			
Caudal estacional, presente menos de 6 meses al año			X				
13.-Apariencia subjetiva agua	Agua de apariencia limpia y clara				X		
	Agua algo turbia, poco transparentes, pero no sucia			X			
	Agua muy turbia, sucia, de apariencia poco agradable	X					
14.-Existencia de puntos singulares	Presencia de varios puntos singulares o muy perceptibles					X	
	Presencia de pocos puntos singulares o poco perceptibles			X			
	Ausencia de puntos singulares	X					
FAUNA	15.-Biopos de especies indicadoras	Presencia de varios biopos o especies singulares					X
		Presencia de un solo biopo de especies indicadoras				X	
		Ausencia de biopos			X		
ELEMENTOS ANTRÓPICOS	16.-Actividad agrícola y ganaderas	Explotaciones extensivas tradicionales o naturalizadas					X
		Superficie parcialmente dedicada a actividades de poca intensidad		X			
		Cultivos recientes o condicionados por anterior actividad intensiva		X			
		Superficie totalmente ocupada por explotaciones intensivas	X				
	17.-Densidad viaria	No hay vías de comunicación interiores ni próximas					X
		Vías de tráfico bajo en las cercanías de la unidad				X	
		Vías de tráfico intenso en las cercanías de la unidad		X			
		Vías de tráfico bajo atravesando la unidad	X				
	18.-Construcciones e infraestructura	Ausencia de construcciones e infraestructuras					X
		Construcciones tradicionales, integradas o con valor artístico				X	
Construcciones de carácter anécdota (casas o cortijos)				X			
Construcc. no tradic. de carácter puntual o lineal (repáridos...)		X					
19.-Explotac. industriales o mineras	Ausencia de explotaciones en la unidad y sus cercanías					X	
	Presencia cercana de explotaciones, sin incidencias en la unidad		X				
	Presencia en la unidad o sus cercanías, fuerte incidencia ambiental	X					
	Ausencia de cualquier valor	X					
20.-Recursos histórico-culturales	Presencia de valores tradicionales únicos, frecuentados o en uso					X	
	Presencia de algún valor poco relevante, no tradicional o en desuso		X				
	Ausencia de cualquier valor	X					
	Ausencia de áreas recreativas					X	
21.-Áreas recreativas	Presencia de áreas recreativas, con impacto bajo				X		
	Presencia, con impacto moderado		X				
	Presencia, con impacto alto		X				
	Presencia, con impacto muy elevado	X					
SINGULARIDAD	22.-Elementos singulares	Presencia de uno o varios elementos paisajísticos únicos					X
		Presencia de uno a varios elementos paisajísticos poco frecuentes			X		
		Recorrido paisajístico característico, similar a otros en la región		X			
		Elementos paisajísticos bastante comunes en la región		X			
		Ausencia de elementos singulares relevantes	X				
23.-Zonas especiales	Zonas de reserva (máximo valor)					X	
	Zonas de conservación prioritaria (valor alto)			X			
	Zonas de conservación compatible (valor moderado)		X				
	Zonas en figura de protección		X				
24.-Vistas	Zonas visibles desde un punto de observación					X	
	Zonas no visibles		X				

## Resultados

Destaca el alto valor paisajístico que presenta gran parte del término de Riópar (figura 1). Este elevado valor paisajístico se debe a la gran interacción que se produce en la mayor parte del municipio entre agua, relieve y vegetación.

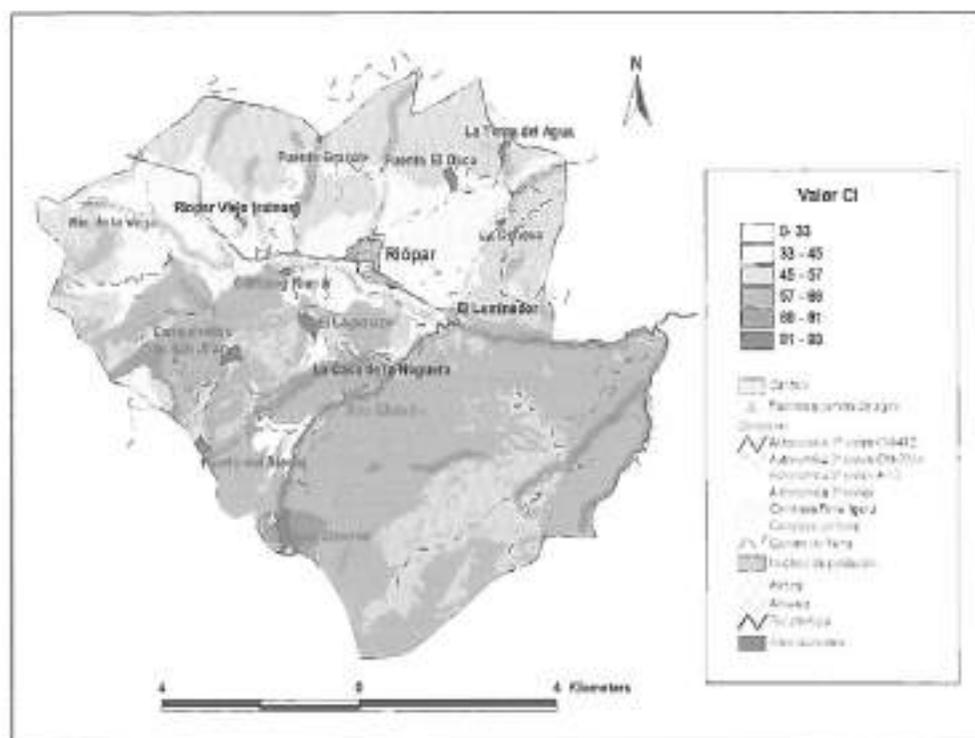


Figura 1. Cartografía de la calidad intrínseca del paisaje (CI) para el término de Riópar (Albacete).

Se constató la importante presencia en el territorio de especies singulares, que aportan un grado extra de calidad al paisaje. Aunque en algunos casos estas especies no sean fácilmente visibles por el observador, su presencia se traduce en importante calidad potencial del paisaje del medio en el que viven.

En la tabla 3 se muestran los valores de impacto para cada área recreativa dentro del término de Riópar. Se observa como las zonas más impactadas por las actividades recreativas son Los Chorros y el Puerto del Arenal, zonas en las que debería existir mayor regulación de estas actividades.

Los Chorros ha sido la zona inventariada más visitada, llegando a albergar en un día punta hasta 5.000 visitantes. Tal afluencia se ha reflejado en efectos negativos sobre el suelo y la vegetación; así, en las zonas donde se concentra la

mayoría de visitantes, el suelo está completamente desnudo, existiendo un poco desarrollado estrato arbustivo y tanto los daños en árboles como el descalce de raíces son muy evidentes. Estos efectos han resultado claramente perniciosos para el entorno, que ha resultado tener de los mayores valores de calidad paisajística.

**TABLA 3**  
**Valores de impacto producido por las actividades recreativas en las áreas recreativas de Riópar**

Área recreativa	S (ha)	I
Fuente Grande	0,35	19
Campamento de San Juan	10,5	27
Puerto del Arenal	7,3	29
Los Chorros	15	30
Camping de Riópar	2,5	22,5
Complejo El Lagunazo	15	20,5
La Toma del Agua	6,5	19,5
La Dehesa	1,5	15

## Conclusiones

Cada vez es más frecuente el uso de los SIG para la resolución de problemas relacionados con el estudio del medio natural, y el estudio de la calidad del paisaje se ha presentado como una más de sus aplicaciones. Esta metodología podría ser aplicada para planificar y ordenar previamente las actividades recreativas y turísticas de una zona determinada, preservando de los efectos negativos de las actividades recreativas las áreas en las que el paisaje es de mayor calidad. También podría aplicarse esta metodología a los Estudios de Impacto Ambiental, en los que a veces el estudio del paisaje no se desarrolla con la intensidad que requiere este elemento tan importante del medio.

Del estudio concreto de las áreas recreativas concluimos que la intervención humana sobre alguno de los factores del medio suele representar la mayoría de las veces un efecto negativo sobre la calidad del paisaje. Sólo en contadas veces esa actuación antrópica sobre el paisaje no modifica éste y muy raramente ha contribuido a su enriquecimiento.

## Bibliografía

- Abellán, M.; Molina Sánchez, L., y Del Cerro Barja, A. (2000): "Modelo propuesto para valorar alteraciones paisajísticas visuales en las evaluaciones de impacto ambiental. Aplicación práctica en la Sierra de Alcaraz (Albacete)", *Revista Montes*, núm. 61.
- Conesa, V. (1995): *Guía metodológica para la evaluación del impacto ambiental*, Ediciones Mundi-Premsa, Madrid.
- Gómez Orea, D. (1980): "El medio físico y la planificación", en *Cuadernos CIFCA I y II*, Barcelona.
- López Sandoval, M., y Andrés Abellán, M. (2000): "Estudio de la capacidad de acogida y planificación de las áreas recreativas de Calasparra (Murcia)", *Cuadernos de Turismo*, núm. 6, pp. 103-121.
- Mapa Forestal de España (1998). Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación. ICONA.
- MOPT (1992): *Guía para la elaboración de estudios del medio físico*. Monografías de la Secretaría de Estado para las Políticas de Agua y Medio Ambiente.
- Segundo Inventario Forestal Nacional (1995). Castilla-La Mancha, Albacete. Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación, Madrid.

# MODELO DE VALORACIÓN CUALITATIVA DE IMPACTOS PAISAJÍSTICOS EN LAS EVALUACIONES DE IMPACTO AMBIENTAL

Andrés, M.<sup>1</sup>; García, F. A.<sup>1</sup>; López, F. Ramón<sup>1</sup>;  
Del Cerro, A.<sup>1</sup>, y Galán, A.<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Universidad de Castilla-La Mancha, ETIS. Agrónomos, Dep. Ciencia y Tecnología Agroforestal - Campus Universitario, s/n. - 02071 Albacete (España)  
Teléfono: +34 967 59 92 00 - Fax: +34 967 59 92 38 - e-mail: manuela.andres@uclm.es

<sup>2</sup>Jefe del Servicio de Calidad Ambiental de la Consejería de Medio Ambiente Junta de Comunidades de Castilla-La Mancha. Delegación Provincial de Albacete

## Resumen

En el método de valoración de impactos paisajísticos propuesto en este trabajo se evalúa el cambio producido en la calidad visual intrínseca del paisaje por una actuación proyectada, ponderado por un factor de visibilidad de la misma. Para ello se comparan en una expresión matemática la calidad intrínseca inicial ("sin proyecto") con la calidad intrínseca final tras realizar el proyecto ("con proyecto"), y se relacionan con el grado de visibilidad del cambio.

La calidad intrínseca visual del paisaje se ha determinado a partir de los elementos del paisaje (relieve, vegetación, agua, elementos antrópicos y entorno adyacente) y de la singularidad de los mismos. Ambos puntuados con una escala de 0 a 4 unidades de calidad según unos criterios propuestos por diversos expertos. El factor de visibilidad se ha determinado por los condicionantes visibles de las obras, como los puntos de observación, la distancia de la observación, la frecuencia de observación y la cuenca visual.

*Palabras clave:* paisaje, visibilidad, impacto ambiental, Es.I.A.

## Abstract

The method for landscape impact assessment suggested in this work assesses the change in the landscape visual intrinsic quality caused by a project, balanced for visibility factor. It compared in a mathematical model the landscape intrinsic quality at the beginning ("before carrying out the project") with the landscape intrinsic quality at the end ("after the end of the project"), and relates them with the visibility of the changes made.

The landscape visual intrinsic quality was determined for the landscape factors (topography, vegetation, water, anthropogen factors and adjacent environment), and for their singularity. All were valued with 0-4 range according to the quality criteria by experts. The visibility factor was determined for the conditions visibility of the construction.

*Keywords:* landscape, visibility, environmental impact, Es.I.A.

## Introducción

El paisaje es un recurso natural (Directiva 11/97 CE) que ha adquirido en los últimos años una gran importancia, observándose una tendencia cada vez mayor a objetivarlo en los estudios del territorio.

Valorar el paisaje en los Estudios de Impacto Ambiental (Es.I.A) implicaría, según la opinión de diferentes expertos, analizar la calidad paisajística o calidad visual intrínseca del paisaje definida por sus componentes físicos y biológicos, y la visibilidad de la actuación proyectada. Ambas características influyen en la fragilidad del paisaje o capacidad del mismo para absorber cambios, y en la gravedad de los impactos producidos (Litton, 1973; Villarino, 1984; Castellón, 1985; Pastor, 1994; Conesa, 1997).

En este trabajo se propone un modelo para valorar impactos en el paisaje, considerando conjuntamente la alteración en la propia calidad intrínseca del paisaje por la ejecución de un proyecto o actuación, y el grado de visibilidad de dicha actuación (Andrés et al., 2000). Es un modelo cualitativo, y aunque esté sujeto a cierta subjetividad, su aplicación en diferentes Estudios de Impactos Ambientales que se han realizado por nuestro grupo de trabajo, como proyectos de repoblaciones forestales y de parques edílicos (López et al., 1998; Molina, 1998), permite considerar con cierta elasticidad aspectos muy diversos, y parámetros difíciles de valorar de forma cuantitativa.

## Material y métodos

Para el desarrollo y la aplicación del modelo que aquí se propone (figura 1) se ha seguido el siguiente esquema de trabajo:

1. Realización del inventario paisajístico: definición de unidades de paisaje en el territorio o área de trabajo, y descripción de sus componentes físicos y biológicos.
2. Valoración de la calidad visual intrínseca del paisaje en las situaciones "sin actuación" y "con actuación", en base a la calidad y singularidad de los elementos que lo integran: relieve o geomorfología (complejidad topográfica, pendiente, formaciones geológicas); vegetación (grado cubierta, densidad, distribución horizontal, altura estrato superior, diversidad cromática, contraste cromático, estacionalidad); agua (superficie agua vista, estacionalidad del caudal, apariencia subjetiva del agua, puntos singulares); elementos antrópicos (actividades agrícolas y ganaderas, densidad viaria, construcciones e infraestructuras, explotaciones industriales o mineras, recursos histórico-culturales); entorno adyacente (*escenario adyacente*).  
Estos elementos básicos del paisaje y su singularidad han sido puntuados con una escala de 0 a 4 unidades de calidad según unos criterios propuestos por diversos expertos (tabla 1). Todo ello ( $V_e + V_s$ ), se ha relacionado como se especifica en el esquema general (figura 1), relativizando la valoración de los elementos y de la singularidad, al valor máximo de calidad del paisaje (84 unidades, correspondientes a 21 criterios o parámetros considerados en la valoración, por 4 unidades o valor máximo de calidad para cada uno de ellos).
3. Cálculo del factor de visibilidad según los puntos desde donde se observa la actuación, la distancia de esos puntos, la frecuencia de observación y la cuenca visual. Estos cuatro parámetros se han valorado según las siguien-

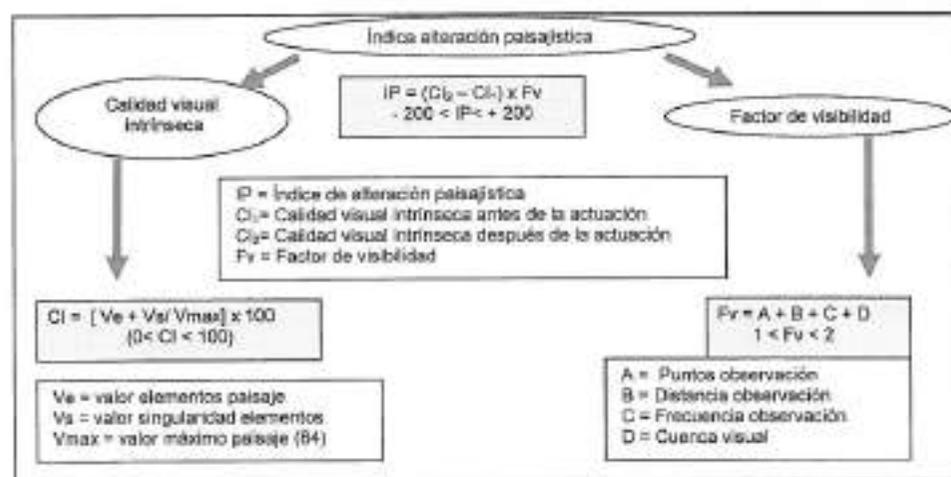


Figura 1. Esquema general del modelo propuesto para valorar impactos paisajísticos.

TABLA 1

Criterios para la asignación de valores en la calidad intrínseca del paisaje

CRITERIOS DE VALORACIÓN DE LA CALIDAD INTRÍNSECA DEL PAISAJE (Aranda et al., 1999)			VALOR CALIDAD			
ELEMENTOS DEL PAISAJE			0	1	2	3
RELIEVE	Complejidad Topográfica	Muy alta				*
		Alta				*
		Media			*	
		Baja		*		
		Muy baja	*			
	Pendiente	Muy escarpada > 50 %				*
		Fuerte: 30 - 50 %			*	
		Modorada: 20 - 30 %		*		
		Suave: 10 - 20 %		*		
		Llana o muy suave < 10 %	*			
F. Geológicas	Presencia de formaciones geológicas relevantes				*	
	Ausencia de formaciones geológicas relevantes	*				
VEGETACIÓN	Grado de Cobertura	75 - 100 %				*
		50 - 75 %			*	
		25 - 50 %		*		
		0 - 25 %		*		
		< 5 %	*			
	Densidad	Especie muy abundante				*
		Especie abundante			*	
		Especie frecuente		*		
		Especie escasa		*		
		Especie muy escasa	*			
	Distribución Horizontal	Vegetación cerrada				*
		Vegetación abierta		*		
		Vegetación dispersa		*		
		Ausencia de vegetación	*			
	Wu de estrato superior	Estrato de árboles altos > 10 m				*
		Estrato de árboles intermedios: 8 - 10 m			*	
		Árboles bajos y/o arbustal alto: 3 - 8 m		*		
		Matorrales bajos y/o estrato herbáceo alto < 3 m		*		
		Justo o casi total de vegetación	*			
	Diversidad Cromática	Muy alta				*
		Alta			*	
		Media		*		
		Baja		*		
		Muy baja	*			
	Contraste Cromático	Muy acusado: poca combinación, variedad de colores fuertes				*
		Acusado: variedades de color acusadas			*	
		Medio: alguna variación, pero no dominante		*		
		Bajo: tonos apagados, poca variedad de colores		*		
Muy bajo: no hay variaciones ni contrastes de color		*				
Estratificación	Fan forma vegetal mixta, con fuertes contrastes cromáticos estacionales				*	
	Fuertes (poca) vegetal mixta, con contrastes cromáticos estacionales no muy acusados			*		
	Fan forma uniforme, con fuerte variación estacional (caducifolios, herbáceos anuales)		*			
	Vegetación monocromática uniforme, con contraste estacional nulo o muy bajo		*			
	Ausencia casi total de vegetación	*				

AGUAS	Superficie de agua vista	Presencia de agua en formas superficiales (lagos, pantanos, etc)					•
		Presencia de agua en formas lineales (arroyos, ríos, etc)					•
		Presencia puntual de agua (puertos, manantiales, etc)				•	
		No presencia de agua	•				
	Interalimentación del caudal	Caudal permanente					•
		Caudal estacional, presente más de 3 meses al año					•
		Caudal estacional, presente menos de 3 meses al año				•	
	Apariencia subjetiva del agua	Agua de apariencia limpia y clara					•
		Agua algo turbia, poco transparente, pero no sucia					•
		Agua muy turbia, sucia de apariencia poco agradable	•				
Calidad singular	Presencia de uno o más puntos singulares o muy perceptibles					•	
	Presencia de pocos puntos singulares o poco perceptibles					•	
	Ausencia de puntos singulares	•					
ELEMENTOS ANTROPICOS	Actividades agrícolas y ganaderas	Vegetación natural o formas de explotación agrícola ancestrales (chifas, etc)					•
		Explotaciones modernas tradicionales o ruralizadas					•
		Superficie parcialmente dedicada a actividades de poca intensidad					•
		Cultivos recientemente abandonados o huertos en proceso de abandono a actividad intensiva	•				
	Densidad Vial	Superficie totalmente ocupada por explotaciones intensivas	•				
		No hay vías de comunicación interiores o pocas					•
		Vías de tráfico bajo en las cercanías de la unidad					•
		Vías de tráfico medio en las cercanías de la unidad					•
	Construcción infraestruct.	Vías de tráfico bajo situando la unidad					•
		Vías de tráfico intenso situando la unidad	•				
		Ausencia de construcciones e infraestructuras					•
		Construcciones tradicionales, integradas en el paisaje o con valor artístico					•
	Explotaciones industriales o mineras	Construcciones no tradicionales, de carácter puntual o local (líneas eléct., repartidores)					•
		Construcciones no tradicionales extensas (plátsos, edificios, industriales)	•				
		Ausencia de explotaciones en la unidad y sus cercanías					•
		Presencia escasa de explotaciones, pero sin incidencias en la unidad					•
	Histórico-culturales	Presencia en la unidad o sus cercanías, con fuerte incidencia ambiental en la unidad	•				
		Presencia de valores tradicionales únicos, destacados o en uso					•
Presencia de algún valor poco relevante, no tradicional o en desuso						•	
Ausencia de cualquier valor		•					
ENTONTO	Escena o paisaje	Facilitan notablemente los valores paisajísticos del espacio					•
		Son irrelevantes a las del entorno, pero no le restan de forma notable					•
		Similares a las del espacio estudiado					•
		Superiores a las del espacio estudiado, pero no desvirtuadas					•
		Noablemente superiores a las del espacio estudiado	•				
<b>SINGULARIDAD DE ELEMENTOS DEL PISAJE</b>							
Riesgo paisajístico Singulares	Presencia de uno o varios elementos paisajísticos únicos o excepcionales						•
	Presencia de uno o varios elementos paisajísticos poco frecuentes						•
	Riesgo paisajístico considerado, aunque similar a otros en la región						•
	Elementos paisajísticos bastante comunes en la región						•
	Ausencia de elementos singulares relevantes	•					

tes consideraciones (tabla 2): Si la actuación no es visible desde ninguna zona o punto transitado, el factor de visibilidad tomaría valor 1. Ello significa que la alteración producida en el paisaje no se ve resaltada por la visibilidad. Si el área de actuación fuera visible desde alguna zona o punto transitado, el factor estaría entre un valor mínimo de 1,2 para condiciones más adversas de visibilidad (máxima distancia de observación, mínimas frecuencia y cuenca visual), y un valor máximo de 2 para las condiciones más favorables (mínima distancia de observación, máxima frecuencia y máxima cuenca visual). En este caso se considera que el hecho de que exista visibilidad, aunque mínima, sobre la zona de actuación resaltaría una posible alteración sobre el paisaje.

4. Cálculo de índice de alteración paisajística por diferencia entre la calidad intrínseca visual del paisaje estimada "sin actuación" y la calidad intrínseca visual del paisaje calculada "con actuación". Ponderado todo ello por el factor de visibilidad (figura 1). El índice de impacto paisajístico puede tomar valores entre -200 (máximo impacto paisajístico negativo) y +200 (máximo impacto paisajístico positivo), si bien dentro de ese rango pueden establecerse intervalos numéricos, categorías o tipos jerárquicos de impactos, tanto para los negativos (críticos, severos, moderados y compatibles) como para los positivos (notable, mínimo, etc.).

TABLA 2  
Valoración de las condiciones de visibilidad de la actuación  
(f. de visibilidad)

FACTOR DE VISIBILIDAD DE LA ACTUACIÓN (Andrés et al., 2008)		0,2	0,3	0,4	0,5	1
Punto	Área no visible desde zonas transitadas					*
Observación	Área visible desde puntos o zonas transitadas				*	
Distancia Observación	Lejana (> 500 m)		*			
	Media (200 - 500 m)			*		
	Próxima (0 - 200 m)				*	
Frecuencia Observación	Zonas observación escasamente transitadas	*				
	Zonas observación poco frecuentadas, de forma esporádica		*			
	Zonas observación frecuentadas periódicamente			*		
	Zonas muy frecuentadas, de forma continua				*	
Cuenca Visual	0 - 25 %	*				
	26 - 50 %		*			
	51 - 75 %			*		
	76 - 100 %				*	

## Resultados y discusión

La aplicación de este modelo en algunos Estudios de Impacto Ambiental de proyectos de repoblaciones forestales y de parques eólicos (López *et al.*, 1998; Molina, 1998), donde el impacto paisajístico adquiere especial importancia, ha permitido abordar conjuntamente aspectos muy diversos necesarios para definir la calidad en una unidad de paisaje y actuación, y expresar con cierta claridad el cambio que se ocasionaría con la realización del proyecto. Como se muestra en los resultados siguientes correspondientes a un Es.I.A realizado en la Serranía de Alcaraz (Albacete), de forma integrada se expresan la calidad intrínseca visual de una unidad de paisaje en el inventario ambiental según los criterios del modelo ( $Cl_1$ ), los posibles cambios que ocasionaría el proyecto en los mismos criterios de referencia ( $Cl_2$ ) y cómo de visible quedaría dicho proyecto ( $Fv$ ).

$$Cl_1 = [(28 + 4)/84] \times 100 = 38\%$$

$$Cl_2 = [(34,73 + 4)/84] \times 100 = 46\%$$

$$Fv = 0,5 + 0,3 + 0,5 + 0,3 = 1,6$$

$$IP = (Cl_2 - Cl_1) \times Fv = (+8) \times 1,6 = 12,8$$

El impacto paisajístico final (IP) se tipifica posteriormente en rangos de importancia dentro del intervalo ( $\pm 200$ ). El manejo práctico del modelo es muy laborioso, ya que hay que tener en cuenta muchos parámetros. Por esta razón, lo estamos adaptando a sistemas de información geográfica (SIG) para su aplicación en nuevos Es.I.A. (Rodrigo, 2003).

## Conclusiones

El modelo puede aplicarse a Es.I.A de distintos tipos de proyectos. Permite adaptarse a diferentes casos particulares introduciendo en la valoración de la calidad del paisaje aquellas variables que sean específicas de cada proyecto concreto.

El elevado conjunto de parámetros puede ocultar un impacto crítico sobre alguno de ellos, si bien en ese caso se tendría que completar con un análisis más minucioso del impacto concreto.

Se dejan fuera del modelo aspectos estéticos, emocionales y sentimentales, no menos importantes, pero podrían tener cabida en el método a través de encuestas de preferencias sobre el paisaje que complementarían el modelo.

## Bibliografía

Andrés, M.; Molina, L., y Del Cerro, A. (2000): "Modelo propuesto para valorar alteraciones paisajísticas visuales en las E.I.A. Aplicación práctica en la Sierra de Alcaraz (Albacete)", *Montes*, 61:25-36.

- Castillón, V. et aliter. (1985): *Estudio del paisaje en la zona de Peña del Águila y Monte de las Cenizas (Murcia)*, Cátedra de Planificación y Proyectos, Escuela Técnica Superior de Ingenieros de Montes (ETSIM), Madrid.
- Conesa, V. (1995): *Guía metodológica para la evaluación de impacto ambiental*, Ed. Mundi-Prensa, Madrid.
- Litton, R. B. (1973): *Landscape Control Points: A procedure for Predicting and Monitoring visual Impacts*, U.S.D.A. Forest Service Research Paper, PSW-1. Berkeley, California.
- López, F. R.; Andrés, M.; Briongos, J. M.; Bueno, D.; Molina, A., y Molina, L. (1998): *Estudio de Impacto Ambiental del Parque Eólico de Pozo-Cañada (Albacete)*. Realizado como actividad acogida al artículo 11 de la LRU para la empresa Iberdrola Ingeniería y Consultoría, S.A. (IBERINCO; CIF: A-48700561) (no publicado).
- Molina, L. (1998): *Evaluación de Impacto Ambiental de una repoblación forestal en el término municipal de Alcaraz (Albacete)*. Trabajo Fin de Carrera (Tutora: Dr. Manuela Andrés Abellán). ETS Ingenieros Agrónomos de Albacete. UCLM. (no publicado).
- Pastor, P. (1994): *La evaluación de impacto ambiental. Concepto y estudios a realizar*, Instituto de Investigaciones Ecológicas, Málaga.
- Rodrigo, P. (2003): *Aplicación de un SIG al Estudio de la Calidad Intrínseca del Paisaje. Aplicación al área de influencia del nacimiento del río Mundo (Albacete)*. Trabajo Fin de Carrera (Tutores: Dr. Manuela Andrés Abellán y D. Antonio García Morote). ETS Ingenieros Agrónomos de Albacete. UCLM (no publicado).
- Villarino, T. (1984): *Unidad Didáctica sobre Paisaje*. En: *Curso sobre Evaluación de impacto Ambiental*, CEOTMA, Madrid.

# EL PASIVO AMBIENTAL DE POTASAS DE SUBIZA. HACIA UNA SOLUCIÓN DEFINITIVA

---

Leguey, M.<sup>1</sup>; Ribeiro, I.<sup>2</sup>, y Muñoz, M.<sup>3</sup>

<sup>1</sup>ARGONGRA - San Juan de la Cruz, 2 - 28223 Pozuelo de Alarcón (Madrid, España)  
Teléfono: +34 91 351 43 94 - Fax: +34 91 715 40 82 - e-mail: mleguey@argongra.com

<sup>2</sup>Profesional libre - Doctor Marañón, 2 - 28230 Las Rozas (Madrid, España)  
Teléfono: +34 647 50 19 63 - e-mail: inesbraganca@yahoo.es

<sup>3</sup>Universidad Alfonso X el Sabio - Avda. Universidad, 1 - 28691 Villanueva de la Cañada (Madrid, España) - Teléfono: +34 918 10 91 47 - e-mail: mamuhe@uax.es

## Resumen

Tras cerca de 30 años de extracción de sales potásicas en Navarra, la actividad minera cesó en 1996, dejando numerosas instalaciones pendientes de restauración al sur de la ciudad de Pamplona. Al cierre de la actividad quedaron escombreras de sal, balsas de lodos, instalaciones industriales en desuso, etc., ocupando una superficie del orden de 220 ha, además de unos 26 kilómetros de tuberías y 2,5 km de cintas transportadoras, todo ello inscrito en un rectángulo de unos 80 km<sup>2</sup>.

Desde entonces se han ido acometiendo diversas actividades de recuperación, si bien no se ha abordado la solución definitiva debido a las complejas interrelaciones existentes entre los elementos integrantes del sistema de recogida y eliminación de salmueras, el cual gestiona el principal problema ambiental existente.

Una de las actuaciones llevadas a cabo ha consistido en el recubrimiento parcial de una de las balsas de lodos con tierras y escombros procedentes de excavaciones y derribos, logrando un doble objetivo de recuperación de un espacio degradado y reutilización de residuos de la construcción.

Actualmente existe una floreciente actividad de producción de sal común, que se nutre de las escombreras dejadas por la actividad potásica y emplea las infraestructuras de ésta para la gestión de sus residuos.

El estudio realizado propone una solución definitiva a la generación de salmueras y otros aspectos ambientales, basada en la continuidad y adecuación ambiental de la producción de sal, y en el empleo de escombros y excedentes de excavación debidamente seleccionados en las labores de restauración.

*Palabras clave:* minería, potasa, restauración, salmuera, escombro.

## Abstract

After almost 30 years extracting potassium salts in Navarra, the mining activity stopped in 1996, leaving numerous installations pending of restoration in the south of Pamplona city. When the activity closed, dumps of salt, tailings ponds and unused industrial installations were remained, covering a surface of approximately 220 ha, as well as 26 km of pipes and 2,5 km of conveyor belts, all of it within an area of approximately 80 km<sup>2</sup>.

Since then, several restoration activities have been initiated, but a final solution has still not been reached due to the complex interrelations that exist between the elements that are part of the brine collection and elimination system, which manages the main environmental problem of the mine nowadays.

One of the actions carried out consisted on partially covering one of the tailings pond with excavation and demolition waste, reaching thus a double objective: restoration of a degraded area and reusing of construction waste.

At present a growing activity of common salt production is being carried out which exploits the mining waste left by the potassium activity and uses old potash mine infrastructure to manage its own residues.

This study proposes a definitive solution for the continue brine generation as well as other environmental aspects, based on the continuity of salt production in adequate environmental conditions, and utilization of construction and excavation waste, appropriately selected and classified, in restoration activities.

*Keywords:* mining, potash, restoration, brine, waste

## Introducción

La escombrera de Las Arrubias, ubicada entre las poblaciones de Esparza y Arlegui, es un depósito de sal residual de las antiguas explotaciones potásicas de Pamplona, que actualmente constituye un recurso de clase B que forma parte de las reservas de materia prima de SALDOSA, empresa explotadora de la sal residual. Actualmente SALDOSA explota fundamentalmente la sal de la escombrera de Salinas, incluida dentro del recinto del vaso del mismo nombre, localizado entre los pueblos de Beriáin y Salinas. El agotamiento de este depósito salino está previsto para dentro de unos 5 años. Por otro lado, SALDOSA ha realizado ya algunas pruebas de explotación a partir del material de la escombrera de Las Arrubias.



Figura 1. Esquema general de la situación actual.

Desde un punto de vista medioambiental, del conjunto de instalaciones que constituyen el pasivo ambiental de POSUSA, última empresa que llevó a cabo la explotación de las potasas, la escombrera de Las Arrubias es la que genera más lixiviados en forma de salmueras.

El principal aspecto medioambiental del citado pasivo es precisamente la gestión de salmueras, cuyo medio de eliminación es la inyección en sondeos que descargan en un acuífero calizo a más de 1.000 m de profundidad.

De manera previa a la inyección en sondeos es necesario disponer de una balsa que cumpla una doble función de decantación de sólidos y regulación de caudales. Históricamente esta función la ha realizado el vaso de Salinas, cuya superficie ha sido restaurada en su mayor parte mediante vertido de escombros de construcción seleccionados, finalizando con tierra vegetal que sirva de soporte a la revegetación posterior de la superficie restaurada. En el vaso de Salinas quedan aún algunas zonas por restaurar, correspondientes a la escombrera de sal todavía en explotación, un minivaso localizado en la cola del mismo que recibe los estériles sólidos de la fábrica de sal, y la zona útil del vaso, próxima al dique principal que, además de las aguas de Las Arrubias, actualmente recibe efluentes de la fábrica de sal, de los drenajes salinos de los antiguos terrenos de la fábrica de potasas, y parte de la escorrentía superficial de los terrenos restaurados.

El estado de colmatación de la zona aun operativa del vaso de Salinas, donde se reciben las aguas citadas anteriormente, no permite que se cumplan correctamente las funciones de decantación y regulación, ya que la proximidad del fondo supone la captación de sólidos por las bombas, lo que lleva asociado problemas de atascos y averías. Además, en los momentos de fuertes lluvias el vaso no tiene

capacidad de regulación suficiente, vertiendo salmueras a favor del aliviadero recientemente construido.

A la insuficiente capacidad del vaso de Salinas para cumplir su función anterior, que se va reduciendo día a día, se une el hecho de que mientras no exista una alternativa para la recepción de las aguas que recibe, no se podrá acometer la restauración definitiva del mismo. En este sentido, tanto la escombrera de Salinas como el minivaso se restaurarán cuando la explotación de la primera se dé por finalizada y cuando se colmate el segundo. En cuanto a las aguas recibidas por el vaso de Salinas, el efluente de fábrica y las aguas de media ladera son fácilmente conducibles a sondeos de un modo directo, mientras que las aguas de escorrentía de la zona restaurada del vaso se pueden encauzar adecuadamente hacia el exterior del mismo, de manera que solamente queda por dilucidar la alternativa para las aguas de escorrentía de Las Arrubias, antes de poder acometer la restauración definitiva del vaso de Salinas.

En la escombrera de Las Arrubias existen unas pequeñas balsas de decantación que en régimen estacionario permiten decantar las salmueras con eficacia, antes de su envío por tubería al vaso de Salinas. Estas balsas se limpian periódicamente una vez colmatadas, reubicando los lodos decantados en lugares adecuados de la propia escombrera de Arrubias. No obstante, en los momentos transitorios asociados a fuertes tormentas, el flujo del agua es tan rápido y turbulento que la decantación no es eficaz, introduciendo un importante número de sólidos en las tuberías. Además, las balsas no tienen capacidad de regulación suficiente y se desbordan, salinizando los suelos camino del cauce localizado aguas abajo de la escombrera, el cual recibe a su vez un aporte salino.

Por otro lado, en el proceso de fabricación de sal se necesita una importante cantidad de agua que actualmente procede de la balsa de agua dulce de La Morea, construida años atrás a tal efecto, y eventualmente de la red de abastecimiento general (Aguas de Pamplona). Salvando algunos problemas relacionados con las especies disueltas, las propias aguas salinas generadas en la escombrera de Las Arrubias pueden aportar directamente las dos entradas principales del proceso productivo: la sal y el agua, siempre que existan las instalaciones adecuadas para su regulación, homogeneización y preparación para la entrada en el proceso, haciendo innecesarios los aportes de agua dulce desde la balsa de La Morea.

En función de todo lo anterior, con el claro objeto de ir dando soluciones definitivas a la clausura de las antiguas instalaciones mineras, mitigando y/o minimizando sus efectos sobre el medio ambiente, en conjunción con la continuidad de la producción de sal en las mejores condiciones medioambientales, que por sí misma lleva aparejada un efecto ambiental positivo derivado de la propia eliminación del acopio de sal, se erige como actuación imprescindible la construcción de una nueva balsa de regulación que reemplace al vaso de Salinas.

Otros elementos que forman parte de las antiguas instalaciones son la propia red de tuberías de conducción de salmueras que aun pasan a través de los terrenos de la antigua fábrica de potasas, hoy convertidos en un nuevo polígono industrial, la balsa de Zolina y la escombrera de bocamina. Estas dos últimas instalaciones se encuentran hoy en día prácticamente desconectadas del resto y se puede

afrontar su remediación de manera independiente. La escombrera de boca mina alberga los materiales excavados durante la construcción de las rampas de acceso a la mina y también genera lixiviados salinos, mientras que La balsa de Zolina contiene lodos y agua salada y su principal problema es la gestión del balance hídrico.

## Material y métodos

El trabajo realizado ha comprendido fundamentalmente las tareas siguientes:

- Recopilación exhaustiva de información sobre las instalaciones mineras, su evolución histórica y las labores de gestión medioambiental llevadas a cabo.
- Caracterización y análisis ambiental de las instalaciones:
  - Descripción del contexto geológico.
  - Descripción de la situación ambiental al cierre de la actividad.
  - Descripción de la gestión ambiental realizada desde el cierre de la actividad hasta la actualidad.
  - Descripción de la situación actual.
  - Cálculo de balances hídricos en las distintas instalaciones.
  - Campañas de muestreo y análisis de suelos, aguas superficiales y aguas subterráneas.
  - Realización de modelos tridimensionales y cálculo de volúmenes de residuos mineros.
  - Reconocimiento in situ del sustrato geológico.
  - Cartografía detallada del trazado de tuberías modificadas.
  - Síntesis por cada instalación y análisis global de la situación.
  - Descripción de la fábrica de sal: proceso productivo, balance de materia y previsiones futuras.
  - Análisis de la relación existente entre las instalaciones de la antigua explotación potásica y la fábrica de sal.
  - Estudio de alternativas de remediación de las distintas instalaciones.
  - Elaboración de una propuesta de solución global.
  - Estimación de costes.

## Resultados y discusión

Los criterios de selección de alternativas para cada instalación se han basado en su eficacia para solventar la problemática medioambiental específica de cada una de ellas, su repercusión en relación a las alternativas propuestas para el resto de instalaciones y en la continuidad y sostenibilidad de la producción de sal, de manera que la solución final adoptada integra las soluciones individuales y de conjunto, potenciando la continuidad de la producción de sal en condiciones ambien-

tales óptimas. El líneas generales la solución global comprende las siguientes soluciones finales para cada instalación:

- *Vaso y escombrera de Salinas*: desconexión, cierre y restauración total del vaso con escombros de construcción seleccionados.
- *Fábrica de sal*: envío de efluentes salinos directamente a sondeos y desconexión del abastecimiento de agua dulce de la balsa de La Morea.
- *Antiguos terrenos de fábrica*: minimización de lixiviados salinos y simplificación del entramado de tuberías.
- *Escombrera de Arubias*: aprovechamiento de los lixiviados salinos para la producción de sal y envío de excedentes directamente a sondeos.
- *Escombrera de Bocamina*: restauración de la escombrera con escombros de construcción seleccionados.
- *Vaso de Zolina*: autogestión del balance hídrico de la balsa y restauración de la playa de lodos con escombros de construcción seleccionados.
- *Red de tuberías*: simplificación de la red de tuberías conectando los puntos de origen de salmueras con los sondeos.
- *Sondeos de inyección*: minimización del volumen de salmueras inyectado.

Dada la complejidad de la relaciones entre las distintas instalaciones, y los condicionantes derivado de la explotación de sal, la ejecución de la solución integral se debe llevar a cabo por fases. Se han definido dos fases principales necesarias para alcanzar la solución propuesta, equivalentes al corto y medio plazo. Por último, se ha esbozado una solución ideal correspondiente al largo plazo que sería deseable lograr, pero no imprescindible. Las principales ventajas que presenta la solución propuesta frente a otras posibles son las siguientes:

- Clausura de instalaciones inactivas.
- Simplificación y concentración de instalaciones activas.
- Aprovechamiento de los lixiviados en el proceso de fabricación de sal.
- Eliminación del material salino de un modo lento, pero continuo.
- Disminución del volumen de salmueras generadas al restaurar casi la totalidad de las instalaciones e introducirlas en el proceso productivo.
- Posible clausura de los sondeos de inyección.
- Admite la posibilidad de empleo de escombros de construcción seleccionados (en función de su permeabilidad y propiedades mecánicas) en la restauración.

## Conclusiones

- La principal afección ambiental existente consiste en la generación continua de salmueras, derivadas de la acumulación superficial de material salino.

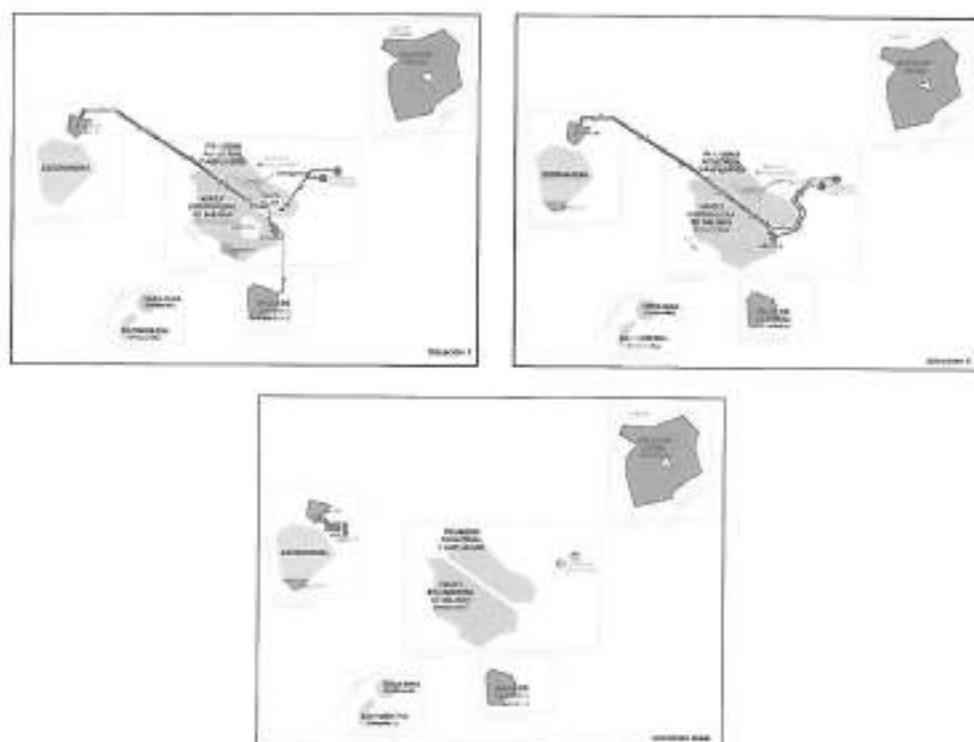


Figura 2. Esquema de las distintas fases de restauración previstas.

- Se hace necesario el cese o minimización de lixiviados debido a la incertidumbre del sistema de inyección profunda, en cuanto a su permanencia y afección potencial.
- La recuperación ambiental de la explotación de potasas está ligada a la continuidad de la producción de sal (efecto ambiental positivo).
- La solución a adoptar debe ser global, conjugando las soluciones individuales a partir de las alternativas disponibles.
- La solución propuesta:
  - Minimiza el volumen de lixiviados, y simplificar al máximo su gestión.
  - Plantea un marco futuro en el cual la huella ambiental de las potasas queda drásticamente reducida.
  - Permite la producción de sal en unas condiciones óptimas respecto al medio.
  - Depende en gran medida de la nueva balsa de regulación diseñada al pie de la escombrera de Las Arrubias.
  - Se articula en tres fases consecutivas: la primera asociada en el tiempo la construcción de la nueva balsa, la segunda al comienzo de explotación de Arrubias y la tercera a la disponibilidad de tecnología adecuada.

- Incluye dos fases realistas, presupuestadas y coincidentes con el corto y medio plazo, y una tercera hipotética, a la que deberá aproximarse la situación a largo plazo.
- Denotará una reducción sustancial de la afección tras su segunda fase, gracias a la clausura y recuperación de buena parte de las instalaciones, minimización de la generación de salmueras y simplificación de interrelaciones entre instalaciones activas.
- Permite el empleo de escombros de construcción en las labores de restauración, contribuyendo de esta manera a solventar otro de los problemas ambientales existentes en la ciudad de Pamplona y su entorno.

# UNA PROPUESTA DE VALORACIÓN DE IMPACTOS BASADA EN LA CALIDAD ECOPAISAJISTICA: APLICACIÓN A LO CURSOS FLUVIALES DE LA SIERRA DE GUADARRAMA (MADRID)

Molina Holgado, P.<sup>1</sup>; Berrocal Menárguez, A. B.<sup>2</sup>

<sup>1</sup>ETSI Caminos, Canales y Puertos. Universidad Politécnica de Madrid  
e-mail: pedro.molina@uam.es

<sup>2</sup>Ingeniería 75, S.A. - e-mail: abbrmenarguez@yahoo.es

## Resumen

Se presenta una propuesta de medición de impactos ambientales basada en la consideración previa del valor ecopaisajístico de 76 tramos fluviales pertenecientes a 14 cursos de la Sierra de Guadarrama, que en conjunto suponen 94,12 km de cauces. Se han seleccionado 6 tramos de la ribera del río Lozoya y se ha planteado la estima del impacto ambiental de una intervención hipotética, la instalación de un área recreativa. La valoración de la calidad ecopaisajística de tramos pondera su valor en función de 12 criterios relativos a vegetación, fauna, agua, conexión ribera-vertiente, percepción estética, patrimonio cultural, relieve y naturalidad y se representa en una escala 0-10. La medición de impactos pondera el grado de afección al valor actual de cada tramo en función de 5 factores de impacto. Cada factor posee un peso en una escala de intensidad de 5 valores cuyos límites son *impacto nulo* e *impacto máximo*. La medida final del grado de afección resulta de la comparación del valor de los tramos en la situación actual con el que registrarían ante cualquier intervención.

*Palabras clave:* valoración, impacto, ribera, fluvial.

## Abstract

An environmental impact evaluation proposal is presented here, using as evaluation benchmark the original eco-landscape value of 76 river sectors belonging

to 14 rivers of the Guadarrama Sierra, involving 94,12 kms in total. Six tracts have been chosen on the Lozoya river, on which the environmental impact of a hypothetical action, such as the building of a recreation ground area has been estimated. The eco-landscape value of the tracts is defined according to 12 criteria relating to the state of their vegetation, fauna, water, river-bed and valley-slope interaction, esthetic quality, cultural importance, topography and preservation degree; and represented on a 0 to 10 scale. The impact evaluation weighs the degree of distress affecting the value of each sector according to 5 impact variables. The weight of each variable is set on a 0 to 5 scale whose limits vary from zero to maximum impact. The final value of the effect degree derives from the comparison of the present original eco-landscape value of the tracts and the one registered after any intervention.

*Key words:* evaluation, impact, riverside, fluvial.

## Introducción

Las riberas fluviales son medios de especial valor debido a su elevada diversidad y complejidad ecopaisajística. A pesar de su elevada capacidad de regeneración son ámbitos en muchos casos intensamente perturbados debido al manejo y explotación del recurso agua, a las intervenciones desarrolladas en cauces y márgenes y a los vertidos de efluentes urbanos, agrícolas o industriales. Este proceso de degradación se aprecia en prácticamente todos los cursos de Europa y América del Norte, como ha sido puesto de manifiesto en diversos trabajos (Decamps et al., 1988, 1989; Molina Holgado, 2003; Petts, Roux y Moller, 1989; Petts, 1990a-1990b).

En la Comunidad de Madrid sólo los tramos fluviales situados a mayor cota mantienen unos rasgos de naturalidad elevados (Gómez Mendoza et al., 1999; Molina y Berrocal, 2004). La intensa regulación de los ríos en este sector de la Cuenca del Tajo causa una notable disminución del caudal circulante, con importantes repercusiones negativas en los paisajes fluviales y ribereños. Son muy escasos los cursos con caudales elevados aguas arriba de la primera gran presa que interrumpe su curso y, precisamente por la escasez de este tipo de paisajes, estos espacios fluviales adquieren especial relevancia como polos de atracción recreativa para la población de la región en general y, en particular, de la ciudad de Madrid.

Parece necesario, por tanto, ordenar y planificar los posibles usos recreativos que puedan desarrollarse en estas riberas, pero para ello es preciso conocer previamente sus características y valores, así como las tensiones que soportan y comprometen el mantenimiento de su actual estado de conservación.

## Material y métodos

Previamente al desarrollo de la valoración de impactos, han sido analizados todos los cursos objeto de estudio con la finalidad de identificar tramos homogé-

neos por sus características paisajísticas. Se han diferenciado 76 tramos en 14 cursos, pertenecientes a 7 subcuencas fluviales situadas en el sector madrileño de la Sierra de Guadarrama (cuenca hidrográfica del Tago) sobre los 1.000 m de altitud.

## Valoración de la calidad de los paisajes fluviales

La estimación de la calidad eco-paisajística de los tramos analizados pondera su valor en función de 12 criterios reseñados en la tabla 1. Es una valoración semi-cuantitativa basada en la atribución de pesos (columna C) a los 12 criterios consideradas (columna A). Los valores de cada variable (columna D) pueden ser positivos o negativos, aunque para facilitar la rápida comprensión de los resultados se han reducido los totales (-6,5 a 23) (columna D) a una escala 0-10 (columna E), aplicando la expresión que posteriormente se detalla.

Sólo se han otorgado valores negativos a aquellos elementos de valoración cuya mala calidad supone una pérdida de valor clara, como sucede en el caso de los parámetros *calidad del agua*, *estado de conservación de la morfología de los canales* o *calidad y estado de conservación de la vegetación*. Para la puntuación del resto de los parámetros se han considerado únicamente valores positivos basados en la presencia-ausencia de determinados elementos (fauna, flora, relieve, patrimonio, etc.). No se incluyen valores negativos porque la ausencia de uno de estos atributos paisajísticos en un tramo no tiene por qué ser evidencia necesaria de deterioro, aunque sí de baja calidad, diversidad o complejidad. En suma, el valor paisajístico (Vn) de un tramo cualquiera resultaría de la sencilla expresión  $Vn = [(\sum D + 6,5) \times 10/29,5]$ .

TABLA 1  
Criterios de valoración (clave, peso, valor)

A	B	C	D	E
CRITERIO	CLAVE (B)	PESO	VALOR	VALOR 0-10 (Vn)
ESTADO DE CONSERVACIÓN DE LA VEGETACIÓN	A	9	-2 a +3	1,6
FLORA DE ESPECIAL INTERÉS	B	1	0 a 1	0,4
CALEDAJ DE LA VEGETACIÓN	C	3	-7 a +3	1,6
PRESENCIA DE RUINA	D	1	0 a 1	0,4
AVES DIMINUIDAS	E	1	0 a 1	0,4
ELIFANTINA DE INTERÉS	F	1	0 a 1	0,4
CALIDAD DEL AGUA	G	4	-2 a +2	1,3
LUBRICACIÓN RIBERA-VERTICANTE	H	2	0 a 2	0,7
VALOR ESTÉTICO	I	2	0 a 2	0,7
PATRIMONIO CULTURAL	J	3	0 a 3	1
ELEMENTO PUNTO-PIRIFORMIDAD-IRREGULARIDAD	K	2	0 a 2	0,7
IRREGULARIDAD DEL CAUCE	L	4,3	-0,3 a 2	0,6
TOTAL	32	49,3	-6,5 a 23	10

## Valoración de impactos

La propuesta de valoración de impactos ambientales que se presenta está basada en la consideración previa del valor ambiental de los tramos objeto de análisis, en la estima del impacto asociado a la intervención analizada sobre éstos y en la capacidad de absorción o recuperación del medio ante los impactos causados.

La idea esencial de este método (Molina y Jaramillo, 2001), en gran medida similar en sus planteamientos al método de Batelle-Columbus, es contrastar el valor ambiental de cada tramo. La comparación se realiza contrastando el valor ambiental de las áreas en la situación previa al desarrollo del proyecto (situación *sin proyecto*) y el que alcanzarían una vez que éste se ha desarrollado (situación *con proyecto*). Si bien se diferencia de este método en la valoración de la calidad ambiental (paisajística en nuestro caso), que se realiza principalmente sobre datos cuantitativos o semicuantitativos, en la naturaleza de los factores manejados para estimar el impacto causado por un proyecto determinado (intensidad, duración, certidumbre, capacidad de absorción, etc.) y en la consideración de la eficacia de las medidas de regeneración.

Según este método, el grado de afección ( $I_i$ ) en un tramo fluvial cualquiera ( $n$ ) ante una intervención determinada resultará de la expresión:  $I_i = V_i - V'_i$ , donde  $V_i$  es el valor ambiental del tramo considerado en situación "sin proyecto" y  $V'_i$  es el valor ambiental del espacio considerado en situación "con proyecto". Para el

TABLA 2  
Distribución cualitativa y semicuantitativa de los grados  
de valor reconocidos (escala 0-10)

MUY BAJO		< 2
BAJO	BAJO -	> 2 < 3
	BAJO +	> 3 < 4
MEDIO	MEDIO -	> 4 < 5
	MEDIO +	> 5 < 6
ALTO	ALTO -	> 6 < 7
	ALTO +	> 7 < 8
MUY ALTO	MUY ALTO -	> 8 < 9
	MUY ALTO +	> 9

cálculo de  $V'_i$ , es preciso ponderar el efecto de los impactos causados para cada uno de los criterios considerados en la valoración de la calidad. En esta propuesta se han considerado cinco factores de impacto ( $F^p_{i_n}$ ), cada uno de los cuales posee un peso en una escala de intensidad que oscila entre un intervalo de valores cuyos extremos son *impacto nulo* (valor 0,20) e *impacto máximo* (valor 0,00). Así, el valor ambiental de una variable cualquiera en situación "con proyecto" ( $V'_{i_n}$ ) ante un impacto resultaría de la expresión:  $V'_{i_n} = V_{i_n} - \sum F^p_{i_n}$ , siendo  $V_{i_n}$  el valor de cada uno de los criterios ( $p$ ) registrados en cada tramo ( $n$ )

en situación "sin proyecto" y  $F^0_{in}$  el grado de impacto de cada uno de los cinco factores (f) sobre los criterios (p) considerados en cada tramo (n). En definitiva, el valor paisajístico del tramo en situación "con proyecto" ( $V'_{pn}$ ) resultaría de la expresión:  $V'_{pn} = \sum V'_{pfn}$ .

Los valores atribuidos a los grados de los factores de impacto ( $F^0_{in}$ ) son los que se adjuntan.

Se ha considerado un valor de 0,20 para los grados de impacto nulo en función del número de factores de impacto utilizados, ya que si  $F^0_{in} = 0,20$  en un tramo m considerado,  $\sum F^0_{in} = 1$ , en todos los casos; entonces el valor ambiental del tramo analizado en situación sin proyecto sería igual al valor ambiental de ese mismo espacio en situación con proyecto ( $V_{pn} = V'_{pn}$ ). Por el contrario, si  $F^0_{in} = 0$  en todos los casos ( $\sum F^0_{in} = 0$ ), el valor ambiental en situación con proyecto sería nulo ( $V'_{pn} = 0$ ) debido al elevado impacto de la intervención. Este último caso sería indicativo de un nivel de impacto extremo.

<b>FACTOR 1. INTENSIDAD</b>		<b>FACTOR 4. CAPACIDAD DE ABSORCIÓN DEL IMPACTO</b>	
F1.1. Muy severo	0,00	F4.1. Nula	0,00
F1.2. Severo	0,05	F4.2. Baja	0,05
F1.3. Moderado	0,10	F4.3. Media	0,10
F1.4. Suave	0,15	F4.4. Alta	0,15
F1.5. Nulo	0,20	F4.5. Total	0,20
<b>FACTOR 2. DURACIÓN</b>		<b>FACTOR 5. MEJORA ESTIMADA ANTE LA APLICACIÓN DE MEDIDAS CORRECTORA</b>	
F2.1. Permanente	0,00	F5.1. Nula	0,00
F2.2. Larga duración	0,05	F5.2. Baja	0,05
F2.3. Media duración	0,10	F5.3. Media	0,10
F2.4. Ocasional	0,15	F5.4. Alta	0,15
F2.5. Nula	0,20	F5.5. Total	0,20
<b>FACTOR 3. CERTIDUMBRE</b>			
F3.1. Seguro	0,00		
F3.2. Desconocida	0,05		
F3.3. Probable	0,10		
F3.4. Posible	0,15		
F3.5. Imposible	0,20		

## Resultados y discusión

### Valoración de tramos

En conjunto, el 65% de los tramos ( $n = 49$ ) posee un valor alto o muy alto, siendo el valor medio  $6,34 \pm 1,4$  ( $n = 76$ ) (valor alto -), datos que ponen de manifiesto el elevado interés de estos espacios fluviales, a pesar de la intensa presión antrópica que soportan, muy frecuentados durante la mayor parte del año debido al elevado interés recreativo. Es interesante destacar que la distribución de los valores

no muestra globalmente diferencias estadísticamente significativas ( $\chi^2 74 \text{ g.l} = 28,228$ ;  $p > 0,05$ ;  $n = 76$ ), lo que pone de manifiesto la alta homogeneidad de los valores registrados en todos los tramos tomados de manera individual.

### Valoración de impactos

Para poner a punto este método de valoración de impactos se ha seleccionado una acción supuesta, pero con altas posibilidades de llevarse a cabo en la zona de estudio: la ubicación de una zona recreativa con capacidad de acogida para 100 visitantes, aparcamiento para 30 vehículos y el equipamiento necesario para satisfacer las demandas básicas del volumen de visitas previsto (mesas, bancos, papeleras, etc.). La zona recreativa requeriría mejorar los accesos hasta el área de aparcamiento e incluiría un pequeño parque infantil, así como un azud con aliviadero fijo de reducidas dimensiones, con salto de 1,5 m. Se situaría en alguno de los seis tramos localizados en el sector central del valle del Lozoya (L7-1,7 km, L8-1,1 km, L9-0,65 km, L10-2,4 km, L11-0,95 km, L12-1,53 km), en algún punto emplazado en las localidades de Rascafría, Oteruelo, Alameda del Valle o Pinilla del Valle.

Obviamente la actuación examinada es un supuesto, pero mediante la aplicación de este método se pretende hallar su ubicación más idónea, minimizando así los posibles daños que esta intervención pudiera causar en la zona de estudio.

Se considera de interés analizar la posible disminución del valor por variables y no globalmente, ya que la merma del valor de cada tramo no debe ser necesariamente homogénea. Ésta variará en relación a las características físicas de cada ámbito y con el valor registrado para cada variable/tramo: la afección sobre la variable presencia de nutria, por ejemplo, dependerá en gran medida de la complejidad y grado de desarrollo de la vegetación de ribera; además, las características de los impactos, al menos en lo relativo a su intensidad, variarán también en función de los valores registrados. Aunque en este trabajo el valor atribuido a cada factor de impacto  $F_{i,j}$  para cada variable  $V_{i,j}$  ha sido asignado por los autores, es conveniente que esta labor sea realizada por un panel de expertos, con el fin de rebajar la subjetividad de las puntuaciones; en este caso, el valor final otorgado a cada factor-variable puede obtenerse empleando para ello alguno de los numerosos métodos que existen para tal fin (vid., por ejemplo, Aguiló, 1993).

En la tabla siguiente, a modo de ejemplo, se muestra la disminución –en su caso– del valor paisajístico de cada una de las variables consideradas para uno de los tramos del río Lozoya, L7.

TABLA 3  
Valoración de impactos (variable y global) del río Lozoya en L7

$V_{pi}$ : valor del criterio en situación "sin proyecto" para el tramo  $n$ .  $V_{pj}$ : valor del criterio  $p$  en situación "con proyecto" para el tramo  $n$ . ( $V_{pi} = V_{pn} / P_{pi}$ ,  $V_{pj} = V_{pn} / P_{pj}$ ).  $P_{pi}$  es el peso de cada uno de los factores ( $f$ ) considerados ( $P_{pi} = P_{fi}$ ) sobre los criterios  $p$  en el tramo  $n$ .  $V_{pi}$ : valor del tramo  $n$  en situación sin proyecto ( $V_{pi} = V_{pn}$ ).  $V_{pj}$ : valor del tramo  $n$  en situación con proyecto ( $V_{pj} = V_{pn}$ ). En las tablas, estos dos últimos valores se representan en una escala 0-10.

CRITERIOS	$V_{pi}$	Factores Impacto (f)						$V_{pj}$
		1	2	3	4	5		
A. Estado conservación vegetación	2	$F_{pi}^A$	0,15	0,05	0,10	0,10	0,05	0,80
		$V_{pi} F_{pi}^A$	0,30	0,10	0,20	0,20	0,10	
B. Flora de especial interés	1	$F_{pi}^B$	0,00	0,05	0,10	0,05	0,05	0,25
		$V_{pi} F_{pi}^B$	0,00	0,05	0,10	0,05	0,05	
C. Calidad de la vegetación	3	$F_{pi}^C$	0,10	0,05	0,10	0,05	0,05	1,05
		$V_{pi} F_{pi}^C$	0,30	0,15	0,30	0,15	0,15	
U. Presencia de ruidos	1	$F_{pi}^U$	0,15	0,15	0,10	0,15	0,15	4,10
		$V_{pi} F_{pi}^U$	0,15	0,15	0,10	0,15	0,15	
E. Aves singulares	0,5	$F_{pi}^E$	0,05	0,15	0,10	0,05	0,05	0,22
		$V_{pi} F_{pi}^E$	0,03	0,08	0,50	0,03	0,03	
F. Ictiofauna de interés	1	$F_{pi}^F$	0,20	0,15	0,15	0,20	0,20	0,90
		$V_{pi} F_{pi}^F$	0,20	0,15	0,15	0,20	0,20	
G. Calidad del agua	1	$F_{pi}^G$	0,15	0,05	0,10	0,15	0,15	0,60
		$V_{pi} F_{pi}^G$	0,15	0,05	0,10	0,15	0,15	
H. Conservación ribera-vorticaria	1	$F_{pi}^H$	0,10	0,15	0,10	0,10	0,15	0,60
		$V_{pi} F_{pi}^H$	0,10	0,15	0,10	0,10	0,15	
I. Valor estético	1,5	$F_{pi}^I$	0,15	0,05	0,10	0,15	0,15	0,82
		$V_{pi} F_{pi}^I$	0,23	0,08	0,15	0,23	0,23	
L. Naturalidad del cauce	2	$F_{pi}^L$	0,10	0,05	0,10	0,15	0,15	1,10
		$V_{pi} F_{pi}^L$	0,20	0,10	0,20	0,30	0,30	
VALOR GLOBAL DEL TRAMO EN SITUACIÓN "SIN PROYECTO" ( $V_{pi}$ ) (E. 0-10)							6,95	
VALOR GLOBAL DEL TRAMO EN SITUACIÓN "CON PROYECTO" ( $V_{pj}$ ) (E. 0-10)							4,66	

## Conclusiones

En la tabla 4 se detallan los resultados obtenidos tras aplicar el método de valoración de impactos propuesto. Se observa que los descensos de la calidad paisajística son significativos, destacando los tramos L8 y L11, con una disminución en ambos casos superior al 40%. En sentido contrario, el menor descenso se produce en el tramo L12, siendo éste del 29,5%. Parece, por tanto, que este último tramo sería a priori el más adecuada para la ubicación de la actuación prevista. No obstante, dada la elevada magnitud de los descensos registrados incluso

TABLA 4  
Resultados finales por tramos

TRAMO	VALOR SIN PROYECTO	VALOR CON PROYECTO	DISMINUCIÓN (puntos)	DISMINUCIÓN (%)
L7	6,95	4,66	2,29	32,9
L8	7,63	4,35	3,28	42,9
L9	6,79	4,28	2,50	36,9
L10	6,78	4,27	2,51	37,0
L11	7,12	4,08	3,04	42,7
L12	5,42	3,82	1,60	29,5

para el tramo donde éste es menor, parecería adecuado buscar un área de ubicación alternativa o, si no fuera posible, plantear diversas medidas para minimizar la afección ambiental de la actuación.

## Bibliografía

- Aguiló, M. (1993): *Guía para la elaboración de estudios del medio físico: contenido y metodología*, MOPTMA, Madrid.
- Decamps, H.; Fortune, N., y Gazelle, F. (1989): *Historical Changes of the Garona River, Southern France*, en Petts, Roux y Moller (Eds.): *Historical Changes of Large Aluvial Rivers, Western Europe*, Wiley, Chichester.
- Decamps, H.; Fortune, N.; Gazelle, F., y Pautou, G. (1988): "Historical influence of man on the riparian dynamics of an aluvial landscapes", *Landscape Ecology*, 1: 163-173.
- Gómez Mendoza, J. et al. (1999): *Los paisajes de Madrid: naturaleza y medio rural*, Alianza Editorial-Fundación Caja Madrid, Madrid.
- Molina, P. (2003): *Análisis y comparación de la vegetación de las riberas de los ríos Ebro, Tajo y Jarama*, UAM Ediciones, Madrid.
- Molina, P., y Berrocal, A. B. (2004): *Los paisajes del agua en el ámbito territorial del PORN de la Sierra de Guadarrama*, Comunidad de Madrid. Informe inédito.
- Molina, P., y Jaramillo, A. (2001): *La evaluación de los aspectos ambientales en las obras hidráulicas. Síntesis y guía metodológica*, en DGOHCA: *Las obras hidráulicas y el medio ambiente*, Dirección General de Obras Hidráulicas y Calidad de las Aguas, Ministerio de Medio Ambiente, Madrid.
- Petts, G. (1990a): *Forest river corridors: a lost resource*, en Cosgrove y G. Petts (Eds.): *Water, Engineering and Landscape*, Belhaven Press.
- Petts, G. (1990b): *Water, Engineering and Landscape: development, protection and restoration*, en Cosgrove y Petts (Eds.): *Water, Engineering and Landscape*, Belhaven Press.
- Petts, G.; Roux, A. L., y Moller, H. (Eds.) (1989): *Historical Changes of Large Aluvial Rivers, Western Europe*, Wiley, Chichester.

# TECNOLOGÍAS GENÓMICAS, UNA CAJA DE HERRAMIENTAS EN ESTUDIOS DE IMPACTO AMBIENTAL

---

Hernández, M.ª Á; Amezcua, A., y Murua, A.

Departamento de Zoología y Ecología, Facultad de Ciencias  
Universidad de Navarra - 31080 Pamplona (España)  
Teléfono: 948 42 56 00 - Fax: 948 42 56 49 - e-mail: mahermin@unav.es

## Resumen

Las tecnologías genómicas han sido subutilizadas por los ecólogos, siendo más comúnmente aplicadas en el estudio de la salud humana. Los ecólogos están comenzando a tomar conciencia de las ventajas de estas herramientas para explorar cuestiones principales y conceptos básicos de su campo de trabajo. La aplicación de estas técnicas ha desvelado su valor potencial dando lugar a varias conferencias (Thomas y Klaper, 2004).

Los interesados en su utilización tienen dos opciones: a) usar los modelos de organismos disponibles, generalmente relacionados con la ecología microbiana y la fisiología de plantas, y b) emplear herramientas de uso habitual, que pueden ser aplicadas a las especies de interés para estudios del impacto ecológico. Los que creemos en la utilidad de estas técnicas hacemos mayor énfasis en la segunda opción.

Las técnicas usadas en la amplificación de fragmentos de ciertos genes de DNA genómico o mitocondrial en aves incluyen: a) la determinación del sexo de individuos adultos y pollos, que ha permitido realizar estudios sobre la ecología del Alcaudón Real; b) la amplificación de fragmentos de DNA mitocondrial, aplicados a la diferenciación entre subespecies y poblaciones; c) la amplificación de los parásitos en sangre de aves migratorias, lo cual puede mostrar interesantes resultados sobre el impacto de diferentes factores en la migración de aves. Las técnicas

moleculares nos han permitido avanzar en el estudio del impacto ecológico de diversas especies.

*Palabras clave:* aves, biocomplejo, ADN, ecología, medio ambiente .

## Abstract

The genomic technologies have been few used by the ecologists, being more applied in the study of the human health. The ecologists are beginning to become aware from the advantages of these tools to explore main questions and basic concepts of their field of work. The application of these techniques has been presented in several conferences (Thomas & Klaper, 2004). The interested ones in their use have two options: a) to use the models of organisms available, generally related to the microbial ecology and the physiology of plants; and b) to use tools of habitual use, that can be applied to the species of interest for studies of the ecological impact. Who believe in using these techniques may do greater emphasis in the second option. The techniques used in the fragment amplification of certain genes of genomic or mitochondrial DNA in birds include: a) the determination of the sex of adult or nestling, that has allowed to make studies on the ecology of the Southern Grey Shrike; b) the fragment amplification of mitochondrial DNA, applied to the differentiation between subspecies and populations; c) the amplification of the parasites in blood of migratory birds, which can show interesting results on the impact of different factors in the migration from birds. The molecular techniques have allowed us to advance in the study of the ecological impact of different species.

*Keywords:* birds, biocomplexity, DNA, ecology, environment.

## Introducción

Los organismos individuales poseen un poder pleno sobre ellos mismos, pero limitadas capacidades para responder a los cambios según las condiciones ambientales.

Se ha logrado comprender algunas respuestas fenotípicas, e incluso en algunos casos los mecanismos de su control por ciertos genes relevantes, pero pocos estudios han dirigido estos problemas a una escala amplia del genoma fuera de la biomedicina.

Asimismo, la genómica ha sido escasamente utilizada para explicar el impacto de un organismo en su ambiente. Adicionalmente, poblaciones y especies poseen una mayor diversidad de respuesta colectiva que la de un individuo. Por tanto el uso de la genómica para comprender los procesos que ocurren en la población, a través de diferentes escalas de cambios en los ecosistemas, resulta aún un mayor reto. La variación en la expresión de los genes dentro y entre poblaciones o especies, permite la elaboración de ciertas hipótesis acerca de la evolución y aclimatación a los impactos sobre el medio ambiente.

En ciertas páginas de la web (como, por ejemplo, [www.nsf.gov/ere](http://www.nsf.gov/ere)) se habla del "Biocomplejo" (Biocomplexity) como la relación de los componentes del ecosistema (biológico, físico, químico) al interactuar con la "dimensión humana". Las investigaciones del Biocomplejo - Medio ambiente han sido dirigidas hacia una mejor comprensión de los procesos naturales, sus ciclos, la conducta humana y sus decisiones sobre el mundo natural, así como hacia la forma de aplicar las nuevas tecnologías de forma efectiva en la observación del medio ambiente y el mantenimiento de la biodiversidad en la Tierra.

Para situar los estudios del Biocomplejo en el contexto medioambiental, hay que hacer un especial énfasis en las siguientes características:

- a) Un alto grado de interdisciplinariedad.
- b) Una atención dentro del "complejo sistema medio ambiental" que incluya biomas no humanos y/o humanos.
- c) Enfocarse en sistemas con alto potencial para la demostración de una conducta no lineal con respecto al Biocomplejo-Medio Ambiente.

De aquí el desarrollo de una nueva instrumentación y modelo para el acceso a la formación e información, de esta área denominada "Genome-Enabled Environmental Science and Engineering (GEN-EN)".

Este tópico se dirige a científicos y/o ingenieros con el fin de desarrollar y aplicar la información genómica y sus herramientas para nuestra mejor comprensión de cómo los organismos interactúan, ajustándose a sus ambientes o modificándolos.

La secuenciación y los estudios de sistemática en los que se relacionan las técnicas clásicas de taxonomía, permiten identificar, mediante un número limitado de genes, los organismos que intervienen en un medio, y sirven de base para dirigir esta información a otros programas como respuesta a estudios sobre el medio ambiente.

Evolutionary and ecological functional genomics (EEFC) (Feder & Mitchell-Olds, 2003) resulta de una combinación de disciplinas, enfocadas al estudio de los genes que afectan a sucesos ecológicos y condiciones evolutivas en ambientes naturales y poblaciones. Los organismos salvajes prosperan en la naturaleza a pesar de severos cambios desde sus ambientes bióticos y abióticos. Cada organismo vivo puede ser considerado como una historia de sucesos evolutivos (Bartolomew, 1987). El actual campo de la EEFC busca comprender cómo estos sucesos son llevados a cabo. Ello requiere una serie de pautas:

**Objetivos:** EEFC está dirigido a organismos que habitan en ambientes naturales y el objetivo de la investigación es explicar variaciones de las condiciones darwinianas en las poblaciones, en el tamaño, rangos, longevidad y diversidad entre poblaciones, especies y taxones superiores.

Los genes y polimorfismos que pueden tener un significado evolutivo, pueden también ser identificados a partir de la técnica genética de poblaciones, mediante el uso de algoritmos que deducen qué nucleótidos no se desarrollan de forma neutral (Ford, 2002). Estos algoritmos proporcionan pequeños conocimien-

tos en los mecanismos moleculares o consecuencias ecológicas de diferentes condiciones, o probables impactos de adaptaciones evolutivas. No obstante, es necesario caracterizar los mecanismos que causan efecto sobre genes particulares y polimorfismos como consecuencia del impacto ecológico y los rasgos significativos en la evolución. Todo ello requiere un trabajo continuo de los mecanismos biológicos (bioquímicos, fisiológicos, genéticos...) bajo la realidad celular y las condiciones ambientales "functional genomics".

Pasos: Organismos modelo para EEFC. La dicotomía entre la ecología y la genética requiere en sus comienzos realizar estudios en "organismos modelo". Existen varios de ellos ya clásicos en la genética, y por ello es necesario escoger un modelo diferente. Un ejemplo ha sido *Daphnia*, un crustáceo acuático utilizado en estudios ecológicos y evolutivos; recientemente *Daphnia Genomics Consortium* se ha formado para el desarrollo de *Daphnia* como un sistema modelo de EEFC.

Ecología: La genómica y las herramientas moleculares han revolucionado nuestra habilidad para identificar los organismos gracias a la secuenciación de DNA. Desde muestras medio ambientales (por ejemplo, agua de mar o suelo) se puede diferenciar el 99% de las especies microbianas que no lo han sido por otros métodos (Beja et al., 2002; Morris et al., 2002). La identificación molecular a gran escala es crucial a la hora de describir los patrones y procesos ecológicos (Jackson et al., 2002).

Evolución: La genética, genómica y biología evolutiva están fuertemente relacionadas y los frutos de su interacción son obvios. Se pueden describir diversos ejemplos (Fray et al., 2000; Robin et al., 2002, etc.).

Dos puntos a considerar son:

- a) Genomas y fenotipos pueden ser el producto de diversos procesos evolutivos que interactúan en manera compleja.
- b) El análisis del complejo genoma y fenotipo requiere la aplicación conjunta de herramientas desde la genética, genómica, biología de las poblaciones y biología evolutiva.

Como "conclusión", la EEFG ha puesto en ella misma un amplio y ambicioso objetivo: la comprensión de los organismos salvajes *in situ* y su evolución. Tal objetivo requiere, en principio, la aplicación de varias disciplinas y modelos.

Después de esta introducción sobre el avance de la genómica en los proyectos medioambientales, se exponen a continuación brevemente algunos de los estudios genéticos realizados en el Departamento de Zoología y Ecología, todos ellos hasta ahora en Aves. Se trata de estudios básicos pero necesarios para realizar trabajos ecológicos y relacionarlos con el impacto en el medioambiente, continuamente variable por causas naturales o humanas.

## Material y métodos

Las formas de recoger las muestras de donde obtener el DNA son variables; ante todo se trata de no dañar a las aves y dejarlas nuevamente en libertad. Para ello generalmente se toman muestras de sangre, que son fijadas en alcohol, o en tarjetas FTA classic card® (Gutiérrez-Corchero et al., 2002), y plumas. Cuando las muestras proceden de animales muertos, el DNA se ha extraído de músculo o hígado.

Una vez obtenido el DNA, según el protocolo que corresponde a la muestra de procedencia, se amplifica el fragmento deseado para su estudio. La base esencial en este caso es la técnica de la PCR (Polymerase Chain Reaction). Se ha trabajado con DNA mitocondrial y DNA genómico. Las técnicas empleadas han sido muy diversas, teniendo en cuenta el estudio a realizar, el grupo animal y la información que se necesita conocer. De esta manera, según la situación, han sido utilizadas las técnicas de RAPDs, RFLPs, amplificación de un gen genómico o mitocondrial, microsatélites, clonación y secuenciación.

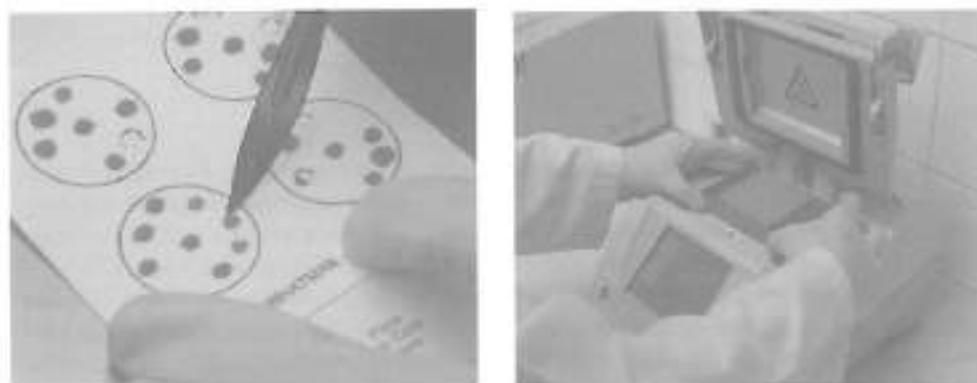


Figura 1. A. Muestras de sangre de ave fijadas en FTA classic card®. B. Amplificación del DNA mediante "PCR" (Polymerase Chain Reaction) en el termociclador.

## Resultados y discusión

A) La determinación del sexo en aves es importante en distintos estudios, como el conocimiento de la proporción de sexos de adultos y jóvenes dentro una población, lo que puede permitir conocer la situación de la población con respecto al medio en el que habita. Hay un gran número de especies que carecen de dimorfismo sexual en formas adultas y en los pollos. En nuestro caso el ave estudiada ha sido el alcaudón real (*Lanius meridionalis*); en un medio natural de la provincia de Cáceres y en un área modificada por la agricultura en Navarra se deter-

minó el sexo de adultos, juveniles y pollos (figura 2), lo que permitió extraer conclusiones sobre el impacto de las áreas de cultivo en esta especie (Gutiérrez-Corchero, 2005).

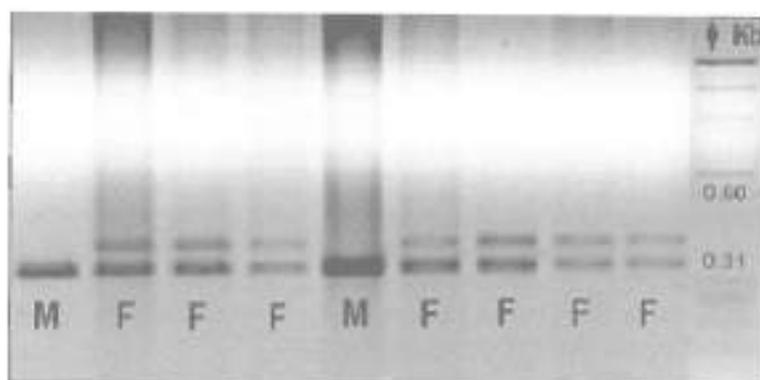


Figura 2. Gel de agarosa obtenido por electroforesis, M. Macho (una banda que corresponde al gen CDH-Z), F. Hembra (dos bandas cada una corresponde a los genes CDH-Z y CDH-W, respectivamente).

B) Otro trabajo fue igualmente realizado con alcaudones. El estudio consistió en determinar si había diferencias entre varias especies de alcaudones y varias subespecies euroasiáticas del alcaudón real. Para ello se utilizó un fragmento de la región control del DNA mitocondrial, del que se conocía la tendencia a formar repeticiones en "tándem" en el alcaudón verdugo (*Lanius ludovicianus*) presente en el continente americano. Las especies y subespecies de alcaudón comparadas en el estudio fueron: alcaudón común (*L. senator*), alcaudón dorsirrojo (*L. collurio*), ambos capturados en la Península Ibérica; alcaudón norteño (*L. excubitor*), polonia, subespecies de alcaudón real (*L. meridionalis meridionalis*) de la Península Ibérica (*L. m. koenigi*), Canarias (*L. m. aucheri*), Israel y (*L. m. pallidirostris*) Kazahastan. Se observó (figura 3) que los alcaudones común y dorsirrojo (ambas especies migradoras) no forman repetición del fragmento estudiado. El alcaudón norteño, el alcaudón real y sus subespecies presentaron siempre repetición del fragmento en tándem, siendo el número de repeticiones 2, 3 ó 2+3, efecto denominado heteroplasma. Los detalles y conclusiones del estudio están explicados en Hernández et al. (2004).

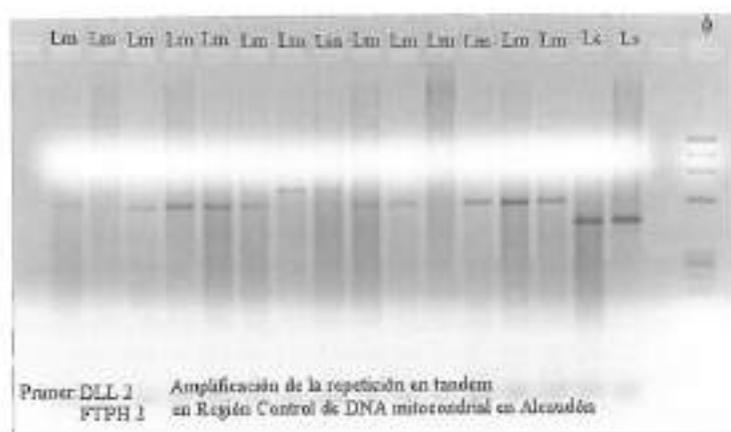


Figura 3. Gel de agarosa donde se observan bandas de DNAmít dependiendo del número de bases. Lc: alcaudón dorsirrojo; Ls: alcaudón común, ambos con una repetición en tandem; Lm: ejemplares de diferentes subespecies de alcaudón real, con 2 ó 3 repeticiones.

C) El estudio de parásitos en sangre de aves resulta interesante desde varios aspectos diferentes: ecología del animal, comparación de la condición corporal parasito-hábitat de distintas poblaciones, coste energético en aves migradoras, etc.

En nuestro Departamento se realizó un estudio de parásitos hemospordios en curruca capirotada (*Sylvia atricapilla*) en un área de descanso durante la migración (Loza, Navarra). El objetivo era determinar si el coste energético en la migración se puede ver alterado por la presencia de parásitos en sangre en aspectos tales como: a) la fecha de comienzo de la migración, b) el tiempo que pasan en el área de descanso y c) si parten del área de descanso con mayor carga de energía en forma de grasa corporal.

El estudio se llevó a cabo mediante la secuenciación de un gen del parásito que permite determinar su presencia, género, especie y linaje. Según estos datos se conoce si son parásitos más o menos virulentos. En la figura 4 se resume una parte de los resultados.

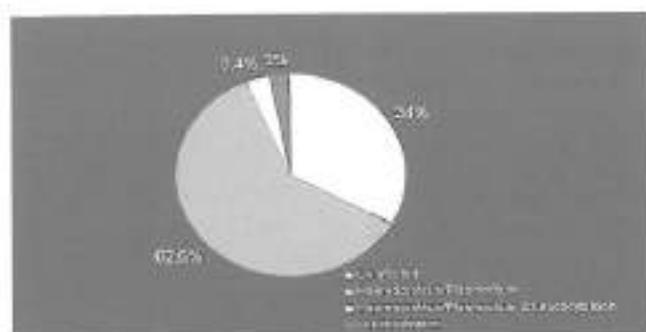


Figura 4. Resultados obtenidos del estudio de secuenciación de los parásitos presentes en las muestras de sangre infectadas.

## Bibliografía

- Bartholomew, G. A. (1987), en *New directions in Ecological Physiology* (eds. Feder, M.E.; Bennett, A. F.; Burggren, W. W., y Huey, R. B.), 11-35, Cambridge Univ. Press, Cambridge.
- Beja, O. et al.: "Unsuspected diversity among marine aerobic anoxygenic phototrophs", *Nature*, 415: 630-633.
- Gutiérrez-Corchero, F.; Arruga, M. V.; Sanz, L.; García, C.; Hernández, M. A., y Campos, F. (2002): "Using FTA cards to store avian blood samples for genetic studies. Their application in sex determination", *Molecular Ecology Notes*, 2: 75-77.
- Gutiérrez-Corchero, F. (2005): *Estudio sobre la morfología, ecología y taxonomía del alcaudón real (Lanius meridionalis)*. Tesis Doctoral. Universidad de Navarra.
- Feder, M. E., y Mitchel-Olds, T. (2003): "Evolutionary and ecological functional genomics", *Nature Reviews: Genetis*, 4: 649-654.
- Ford, M. J. (2002): "Application of selective neutrality test to molecular ecology", *Mol. Ecol.*, 11: 1245-1262.
- Fray, A. et al. (2000): "*fw2.2*: a quantitative trait locus key to the evolution of tomato fruit size", *Science*, 289: 85-88.
- Hernández, M. A.; Campos, F.; Gutiérrez-Corchero, F., y A. Amezcua (2004): "Identification of *Lanius* species and subspecies using tandem repeats in mitochondrial DNA control región", *Ibis*, 146: 227-230.
- Jackson, R. B. et al.: "Linking molecular insight and ecological research", *Trend Ecol. Evol.*, 17: 409-414.
- Morris, R. M. et al. (2002): "SAR11 clade dominates ocean surface bacterioplankton communities", *Nature*, 420: 806-810.
- Robin, C. et al. (2002): "Hairy: a quantitative trait locus for *Drosophila* sensory bristle number", *Genetics*, 162: 1655-1674.
- Thomas, M. A., y Klaper, R. (2004): "Genomics for the ecological toolbox", *TRENDS in ecology and Evolution*, 19 (8): 439-445.

# VALORACIÓN CUALITATIVA DE IMPACTOS AMBIENTALES EN EL TRATAMIENTO DE RESIDUOS PROCEDENTES DEL PETRÓLEO

---

Mateos, E.

Universidad del País Vasco, EUITI - Plaza la Casilla, 3 - 48012 Bilbao (España)  
Teléfono: 946 01 43 43 - Fax: 946 01 43 00 - e-mail: iapmasae@ig.ehu.es

## Resumen

El objeto del proyecto es el Estudio de Impacto Ambiental (EIA) originado por el establecimiento de una instalación para el tratamiento de residuos procedentes del petróleo. Para dicho EIA se ha utilizado una metodología cualitativa según un procedimiento de identificación de impactos a través del análisis matricial causa-efecto y de una valoración cualitativa de la tipología de los principales impactos ambientales que podrían producirse durante la construcción y funcionamiento de la planta. Asimismo se han utilizado modelos de predicción en la calidad del aire para el cálculo de la incidencia de las emisiones de contaminantes a la atmósfera y de dilución de efluentes y contaminantes del agua.

Los impactos ambientales consecuencia del funcionamiento de la Planta, así como la disminución de los mismos debido a la introducción de medidas correctoras, han sido debidamente caracterizados y valorados en su calidad quedando reflejados en una Matriz de Importancia. El empleo de esta matriz permite identificar, prevenir y comunicar los efectos del proyecto sobre el medio. El método queda justificado por lo dispuesto en los Reales Decretos 1302/1986 y 1131/1988 de Evaluación de Impacto Ambiental. Se aplica también lo señalado en las Directivas 85/337/CEE y 97/11/CEE.

*Palabras clave:* estudio de Impacto Ambiental, tratamiento de residuos.

## Introducción

El objetivo que se pretende con la elaboración del EIA es determinar, describir y prevenir los impactos que puedan derivarse de la construcción y funcionamiento en continuo de la Planta de Tratamiento sobre la población del entorno, la fauna y flora, el suelo, agua, aire, paisaje y los ecosistemas existentes en el entorno así como los efectos socioeconómicos y culturales, para lo cual se realiza una evaluación medioambiental de los impactos derivados de la instalación, tanto en la ubicación prevista para la construcción de la Planta como en su entorno.

El funcionamiento de la Planta tiene como objetivo dar a aquellos residuos, en los que técnica y económicamente sea factible un tratamiento que los convierta en reutilizables y procesar aquellos otros cuya única posibilidad de gestión sea su deposición en un vertedero controlado. Las características de los residuos determinan diferentes líneas de tratamiento: residuos hidrocarburoados y aceitosos; taladrinas y emulsiones oleosas; lodos hidrocarburoados; lodos industriales, así como las aguas residuales resultantes de los procesos anteriores. La mayor parte de estos residuos se consideran peligrosos, presentando cualidades irritantes y ecotóxicas, así como un elevado contenido en metales pesados, biocidas y gérmenes nocivos, por lo que tienen elevados riesgos potenciales sobre la salud (afecciones cutáneas, afecciones respiratorias) y sobre el medio ambiente.

## Material y métodos

Para el Estudio de Impacto Ambiental se ha utilizado una metodología cualitativa siguiendo un procedimiento de identificación de impactos ambientales mediante un análisis matricial causa-efecto y una valoración cualitativa de la tipología de los principales impactos ambientales que podría producirse durante la construcción y funcionamiento de la planta.

El análisis de las reacciones causa-efecto se ha realizado estableciendo las interacciones del proyecto en su medio, a través de una matriz tipo Leopold consistente en un cuadro de doble entrada en cuyas columnas figuran las acciones que pueden alterar el medio ambiente y las entradas según filas los factores medioambientales susceptibles de recibir impactos.

Una vez identificadas las acciones y los factores del medio que, presumiblemente, serán impactados por aquéllas, la Matriz de Importancia nos permite obtener una valoración cualitativa de los impactos tanto en la fase de construcción como de funcionamiento de la Planta de Tratamiento. El término importancia hace referencia al ratio mediante el cual se realiza una valoración del impacto producida como de la caracterización del efecto, que responde a su vez a una serie de atributos de tipo cualitativo, tales como efecto sobre la calidad ambiental, extensión, persistencia, intensidad, reversibilidad, sinergia, acumulación y periodicidad, que corresponde a la tipología de impactos ambientales definida en el Real Decreto 1131/1998.

## Fases del EIA

En síntesis y siguiendo la información recogida en fuentes bibliográficas [5], el Estudio de Impacto Ambiental se ha estructurado en las fases siguientes:

1. Descripción general del proyecto.
2. Estudio de las alternativas propuestas y justificación de la solución adoptada.
3. Inventario ambiental.
4. Identificación y valoración de impactos.
5. Programa de control y vigilancia ambiental.

Previamente se ha recogido la información necesaria para la realización del EIA, tales como normativa, aspectos socioeconómicos y socioculturales de la población afectada, clima, morfología, paisaje, hidrología, así como las características de los residuos industriales sometidos a tratamiento. La información ha sido obtenida de fuentes bibliográficas sobre la zona de estudio, así como otros informes suministrados por los propios ayuntamientos e Instituciones de la Administración. Asimismo se ha contado con la colaboración de Centros Tecnológicos que cuentan con gran experiencia en el estudio de mejoras competitivas y avances en la eficacia en el tratamiento de residuos.

## Descripción general del proyecto

La instalación proyectada constará de cuatro áreas de tratamiento bien definidas: Planta de Hidrocarburos y Aceites; Planta de Tratamiento de Taladrinas y Emulsiones; Planta de Tratamiento Físico-Químico y Planta de Inertización.

La Planta de Hidrocarburos y Aceites trata fundamentalmente aceites industriales usados, así como residuos de fueles y gasóleos. En la Planta de Taladrinas y Emulsiones se gestionan residuos procedentes de las industrias de transformación de metales y de máquina herramienta. La Planta de Tratamiento Físico-Químico recoge y trata las aguas residuales provenientes de la Planta de Hidrocarburos y Aceites y la fase acuosa proveniente del Tratamiento de taladrinas. En la Planta de Inertización se procede al proceso de solidificación-estabilización de los lodos hidrocarbureados, así como los procedentes de la Planta de Hidrocarburos y Aceites. Dependiendo de las características del residuo, se emplearán diferentes tipos de tratamiento: físicos (rotura de emulsión, electroforesis), químicos (rotura ácida o básica), mecánicos (ultrafiltración, filtración), térmicos (calentamiento, evaporación).

TABLA 3

## Identificación de efectos ambientales medio socioeconómico y cultural

Factor ambiental	Acciones del proyecto	Efectos	Fase
Usos del suelo	Usos agua	Contaminación atmosférica	F
	Ocupación suelo	Afección espacios	C/F
	Accesos	Ruido	C/F
		Tráfico vehículos pesados	C
Factores Socio-económicos y Culturales	Edificios (Plantas de Tratamiento e instalaciones auxiliares)	Creación de empleo	C/F
	Funcionamiento Planta de tratamiento	Incremento PIB regional	C/F
		Impacto visual	C/F

<sup>a</sup> C = construcción, F = funcionamiento

1. *Valoración Absoluta:* Se considera que la importancia relativa de dos factores del medio es la misma y consiguientemente deben ser considerados de la misma manera la afección que sufran dichos factores.
2. *Valoración Ponderada:* Se establece una importancia relativa de los factores en función de su mayor o menor contribución a la situación del medio, de modo que dicha contribución quedará reflejada a través de unos coeficientes de ponderación. El valor de estos coeficientes se expresará en Unidades de Importancia Ponderada (UIP). El método considera un valor de 1000 UIP a la situación óptima del medio ambiente, distribuyendo esta cantidad entre los diferentes componentes en función de su contribución para alcanzar la situación óptima.

Los distintos factores del medio presentan importancias distintas de unos respecto a otros en cuanto a su mayor o menor contribución a la situación ambiental. La ponderación establecida se corresponde a la que el método establece para sistemas naturales y socioeconómicos relativos a nuestro país.

## Programa de control y vigilancia ambiental

Se incluye en EIA un Programa de Vigilancia Ambiental en el que se recogen todas las medidas que deben adoptarse para realizar el seguimiento de los impactos residuales de esta Planta de Tratamiento, según lo establecido en la Legislación Medioambiental (Reales Decretos 1302/1986 y 1131/1988, de Evaluación de Impacto Ambiental; Directivas Europeas 85/337/CEE y 97/11/CEE).

## Conclusiones

Todos los impactos valorados en el EIA se han considerado admisibles tanto en la fase de construcción como de funcionamiento. En la fase de construcción destacan los efectos sobre la calidad del aire y ruidos y vibraciones debido a la circulación y el funcionamiento de la maquinaria, la alteración del paisaje, la destrucción de la capa vegetal con su correspondiente efecto sobre el humus, excavaciones, movimientos de materiales. Estos efectos son calificados como negativos, directos o de acción inmediata a su generación, no acumulativos.

Por su demanda de medidas correctoras, todos los impactos que derivan de la generación de contaminantes, bien sean gaseosos, acuosos, residuos sólidos o contaminación acústica, son calificados como impactos moderados, reversibles, recuperables y admisibles.

La fase de construcción también afecta de manera positiva al entorno de estudio, especialmente en lo que se refiere a la generación de empleo, tanto directo (operarios de la obra) como indirecto (servicios), si bien la mayoría de estos puestos de trabajo tienen carácter temporal.

Como consecuencia de los datos obtenidos cabe concluir que, si bien la implantación de la Planta de Tratamiento supondrá un deterioro del medio físico, éste ese verá claramente reducido por la introducción de medidas correctoras adecuadas y perfectamente asumible por el medio.

Respecto a los impactos positivos cabe señalar el medio socioeconómico de la zona que se verá afectado positivamente con el funcionamiento de la actividad.

## Bibliografía

- Angulo, J.; Ruiz, M. J. M. (1994): "Reciclaje energético de aceites usados. Proceso Aureka", *Tecno Ambiente*, núm. 38: A.
- Canter, L. W. (1998): *Manual de Evaluación de Impacto Ambiental. Técnicas para la Elaboración de Estudios de Impacto*, Ed. McGraw-Hill, Madrid.
- Conesa Fernández-Vitora, V. (1997): *Guía Metodológica para la Evaluación de Impacto Ambiental*, Ed. Mundi-Prensa, Madrid.
- Esteban Bolea, M. T. (1984): *Evaluación de Impacto Ambiental*, Madrid.
- Gobierno Balear (1990): *Guía práctica para la realización de E.I.A.*, Palma de Mallorca.
- Gómez Orea, D. (1999): *Evaluación del Impacto Ambiental*, Ed. Mundi-Prensa, Madrid.
- Conesa Fernández-Vitora, V. (1997): *Instrumentos de la gestión ambiental en la empresa*, Ed. Mundi-Prensa, Madrid. ISBN: 84-7114-647-9.
- Mateos Sánchez, E. (2001): *Proyecto Master en Evaluación de Impacto Ambiental del Instituto de Investigaciones Ecológicas*, Málaga.
- MOPU (1989): *Guías Metodológicas para la elaboración de Estudios de Impacto Ambiental 1. Carreteras y Ferrocarriles*, Madrid.

MOPU (1989): *Guías Metodológicas para la elaboración de Estudios de Impacto Ambiental 2. Grandes Presas*, Madrid.

MOPU (1989): *Guías Metodológicas para la elaboración de Estudios de Impacto Ambiental 3. Repoblaciones Forestales*, Madrid.

Prado, F. (2001): "Unidades móviles de tratamientos *in situ*, de residuos", *Ingeniería Química*, jun. 01: 177-181. 2001.

# MODELOS MATEMÁTICOS EN LA EVALUACIÓN DE IMPACTO AMBIENTAL DE PROYECTOS DE PRODUCCIÓN DE ENERGÍA

---

Díaz, C. B.<sup>1</sup>, y Fernández, Y.<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Instituto Geológico y Minero de España - Ríos Rosas, 23 - 28003 Madrid (España)  
Teléfono: 91 349 57 39 - Fax: 91 349 58 34 - e-mail: c.diaz@igme.es

<sup>2</sup>Instituto Geológico y Minero de España - Ríos Rosas, 23 - 28003 Madrid (España)  
Teléfono: 91 349 57 39 - Fax: 91 349 58 34 - e-mail: y.fernandez@igme.es

## Resumen

Los modelos matemáticos son un complemento en la evaluación de los impactos que puede generar una instalación de producción de energía. Mediante la integración de parámetros característicos de los focos emisores, los contaminantes emitidos, las transformaciones que sufren estos contaminantes, y los medios receptores, sirve para prever situaciones futuras con antelación a la implantación de la nueva actividad.

Estos modelos llevan asociada una incertidumbre inevitable, por lo que la fiabilidad de sus resultados está relacionada con la información disponible de entrada, que tiene que ser lo más detallada y precisa posible.

*Palabras clave:* modelo matemático, energía, emisiones, contaminante.

## Abstract

The mathematical models are a complement in the evaluation of the impacts that can generate an installation of production of energy. By means of the integration of parameters typical of the issuing foci, the spilt pollutants, the transformations that these pollutants suffer, and the environment, it serves to foresee future situations with advance to the implantation of the new activity.

These models have associated an inevitable changeability, for what the reliability of his results is related to the available information of entry, which has to be the most detailed and precise possible.

*Keywords:* mathematical model, energy, emission, pollutant.

## Introducción

Los modelos matemáticos surgen como un complemento en la evaluación de los impactos que una instalación de producción de energía puede generar tanto sobre el medio atmosférico como sobre el acuático. La modelización es valiosa desde el momento en que, a través del análisis de los resultados obtenidos, se pueden prever situaciones futuras con antelación a la implantación de la nueva actividad, mediante la identificación de aquellas zonas más o menos susceptibles de verse afectadas por los contaminantes emitidos.

Dentro de estos modelos existe un primer paso (planificación), desde donde se obtienen de estos modelos unos resultados numéricos que permiten cuantificar el impacto generado por dicha actividad, mediante la integración de parámetros como la ubicación y tipología de los focos, los contaminantes emitidos, las transformaciones que sufren estos contaminantes durante su transporte y difusión y las características fisicoquímicas de los medios receptores.

En el siguiente paso se comparan estos resultados con los límites legalmente establecidos, determinando la viabilidad legal del proyecto.

Por último, se integran estos resultados en el inventario ambiental, con el fin de valorar si el ecosistema puede soportar el impacto o no (viabilidad ambiental).

## Material y métodos

Se trata de un trabajo de consulta y recopilación de información en el que se han utilizado estudios de impacto ambiental de proyectos de producción de energía que hayan incorporado la modelización en su evaluación.

## Conclusiones

Los modelos llevan asociada una incertidumbre inevitable, al tratarse de una simulación matemática de fenómenos naturales complejos.

La fiabilidad de sus resultados está directamente relacionada con el banco de datos que se posea. Por tanto, una vez elegido el modelo, es fundamental que la información disponible de entrada sea precisa y detallada.

La modelización es valiosa desde el momento en que, a través del análisis de los resultados obtenidos, se pueden prever situaciones futuras con antelación a la implantación de la nueva actividad, mediante la identificación de aquellas zonas más o menos susceptibles de verse afectadas por los contaminantes emitidos.

Los modelos no se utilizan solamente para la previsión y cuantificación de impactos también pueden utilizarse, entre otros casos, en:

1. Valoración de la capacidad de carga de un ecosistema.
2. Planificación urbana e industrial (escala regional, local y nacional).
3. Diseño de redes de calidad de aire.
4. Estudio de alternativas de ubicación de focos de contaminación.
5. Gestión del medio durante el desarrollo del plan de vigilancia dentro del marco del desarrollo sostenible.

## Bibliografía

- Warner, Peter O.: *Análisis de los contaminantes del aire*, Editora Paraninfo, 1985.
- Arthur C. Stern: *Air Pollution*, Third edition, Vol. I, Academic Press, New York, 1976.
- John S. Irwin, Thomas Chico and Joseph Catalano: *Climatological Dispersion Model, User's Guide*, EPA/600/8-85/029 November 1985.
- Kenneth Wark; Cecil F. Warner: *Contaminación del aire: Origen y control*, Editora Limusa.
- P. Aarne Vesilind, J. Jeffrey Peirce, Ruth F. Weiner: *Environmental Pollution and Control*, Third Edition, Butterworth-Heinemann.
- Dr. Mariano Seoanez Calvo y Equipo de Colaboradores: *Ingeniería del Medio Ambiente*, Ed. Mundi-Prensa.
- Center, L. W. 1997 (Ed. española): *Manual de Evaluación de Impacto Ambiental*, McGraw-Hill, Madrid.
- Gómez Orea, D.: *Evaluación de Impacto Ambiental, un instrumento preventivo para la gestión ambiental*, Ed. Mundi-Prensa, 2003.
- Material didáctico del Curso *Modelización de la contaminación atmosférica*, impartido por el Ciemat, junio 2003.
- Diferentes estudios de evaluación de impacto ambiental de centrales de ciclo combinado en España.*



# IMPACTO DE LA DESERTIFICACIÓN EN ÁFRICA: EL PAPEL DE LAS BARRERAS VERDES

---

Ezquerria, A.<sup>1</sup>, y De Pedro, J. L.<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Universidad Politécnica de Madrid, ETSI Montes. Departamento de Construcción y Vías Rurales - Ciudad Universitaria, s/n. - 28040 Madrid (España)  
Teléfono: 91 336 71 12 - e-mail: alejandra.ezquerria@upm.es

<sup>2</sup> Universidad Politécnica de Madrid, ETSI Montes. Departamento de Ingeniería Forestal Ciudad Universitaria, s/n. - 28040 Madrid (España)  
Teléfono: 91 336 50 46 - e-mail: joseluis.depedro@upm.es

## Resumen

El avance de la desertificación en África, especialmente en los países del Sahel y en los del este y sudeste de África, es un hecho que produce daños económicos, sociales y medioambientales de gran envergadura. Existen dos formas de combatir el avance de las dunas y desiertos: la conservación de las barreras naturales y la instalación de las barreras verdes artificiales. En este trabajo nos vamos a ocupar de estas últimas.

*Palabras clave:* África, barreras verdes, desertificación, agua...

## Abstract

The advance of desertification, in particular in the Sahelian, Eastern and Southern African countries is a phenomenon that is causing problems of high socio-economic and environmental dimensions. In order to combat sand dune and deserts progression, there are two following ways: protection and conservation of existing natural barriers and introduction of man made green belts. We, in this document, will focus on the second type of solution.

*Keywords:* Africa, desertification, green belts, water...

## Impacto de la desertificación

El avance de la desertificación provoca un impacto importante en tres niveles: económico, social y medioambiental.

Se estima que los costos económicos en el caso del continente africano son superiores a los 5.000 millones de dólares anuales.

Los costos sociales, más difíciles de valorar, se traducen en migraciones, desempleo (tanto para el sector ganadero como en el agrícola), mayor esfuerzo y tiempo para conseguir agua potable y pobreza generalizada.

El fenómeno afecta a la mayoría de los países del Sahel y a los del Este y Sudeste de África, estimándose en más de 200.000 ha las que pierden su capacidad productiva a causa del fenómeno.

La deforestación del continente, calculada en más de 5 millones de ha/año, junto con los ciclos de sequía, aumentan el impacto del fenómeno.

## Las barreras verdes

Existen dos formas de combatir el avance de las dunas y los desiertos:

- La conservación de las barreras verdes naturales situadas al borde de los desiertos
- La instalación de barreras verdes artificiales, incluida la revegetación y fijación de dunas

Con relación a las primeras, merece citarse el gran impacto que ejercen as barreras de acacias al sur de Marrueco, Argelia y Túnez, constituidas por *Acacia tortilis* y *Acacia Senegal*, esta última localizada al sur del Sahel y que se extiende desde Sudán a Mauritania. La sobreexplotación para leña, ramón y otros subproductos son las causas de su rápida desaparición y escasa regeneración natural.

## Las barreras verdes artificiales

La construcción de barreras verdes artificiales, es una manera eficaz de combatir no sólo la desertificación y el avance de las dunas sobre zonas urbanas, también protegen contra el enarenado de explotaciones agrícolas y de las principales autopistas de entrada a las ciudades, y evitar el enarenado de los grandes canales de regadío.

Como ejemplos de proyectos de este tipo se pueden citar:

- Barrera verde de Argelia Tebessa-Ain Sefra.
- San Luis Dakar (Senegal).
- Barreras de protección de cinco autopistas de entrada a El Cairo (Egipto) y protección de canales de riego

- Barrera de protección de Niamey (Níger) y del perímetro silvopastoral de Doukala (Marruecos).



*Fijación de dunas con setos secos, Oeste de África.*



*Fijación de dunas con ramas de palmeras datilera en Túnez.*



*Barreras verdes en el Sahel, con Eucaliptus camaldulensis y Acacia canophilla.*



*Cortina cortavientos en Uganda, con juniper blight (cercospora sequoiae).*

Su eficacia en términos de protección de cultivos agrícolas, debido a la reducción de la velocidad del viento, es superior a 200 Ht, siendo Ht la altura de la barrera.

Los tres problemas importantes que afectan a estas barreras, a parte de llevar a cabo una buena selección de las especies son:

- La implantación de una selvicultura adecuada.
- La determinación y mantenimiento de una permeabilidad óptima.
- Control de cortas ilegales e incendios.

## Resultados y discusión

Si nos planteamos la pregunta ¿Qué falta por hacer?, podríamos identificar tres niveles de actuación:

- Nivel del país: conciencia política; programas para el desarrollo sostenible; favorecer la conservación y la regeneración natural; evitar la sobreexplotación.
- Nivel regional: coordinación de programas; intercambio de información.
- Nivel internacional: apoyo a las inversiones; transferencia de tecnología; ayudas a la investigación; ayudas a la formación.

## Conclusiones

Se pueden establecer las siguientes conclusiones:

- Desertificación y desarrollo sostenible son fenómenos opuestos.
- Desertificación y pobreza van íntimamente ligadas y hay que romper ese ciclo.
- Las inversiones actuales son insuficientes para luchar contra el fenómeno.
- La instalación de barreras verdes, la fijación de dunas y la conservación son armas eficaces para mitigar sus efectos y promover el desarrollo sostenible.

# SOSTENIBILIDAD EN INGENIERÍA DE CARRETERAS: UNA APROXIMACIÓN CUALITATIVA A LA PRÁCTICA DE APLICACIÓN

---

Morera Escrich, J. L.

## Resumen

La herramienta empleada para la evaluación del impacto ambiental de una infraestructura viaria ha venido siendo, tradicionalmente, el Estudio de Impacto Ambiental (EIA). No obstante, han sido varios los autores que, desde tiempo, han advertido sobre sus limitaciones a la hora de estimar el daño infligido a determinados factores ambientales, esto es, algunos de aquéllos con los que se modeliza el medio ambiente para su posterior estudio. Así, se ha insistido, en los últimos años, en que el Estudio de Impacto Ambiental y la Evaluación del Impacto Ambiental tradicional, no han demostrado capacidad para atender aquello que se refiere a la sostenibilidad en el trazado de una infraestructura de las que se viene hablando.

El trabajo que ahora se propone exponer en el marco del III Congreso Nacional de Evaluación de Impacto Ambiental se ha preocupado de constatar lo anterior para el caso de actuaciones en materia de carreteras. Para ello se ha procedido a realizar un estudio exhaustivo de una muestra anónima de EIAs de proyectos, ya resueltos, de entre los tramitados en la Conselleria de Territorio y Vivienda de la Generalitat Valenciana.

Las colusiones del citado estudio van, con todo, más allá de lo perseguido en un primer momento, pues, en cierta forma, esas limitaciones se hacen extensivas a la Evaluación Ambiental Estratégica, en tanto ésta se entiende como herramienta para el tratamiento de los aspectos, relativos a la sostenibilidad, en los que la evaluación ambiental tradicional muestra insuficiencia.

## Objetivos

Cabe comenzar refiriéndose a que, de acuerdo con lo establecido en la legislación vigente relativa a impacto ambiental, se tienen, al margen de otros estadios intermedios<sup>3</sup> que puedan darse en la práctica, dos momentos fundamentales en los que se lleva a cabo la evaluación del impacto ambiental (EIA) de cualesquiera actuaciones, como son aquel en el que el proyecto está finalizado, en donde la evaluación se realizaría a través del Estudio de Impacto Ambiental (EIA), forma de evaluación que llamaremos, a lo largo del presente trabajo, evaluación ambiental tradicional o correctiva y aquel otro en el que se procede a la realización de los planes y programas que más tarde cristalizarán en proyectos.

Quiere matizarse el porqué la evaluación ambiental tradicional pudiera ser también denominada como correctiva. Ello se hará en tanto su principal función, al menos en la práctica, es la de minimizar o eliminar las alteraciones derivadas de una actuación mediante la subsanación directa de tales alteraciones, y no mediante la prevención de las mismas, por cuanto, en realidad, las medidas preventivas escapan al alcance de esta tipología de EIA, así como las compensatorias tienen un ámbito muy reducido de aplicación.

Se parte, en el presente trabajo, de la realidad conocida, pero quizá no demostrada, de que tanto a efectos de proyecto de ejecución como en la etapa

---

<sup>3</sup> En el caso español, por ejemplo, para carreteras y ferrocarriles, la evaluación ambiental se ha venido aplicando ya en fase de estudio informativo. Es decir, se ha aplicado en el momento en que se definen corredores viarios (Arce Ruiz, 2002). La ventaja fundamental que esto ha permitido ha sido la de conocer las implicaciones ambientales que se derivan de cada uno de los corredores definidos a fin de poder garantizar la mayor o menor idoneidad de unos sobre los otros. Esto, evidentemente, va más allá de lo que dispone la propia legislación en la materia, que permite que los proyectos se evalúen ya en fase de proyecto constructivo.

Habitualmente la forma de procederse (Pliego de Prescripciones Técnicas para la realización de Estudios Informativos del antiguo MOPTMA, hoy desglosado en los Ministerios de Fomento y de Medio Ambiente) a la hora de definir los corredores a los que venimos haciendo referencia, ha sido la de superponer, sobre el territorio implicado, las áreas con restricciones ambientales, díjase que a escala regional, de forma que con ello se delimitaban todas aquellas áreas libres de afectar a zonas significativas ambientalmente, tales como Parques Naturales, Red Natura 2000 (zonas de especial interés para aves y lugares de interés comunitario), humedales, yacimientos arqueológicos, etc. Posteriormente sobre los corredores delimitados se plantean alternativas de trazado, ya en virtud de otros criterios de diseño de carácter técnico y económico, normalmente a escala 1:5000. Finalmente, una vez realizada la información pública y emitida la Declaración de Impacto Ambiental para la alternativa finalmente aceptada, se define la misma a nivel de ingeniería de detalle para desarrollo del proyecto de ejecución a escala, por ejemplo, 1:1000.

de definición de alternativas<sup>2</sup> o anteriores, se encuentra gran dificultad para aquilatar las perturbaciones generadas sobre factores del entorno ambiental, así como de aspectos directamente ligados con la sostenibilidad de las actuaciones.

Así pues, se ha querido realizar un estudio sobre los EslAs redactados hasta la fecha, a fin de contribuir a determinar el alcance de los mismos, es decir, de abundar en cuál es el dominio real de tales herramientas de análisis ambiental, delimitando aquellos aspectos que puede entenderse que caben ser abarcados por los citados EslAs y aquellos otros que, por su propia definición, se les escapan y que, sin embargo, se pretende que queden cubiertos con el empleo de tales instrumentos. El Estudio se ha visto muy limitado por todo cuanto será explicado en posterior apartado en torno a los condicionantes que han marcado la evolución en la configuración de los EslAs. Es así que, asumido su carácter fundamentalmente cualitativo más que de otra índole, no obstante se ha hecho uso de herramientas simples de estadística descriptiva para obtener resultados y conclusiones que se entienden de interés, en tanto contribuyen a lo ya expuesto, esto es, a desentrañar aquellos aspectos que se escapan al ámbito del EslA, siempre entendido éste dentro de la EIA tradicional.

Se verá también que, de entre los aspectos que se salen del terreno que le es propio a un EslA, muchos se refieren a características de la actuación directamente relacionadas con la sostenibilidad más estricta de la misma, entendiendo como tal sostenibilidad estricta aquella que se desmarca de lo puramente territorial (dimensión de gran amplitud ésta en actuaciones en materia de transporte terrestre) y de cuanto sí cabe ser tratado en un EslA y reparado por aplicación directa de medidas correctoras (por ejemplo, afección a especies vegetales de importancia especial a corregir por trasplante de los individuos afectados u otros<sup>3</sup>). Permanece, así pues, una tercera dimensión en toda actuación relativa a infraestructuras de transporte terrestre, la que hemos dado en llamar la de la sostenibilidad estricta, que queda inadecuada e insuficientemente recogida, en su tratamiento, por las herra-

---

<sup>2</sup> En la práctica, demasiadas veces la selección de alternativas no se ajusta al procedimiento antes descrito, pues el trazado definitivo es producto, finalmente, de un estudio de soluciones previo al Estudio de Impacto Ambiental, en el cual la variable ambiental o no se ha considerado o, si se ha hecho, lo ha sido de forma amplísima y ambigua, y casi siempre devaluada frente a las restantes, lo cual se sostiene en que solo en un 14% de los casos en los que la citada variable ambiental ha sido considerada en evaluaciones multicriterio, ha tenido un peso mayor que las restantes variables (Borrajó Sebastián, 2002). Se ha llegado al caso incluso en el que ni siquiera ha existido tal selección.

<sup>3</sup> Por ejemplo, aspectos relativos al propio programa de vigilancia ambiental (programas de revegetación y restauración e integración paisajística, tratamiento de los acopios de tierra vegetal, por ejemplo), vertederos y canteras, ubicación de zonas auxiliares (régimen de vientos particular, cualidades hidrogeológicas, etc.), caminos de obra, cunetas, balsas de decantación y tanques de tormenta y tantas otras propias de este nivel de desarrollo de la actuación, dejando, además, al margen muchos impactos estándar en la construcción de obras civiles que, por otra parte, pueden ser tratados con reglas de buena práctica.

mientas actuales al efecto. En adelante, siempre que se hable de sostenibilidad, y mientras no se indique lo contrario, se estará haciendo referencia al concepto ahora definido.

Ya se reconoce que ni la evaluación de impacto ambiental tradicional, ni la EAE, son los únicos vehículos para especificar los principios, objetivos y criterios de la sostenibilidad (Gibson, 2001). Llegando quizá más lejos, se tiene que, como ya defienden algunos autores (Arce Ruiz, 2002; Jiménez Herrero, 1997), cabe tanto una mejora en las metodologías de evaluación como la introducción de aquellos aspectos más directamente relacionados con la sostenibilidad de las infraestructuras.

Así pues, **se entiende que se está aceptando la insuficiencia de la EslA tradicional para profundizar en el análisis de la sostenibilidad de las actuaciones.** En esta línea se recuerda que el estudio que se presenta, al abrigo del trabajo ahora expuesto, ha querido poner de manifiesto tal realidad a fin de contribuir a poder concluir la certeza de tal hipótesis. Es, pues, éste uno de los objetivos a desarrollar por la presente ponencia.

Por otra parte, puede creerse que las limitaciones de la EslA hayan quedado resueltas por la evaluación ambiental estratégica. Sin embargo, lo cierto es que la generalidad propia de la misma dificulta la consideración de la dimensión de la sostenibilidad en toda su amplitud. Es decir, quizá debe entenderse exagerado descargar sobre la EAE la responsabilidad de evaluar, totalmente, la sostenibilidad de una actuación. Abundemos mayormente en el presente comentario.

La característica más evidente de la evaluación ambiental estratégica, como se viene recordando, es la *globalidad*, lo cual será muy beneficioso para la consideración general de la afección de las actuaciones a la sostenibilidad global, por decirlo así. Es decir, podremos tener clara constancia de si la fragmentación del territorio aumenta o decrece, o de si se incrementan los niveles de CO<sub>2</sub>, a escala regional, pero ¿sabremos en qué forma contribuyen a lo anterior las características constitutivas de una carretera determinada, es decir, aquellas características de la misma que hablan de su sostenibilidad? A esa escala se perderá mucha capacidad de definición de la sostenibilidad de una actuación. Pero lo cierto es que, aceptada la insuficiencia de los EslAs (a lo que, como se ha dicho, pretende aportar luz el presente trabajo) para abarcar la dimensión de la sostenibilidad en sus contenidos, parece ser que se ha puesto toda la esperanza en manos de la evaluación ambiental estratégica.

Expresando de otro modo, ¿cuáles habrán de ser aquellas cualidades de una carretera que, dotándola de una mayor o menor sostenibilidad, contribuirán a facilitar la consecución de unos mejores índices globales, en palabras de Arce Ruiz, pero que, por el contrario, no pueden ser aquilatadas o controladas por la propia evaluación ambiental estratégica, dada su escala de trabajo, ni por el EslA, dada su insuficiencia en este terreno? Cabe recordar que, al margen de discusiones en torno a los ámbitos propios de unas u otras evaluaciones, es aceptado hablar de una "evaluación de la sostenibilidad" incluso como la próxima generación (Sadler, 1999) en el campo de la evaluación ambiental.

En síntesis, si la evaluación ambiental estratégica no puede abarcar todo el análisis de la sostenibilidad de una carretera, desde que se planifica hasta que se ejecuta, ni el Estudio de Impacto Ambiental ha demostrado (a lo que pretende contribuir, se reitera, el estudio realizado ahora) poder ejercer tal función suficientemente, ¿dónde planteamos la evaluación de la sostenibilidad de una actuación y, asimismo, en base a qué la planteamos?

El presente trabajo, además del objetivo anteriormente señalado en torno a dilucidar la eficacia de los EsIAs, en materia de carreteras especialmente, para la evaluación de la sostenibilidad de las actuaciones, realiza una hipótesis en torno a la primera de las cuestiones planteadas, mientras que para la segunda propone una posible respuesta sugerida por las conclusiones obtenidas en torno a los restantes objetivos señalados.

## Metodología

Bajo el presente epígrafe se hará referencia a la metodología seguida para la realización del estudio encaminado a tratar de determinar en qué medida los EsIAs tratan satisfactoriamente los aspectos que tienen como función propia analizar. Es decir, establecer qué aspectos ambientales son tratados satisfactoriamente y cuáles, sin embargo, presentan una mayor dificultad de análisis en el contexto del EsIA. Es ésta una labor muy compleja, como se explicará seguidamente, pero que persigue la detección, lo más precisa posible, de aquellas problemáticas que se suscitan durante la redacción de un EsIA, sean de la índole que sean.

Primeramente quiere insistirse en que cuanto sigue, lejos de ser una crítica a la labor realizada por profesionales de la evaluación del impacto ambiental, pretende ser un trabajo objetivo y exigente consigo mismo, que ha pretendido poner de relieve aquellos aspectos propios de la evaluación ambiental para los que se cuenta con menores herramientas, o bien éstas son menos sofisticadas o deben ser tratadas en un contexto diferente al del EsIA, en el cometido, siempre complejo, de la modelización y comprensión de tales aspectos.

A continuación se explicará el proceso que se siguió para analizar un conjunto de Estudios de Impacto Ambiental, obtenidos de los archivos de la Conselleria de Territorio y Vivienda de la Generalitat Valenciana, con el doble objetivo de *desentrañar aquellos aspectos más directamente relacionados con la sostenibilidad de las actuaciones que los motivaron*, al tiempo que *realizar un análisis en torno a la capacidad de profundización que se tiene, actualmente y desde el EsIA, sobre cada uno de aquéllos*. Se entendió que para ello era idóneo acudir a los documentos que están sirviendo en la práctica diaria como instrumentos para la evaluación del impacto ambiental de obras lineales, en especial vías de comunicación rodada. Es decir, podría decirse que se buscó determinar el "estado del arte" de la evaluación "de la sostenibilidad" en proyectos de carreteras, pero acudiendo directamente a obtener este conocimiento desde la realidad de las evaluaciones ambientales en la práctica a fin de posteriormente poder extraer conclusiones y, ¿por qué no?, confrontarlo con las posibilidades de análisis hoy existentes en el sentido señalado.

Con todo, se procedió a tomar cinco Estudios de Impacto Ambiental, correspondientes a cinco infraestructuras viarias de diversa tipología, todos los cuales fueron sometidos a un cuestionario de concepción propia, el cual, en ocasiones, se apoyó en listas de revisión existentes al efecto (Gobierno gallego y otras), con el que se pretendió, como se viene insistiendo, evaluar la capacidad que se tiene, hoy por hoy, y desde la práctica profesional, para profundizar en los aspectos que son tratados por los Estudios de Impacto, es decir, aquellos con los que se modeliza el medio ambiente.

### Criterios de análisis

Concebir una sistemática de análisis conducente a obtener respuesta a los objetivos señalados en el anterior apartado, supone una dificultad importante, como se entenderá en cuanto se explica seguidamente. Pero antes quiere reseñarse que tal sistemática ha de valer únicamente a la identificación de los aspectos ambientales más relacionados con la sostenibilidad de actuaciones de infraestructuras viarias, así como a una estimación de la eficiencia de los mecanismos empleados en su análisis, a fin de poder evaluarlos y, en consecuencia, dilucidar hasta qué punto es posible tratar, actualmente, la referida sostenibilidad de las actuaciones en materia viaria. Es por lo anterior que la sistemática seguida se entiende apropiada, aun cuando sólo válida al caso presente, esto es, al análisis seguido en el presente trabajo.

Respecto a la complejidad a la que se aludía para realizar la labor descrita, cabe entenderse la necesidad de una cierta **homogeneidad** de los EslA en todos sus apartados, a fin de poder proceder a un análisis objetivo de aquéllos y de sus múltiples variables, de forma que finalmente se pueda llegar a una correcta estimación de cuáles son los puntos fuertes, los puntos débiles y el porqué de los mismos, para la generalidad de los EslA o, lo que es lo mismo, para el EslA tipo.

Tal homogeneidad es imposible de encontrar en los EslA que se están redactando respecto a actuaciones reales, lo cual se explica en los argumentos que se aducen en los puntos siguientes:

- Hay una primera falta de homogeneidad entre las Administraciones. Cada una de las Administraciones intervinientes en la fase de diseño de las actuaciones referentes a obras lineales de ingeniería civil, dispone unos requisitos o baremos, para los contenidos de los EslAs, diferentes. Es decir, para el caso de las carreteras, por ejemplo, el grado de profundización de los Estudios es diferente cuando el promotor de la actuación es la Consejería de Infraestructuras y Transporte que si lo son las Diputaciones Provinciales, las cuales, a su vez, pueden presentar también diferentes niveles de exigencia.

Si bien no es justificable, en ningún caso, tal diferencia, ésta puede ser más fácilmente aceptable en la comparación que pudiera establecerse entre los EslAs redactados sobre actuaciones promovidas por la CIT, y aquellos que

lo son para las propias de cualquiera de las tres Diputaciones Provinciales de la Comunidad Autónoma Valenciana. Y es que se halla pronta explicación en que proyectos de mayor envergadura, como son los de la CIT frente a los de las Diputaciones, exigen un mayor nivel de detalle en su determinación de los contenidos del EslA. A ello hay que añadir, no obstante y como también se entenderá fácilmente, que las afecciones ambientales, en muchos casos y en el ámbito de las obras lineales, no van ligadas a la envergadura de una actuación determinada sino al medio en que se localizan las mismas, de forma que, por ejemplo, a la ampliación de calzada y acondicionamiento de trazado de una carretera de la Diputación de Alicante, que transcurra por la Vall de Laguart, no se le puede presumir, a priori, una menor entidad, en lo ambiental, que a una variante o ronda urbana, de dos carriles por sentido, que pueda desarrollar la CIT.

- La falta de homogeneidad, en la comparación entre EslAs que pudiera realizarse, también cabe encontrarla en el tiempo. Ha de indicarse, en primer lugar, que la historia de la evaluación del impacto ambiental en la Comunidad Autónoma Valenciana, como en España, no es muy extensa, remontándose, para el caso de nuestra Autonomía, a la redacción de la Ley 2/1989, de 3 de marzo, de Impacto Ambiental. Dado que no ha existido un elemento uniformizador de los contenidos de los EslA, como podría ser una Instrucción, y aun a pesar de las exigencias que en esta línea aporta el Decreto 162/90 por el que se aprueba el Reglamento que desarrolla la ley antes citada, es fácil entender que la evolución de los contenidos en estos catorce años ha sido fruto del encaje que los redactores de los Estudios han ido procurando a los criterios manejados por la administración valenciana, la cual, en la figura de sus técnicos, ha debido, asimismo, ir aprendiendo o asimilando su papel como agente evaluador.

Con todo, el abanico de aspectos a los que un estudio debía de atender fue aumentándose, en la práctica, con los años. Ello ocurría conforme este instrumento se consolidaba, por lo que uno de tales Estudios de los que pudieron redactarse a principios de los noventa, sea cual fuera la entidad de la actuación, es absolutamente insuficiente, en el tratamiento dado a los pocos aspectos que podría estudiar, comparado con cualesquiera de los que hoy se redactan.

Se añade a lo anterior, con gran peso, que las posibilidades de disponer de información hace diez años no eran en absoluto comparables a las actuales, como a nadie se le escapa. Las posibilidades de acceder a grandes y diversos volúmenes de información, hoy día, no son siquiera comparables con las que se disfrutaban hace, tan solo, cinco años. Esto crea, de partida, una diferencia entre los Estudios de entonces y hoy que, de nuevo, impide su análisis conjunto.

Además, se tiene que las posibilidades de análisis de ciertos impactos son, hoy, muy distintas a las que se tenía hace cierto tiempo, como así ocurre, por ejemplo, con los niveles de ruido, pues hoy se dispone de modelos informáticos, más o menos difundidos, que hace escasos años

no existían o, al menos, no alcanzaban un grado de disponibilidad mínimo. También, como segundo ejemplo, el posible tratamiento del paisaje mediante modelos digitales del terreno, gracias a la potencia de los ordenadores de uso corriente hoy día, discrimina enormemente a muchísimos Estudios que, aunque hubiesen conocido la existencia de tales modelos, no los hubiesen podido emplear jamás.

Por último, debe reseñarse, cuando menos, la existencia de factores externos a los propios contenidos de un Estudio de Impacto y su dificultad intrínseca para ser desarrollados. Uno de ellos es, por ejemplo, la urgencia con que a menudo se redactan, demasiadas veces, los citados EslAs. En tanto, se entiende, es de todos conocida la circunstancia descrita, será también fácil comprender en qué forma se desvirtúa la quebradiza homogeneidad que pudiera existir entre Estudios redactados, por ejemplo, para actuaciones actuales y de similar entidad. En cualquier caso son muchos los factores externos influyentes en las circunstancias particulares que rodean la evaluación de impacto ambiental en España, y en el análisis de los mismos, y cuantos otros afectan a la calidad de los EslAs, han entrado Arévalo Camacho y Díaz Blasco (1997). Así, señalando como agentes causantes de la degradación de la calidad de los EslAs tanto a los promotores como a los organismos competentes de las Administraciones implicadas e incluso a las propias consultorías que redactan los Estudios, consideran que los Estudio de Impacto Ambiental se han visto reducidos a constituir exclusivamente un documento que se ha de acometer y presentar para cumplir con un trámite administrativo más (...). La evolución de esta situación ha provocado un deterioro en el mercado de los EslA que ha supuesto, en muchos casos, una pérdida de calidad de los estudios. No obstante lo anterior, si quiere recordarse que, con el análisis que se aporta en este trabajo no se ha tratado de evaluar la calidad de los EslAs, aunque, evidentemente, se ve afectado por la misma.

Así pues, si lo que se pretendiese, por ejemplo, hubiera sido estimar la evolución de los contenidos en los EslA a lo largo del tiempo, tendría sentido tomar la totalidad de los que se han redactado a lo largo de los aproximadamente quince años en que se desarrolla la evaluación del impacto ambiental en Valencia. Pero, lejos de esto, y como ya se ha dicho, lo que se pretende es averiguar, en la práctica y dentro del contenido de un Estudio, cuáles son las partes del mismo que se desarrollan de forma más o menos profundamente, siempre de acuerdo a la documentación y posibilidades técnicas de que se dispone hoy. A tal fin se optó por realizar un análisis de una serie de Estudios de Impacto Ambiental.

Los criterios que determinaron su selección, expresados de acuerdo con la secuencia que se siguió, fueron los que se explicitan a continuación:

1. Al objeto de evitar la falta de homogeneidad, tanto temporal como relativa a las administraciones promotoras, que se ha comentado anteriormente, se atendió al conjunto de los proyectos desarrollados por la Conselleria de Infraestructuras y Transporte desde el año 2000, incluido éste, todos ellos en materia de carreteras.

Así pues, resultaron ser un total de treinta y dos actuaciones de las cuales nueve eran acondicionamientos de trazados existentes, catorce rondas urbanas o carreteras de carácter urbano, y nueve de ellas nuevos trazados cuyo objetivo era conectar distintos núcleos urbanos o infraestructurales.

2. Se decidió seleccionar tres carreteras interurbanas de nueva traza y dos rondas urbanas. Se consideró, sin embargo, la procedencia de incluir un acondicionamiento pues, en general, este tipo de actuaciones presentan una serie de restricciones que las limitan frente al resto de tipos de actuaciones mencionadas antes. Tales restricciones se manifiestan especialmente en el estudio de alternativas. Es por esto por lo que finalmente se prescindió de cualquier actuación de acondicionamiento de un trazado existente.

La selección de esta muestra, por denominarla de alguna forma, no fue aleatoria, pues de entre los subgrupos enunciados se atendió a aquellas actuaciones que se ajustaban mejor a alguno, o algunos, de los puntos siguientes:

- Aquéllas que preferentemente hubiesen empleado un modelo de evaluación aplicado a alternativas en su Estudio de Impacto.
- Aquéllas cuyo Estudio tuviese un adecuado contenido relativo.
- Aquéllas que pudiesen resultar más representativas, de alguna forma, de las características de su subgrupo.

Así, las actuaciones a las que se hace referencia no serán detalladas ahora, a fin de evitar personalizar en las mismas los juicios que, por contra, si van a obtenerse de su análisis. Es decir, lo que se pretende es extraer una serie de conclusiones sobre cuáles son aquellos aspectos, de entre tantos como se contemplan en un Estudio de Impacto, que son objeto de mejores tratamientos o análisis frente a los restantes, sin que con ello se pretenda hacer un juicio absoluto, para el momento actual y en el ámbito de la Comunidad Valenciana, en torno a la calidad general de los Estudios de Impacto Ambiental.

Por el contrario, y como se observará, la dinámica que envuelve al cuestionario que ha servido de herramienta para el análisis de los documentos elegidos, está concebida para la elaboración de juicios relativos que, finalmente, habrán de servir para jerarquizar, dentro de cada uno de sus apartados, los aspectos considerados en éstos. Tal jerarquización será posible, dado que el filtro por el que se hará pasar a cada uno de los citados aspectos o, dicho de otro modo, tanto los criterios establecidos para su análisis como su interpretación, permanecerán constantes a lo largo de la aplicación del cuestionario a los distintos Estudios de Impacto, lo que garantiza "un mismo rasero" en todos los casos.

Concluyendo, lejos de realizar juicios categóricos, y asumiendo la realidad de que las conclusiones en cierta manera implican juicios de valor, si bien homogéneos en todo caso, lo que se ha buscado es acometer una aproximación al contenido de los Estudios de Impacto Ambiental desarrollados en la práctica, al objeto de obtener cuáles podrían ser aquellos puntos que presentan mayores dificultades

de desarrollo, especialmente los relativos a la sostenibilidad de las actuaciones, para, en principio, llamar la atención sobre los mismos.

Con todo, se procedió a confeccionar un cuestionario que se ajustase a una solución de compromiso entre, por una parte, la extensión del mismo, y, por otra, el grado de detalle necesario para poder extraer conclusiones suficientemente concretas en torno a los aspectos planteados.

### Concepción del cuestionario

El cuestionario que ha servido como herramienta de análisis de los Estudios de Impacto de las distintas actuaciones antes mencionadas, se ha concebido tratando de huir de juicios amplios tanto en su descripción como en su subjetividad. Ello no hubiese sido práctico, en absoluto, al fin perseguido. Así pues, se han diseñado cuestiones provistas de la mayor concreción que se ha podido conseguir, las cuales han debido ser respondidas preferentemente de acuerdo con cinco posibles respuestas. Cada una de estas últimas respondía a unas exigencias distintas para el aspecto tratado en cada caso, ajustándose a un esquema general que se describirá en breve.

En cualquier caso, sí es cierto que ha habido un grupo de cuestiones, relativas a diversos aspectos tratados por los Estudios, de las cuales no ha sido posible referir su respuesta a cinco probables, lo que radica generalmente en su carácter, podría decirse, de variable lógica (afirmativo o negativo) de las mismas. Sin embargo, tal circunstancia no ha impedido su formulación ni asimismo el posterior análisis de aquéllas.

Con todo, el cuestionario ha sido diseñado en relación con los seis grupos de cuestiones básicos en el procedimiento de redacción de los EslAs, como son las referentes a:

- I. Descripción de la actuación.
- II. Examen de alternativas.
- III. Inventario ambiental.
- IV. Descripción (identificación y valoración) de impactos.
- V. Disposición de medidas preventivas, correctoras o compensatorias.
- VI. Documentación gráfica del EslA.

El grupo I ha quedado compuesto por seis cuestiones, de las que tan solo dos han admitido el desglose de sus presumibles contestaciones en cinco niveles de respuesta. Con las cuestiones definidas en el grupo presente se ha pretendido hacer una aproximación a la capacidad de respuesta de los EslA en aquello que compete a la descripción de la actuación en el contexto del mismo, esto es, desde el punto de vista ambiental. De esta forma, y de acuerdo con Gómez Orea (1994), el proyecto debe describirse en los términos que siguen:

- Recursos naturales que se utilizarán: agua, materias primas, energía, etc.
- Espacio que va a transformarse a razón de la actuación, tanto directa o indirectamente como de forma provisional o definitiva.
- Efluentes que van a generarse: tipo y cantidad.

Respecto al grupo II sólo dos de las diez cuestiones planteadas han admitido el desglose antes comentado. Y es que en este caso las cuestiones propuestas han tenido un carácter muy concreto, no dando lugar a un mayor nivel de desglose en sus presumibles respuestas. Ello es debido a que las diez cuestiones planteadas son, en realidad, una que podría expresarse tal como sigue: "¿se ha realizado un riguroso análisis de alternativas en torno a la actuación que se persigue ejecutar?". El porqué de desagregar esta cuestión en las diez aportadas se halla en el convencimiento de que una parte muy importante de la evaluación del impacto ambiental de una infraestructura viaria radica en el examen de alternativas que, previamente a la redacción del proyecto de construcción, se haya podido realizar. Así, el establecimiento de las mencionadas diez cuestiones busca desmascarar la realidad en la que, en el sentido que se comenta, se sumen los Estudios de Impacto Ambiental.

En los grupos restantes, sin embargo, ha sido posible, para la práctica totalidad de las cuestiones planteadas salvo para las dos primeras del grupo III, desagregar las respuestas en cinco niveles. Así, y siguiendo con el mencionado grupo III, los criterios **generales**<sup>4</sup> a los que se ha ajustado cada uno de los cinco niveles de respuesta a los que se hace mención, han sido los que se apuntan seguidamente:

1. No se ha hecho referencia al aspecto tratado por la cuestión, teniéndose que se trata de un aspecto o factor ambiental, cuando menos, reseñable.
2. El aspecto analizado se ha tratado con gran amplitud, a modo de esbozo, empleando información exageradamente general en su descripción.
3. Bien el aspecto tratado es irrelevante en el contexto de la actuación que se está evaluando, o bien añade, a la descripción general comentada en el anterior punto, algunos datos de mayor concreción, a modo de particularización.
4. El análisis del aspecto en cuestión se ajusta, más allá de una conveniente, o no, primera descripción más extensa, a la/s traza/s o corredor/es que hayan podido definirse.
5. Se suma a todo lo especificado en el nivel anterior, la aportación de datos obtenidos *in situ*, mediante prospecciones o ensayos de campo, tendentes a descubrir matices sobre el aspecto tratado o a constatar informaciones previamente obtenidas de material de consulta.

<sup>4</sup> Cada una de las fichas de las que más tarde se hablará, y que han servido para realizar la evaluación cuantitativa de la respuesta a cada una de las cuestiones planteadas, ha particularizado tales criterios generales al caso concreto de cada cuestión.

Los niveles de respuesta definidos para las cuestiones que componen los grupos IV, V y VI parten de una base similar a la descrita para el III, si bien están sujetas a una mayor variabilidad y, por ello, a una mayor particularización según la cuestión realizada. Por ello, antes que especificar ahora un esqueleto común sujeto a una excesiva generalidad, se remite a los cinco niveles finalmente determinados para cada una de las respuestas que constituyen los distintos niveles, siempre, y asimismo, para cada una de las cuestiones del grupo del que se habla. Cabe apuntar, no obstante, que la mayor corrección del aspecto tratado oscilará entre uno y cinco, correspondiendo el nivel uno al grado de descripción más deficiente y cinco al más satisfactorio.

## Fichas de trabajo

A continuación se aportará el esquema general de las fichas de análisis para cada una de las cuestiones planteadas dentro de los apartados, ya referidos anteriormente, de inventario ambiental, identificación y valoración de impactos, establecimiento de medidas protectoras y programa de vigilancia ambiental.

La configuración que se ha preferido para la ficha tipo ha sido la que se recoge en la figura siguiente:

Cuestión:	Gráfico:  (gráfico comparativo entre los niveles de valoración alcanzados por los cinco proyectos evaluados)
Valor medio:	
Consideraciones:  (criterios o niveles de valoración particularizados al caso evaluado)	
Comentarios:	

Lo que se pretende, finalmente, con la ficha particularizada para cada cuestión, es, como se ha avanzado anteriormente, permitir extraer conclusiones concretas para los aspectos que trata o rodean la temática que trate aquélla. Se ha entendido que tal configuración, la cual no se ha apoyado en ningún modelo previo, es suficientemente efectiva a este fin, y así se ha procedido a su empleo.

## Síntesis de resultados

En el presente apartado se expondrá la tabla de resultados correspondiente a las diferentes consideraciones que se plantearon en el cuestionario, todo ello para los cinco proyectos escogidos. Asimismo, y en base a sencillas herramientas propias de la estadística descriptiva, se discriminarán los resultados al objeto de mejorar la presentación de tales resultados, al tiempo que de favorecer la obtención de conclusiones. A fin de preservar del juicio realizado a los proyectos seleccionados, pretendidamente riguroso pero, en cualquier caso, nunca exento de cierta carga de subjetividad, en la tabla de la que se habla no se hará mención expresa a los proyectos concretos, sino que, por contra, se les ha asignado un número que los identifica frente a los restantes. Sólo será alterado el anonimato perseguido para los mismos por el hecho de que se hará referencia a la tipología de proyecto.

Se pasa seguidamente a entrar en lo descrito en los anteriores párrafos que han querido servir de introducción al presente apartado.

### Tabla de resultados

Como se observará, la tabla consta de un conjunto relativamente amplio de filas, todas las cuales se corresponden con las consideraciones que se decidieron para el cuestionario.

Por otra parte, cinco de las columnas se han hecho corresponder con los proyectos analizados los cuales, como ya se ha explicado, se han denotado en función de un ordinal cuya designación no responde a otro criterio más que al propio azar. A éstas sigue una sexta columna cuyas casillas recogen, en aquellos casos en los que es posible, la media correspondiente a la fila en que se ubica cada una de ellas (asimismo, y aunque no se recogen ahora, se han obtenido las desviaciones típicas y los intervalos de significancia para cada uno de los grupos, que no cuestiones, evaluados). Lo anterior se ha hecho para los apartados correspondientes al inventario ambiental, a la identificación y valoración de impactos, y al establecimiento de medidas protectoras y programa de vigilancia ambiental. Así, para cada uno de estos apartados a los que se hace referencia se ha obtenido un último valor, destacado en **negrita y cursiva**, venido de la media de las medias, esto es:

$$\frac{\sum_i \left( \sum_j \frac{a_{ij}}{5} \right)}{i}$$

siendo  $i$  el número de cuestiones incluidas en cada uno de los citados apartados, haciendo  $j$  referencia a los cinco proyectos estudiados.

	número de proyecto					
	1	2	3	4	5	
En la descripción de la actuación:						
¿Se hace referencia al objeto de la actuación?	no	si	si	si	si	
¿Se indica la legislación ambiental de aplicación?	si	si	si	si	si	
¿Se indica si la actuación está incluida en algún Plan viario o de Carreteras, etc., en caso de estarlo?	x	x	si	x	si	
¿Se exponen suficientemente los motivos que han aconsejado la redacción del proyecto?	4	4	3	4	4	2,8
¿Se hace una descripción general del proyecto incidiendo en aspectos ambientales?	4	4	3	5	3	2,9

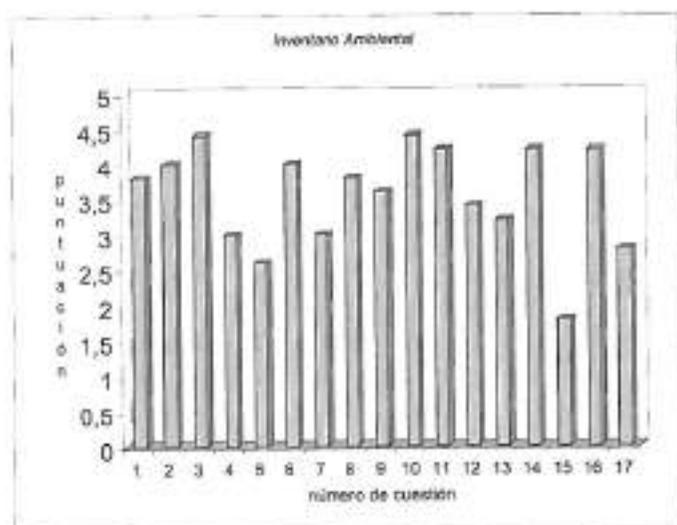
En cuanto al examen de alternativas:						
¿Se ha realizado éste en el propio Estudio de Impacto Ambiental?	no	no	si	si	no	
En caso negativo, ¿se remite a un Estudio de Soluciones previo?	si	si	x	x	si	
En el Estudio de Soluciones, ¿se ha ponderado adecuadamente la variable ambiental?	2	2	0	0	1	1
En caso afirmativo, ¿se han empleado "modelos de selección" ambientales?	no	no	x	x	no	
La extrapolación de las conclusiones anteriores a un ES del proyecto, ¿es satisfactoria?	2	3	0	0	2	1,4
¿Se estudian varias alternativas para el trazado en alzado?	no	no	no	si	no	
En la definición de las alternativas, ¿se han estimado distintas opciones para el firme?	no	no	no	no	no	
En la definición de las alternativas, ¿se han estimado distintas opciones para los materiales granulares?	no	no	no	no	no	
En la definición de las alternativas, ¿se ha contemplado la reutilización de los inertes generados?	x	no	no	x	si	
En la definición de las alternativas, ¿se ha contemplado el reciclaje de materiales de demolición?	x	x	x	x	no	

<b>En el inventario Ambiental,</b>						
¿Se ha definido un corredor como ámbito del Estudio (un ancho de banda)?	si	no	si	no	no	
El ancho de la franja de estudio es	<100	x	>500	x	x	
1. ¿Se describen suficientemente los usos, actuales y futuros, del suelo en el entorno de la traza (clasificación urbanística)?	5	3	5	2	4	<b>3,8</b>
2. ¿Se describen suficientemente las características constitutivas del paisaje?	4	4	4	4	4	<b>4</b>
3. ¿Se describe suficientemente la vegetación actual de la zona afectada?	4	4	5	4	5	<b>4,4</b>
4. ¿Se describen suficientemente especies de flora amenazadas o raras?	5	3	3	3	3	<b>3</b>
5. ¿Se señala suficientemente la afección a LICs, Humedales, Parques, microrreservas, ZEPAS, etc?	3	2	3	1	4	<b>2,8</b>
6. ¿Se describe suficientemente la fauna, sus pautas de movimiento, etc?	3	4	4	4	5	<b>4</b>
7. ¿Se estudia suficientemente la afección a los hábitats presentes a lo largo la traza?	2	2	3	4	4	<b>3</b>
8. ¿Se describe, con suficiente detalle, la red hidrográfica superficial a lo largo de la traza?	4	5	3	5	2	<b>3,8</b>
9. ¿Se describe suficientemente la hidrogeología a lo largo de la traza (flujos, NF, vulnerab., pozos próximos, etc)?	4	3	5	4	2	<b>3,8</b>
10. ¿Se trata suficientemente la afección a servidumbres legales de carácter ambiental (cauces, VVPP, MUP, etc)?	5	5	5	3	4	<b>4,4</b>
11. ¿Se describen suficientemente los riesgos (deslizamientos, desprendimientos, erosión, etc)?	5	6	4	5	2	<b>4,2</b>
12. ¿De ser relevantes, se caracterizan suficientemente los vientos y la temperatura de la zona?	3	3	3	4	4	<b>3,4</b>
13. ¿Se describe suficientemente el suelo afectado (clasificación FAO, capacidad agrológica, etc)?	2	4	4	4	2	<b>3,2</b>
14. ¿Se describen suficientemente la geomorfología, estratigrafía, PIGs, etc. a lo largo de la traza?	4	5	4	5	3	<b>4,2</b>
15. ¿Se describen suficientemente los niveles acústicos actuales en el corredor de alternativas?	1	5	1	1	1	<b>1,8</b>
16. ¿Se estudia la estructura económica de los núcleos urbanos afectados?	4	4	3	5	5	<b>4,2</b>
17. ¿Se estudia suficientemente el patrimonio cultural de la zona?	4	2	1	2	5	<b>2,8</b>
	<b>3,6</b>	<b>3,7</b>	<b>3,5</b>	<b>3,5</b>	<b>3,5</b>	<b>3,58</b>

<b>Respecto a la identificación y valoración de impactos,</b>						
1. ¿Se describe suficientemente la metodología global de evaluación empleada?	5	3	5	5	4	4,4
2. ¿Se describen suficientemente los impactos sobre la geología y geomorfología?	3	4	5	4	3	3,8
3. ¿Se describen suficientemente los impactos sobre los suelos?	4	4	5	4	2	3,8
4. ¿Se describen suficientemente los impactos sobre los usos del suelo?	4	3	5	4	2	3,6
5. ¿Se describen suficientemente los impactos sobre la fauna y sus hábitats (pautas, vallados, etc)?	2	4	4	2	1	2,8
6. ¿Se describen suficientemente los impactos sobre la vegetación?	2	3	5	3	2	3
7. ¿Se describen suficientemente los impactos sobre la hidrología superficial (desvío de caudales)?	4	4	3	4	3	3,6
8. ¿Se describen suficientemente los impactos sobre la calidad de las aguas superficiales?	3	2	3	3	2	2,8
9. ¿Se describen suficientemente los impactos sobre la hidrogeología?	2	2	3	4	2	2,6
10. ¿Se describen suficientemente los impactos sobre la atmósfera?	3	3	3	4	4	3,4
11. ¿Se describen suficientemente los impactos sobre el nivel acústico?	2	5	5	1	2	3
12. ¿Se describen suficientemente los impactos sobre recursos materiales no renovables?	1	2	2	1	1	1,4
13. ¿Se describen suficientemente los impactos sobre el paisaje?	2	2	4	4	2	2,8
14. ¿Se describen suficientemente los impactos sobre el patrimonio cultural de la zona?	3	1	2	2	3	2,2
15. ¿Se describen suficientemente los impactos sobre las condiciones socioeconómicas (Sectores económicos, VP...)?	3	2	3	4	4	3,2
16. ¿Se describen sinergias con actuaciones existentes, planificadas o, en general, con el medio?	1	1	1	1	3	1,4
17. ¿Se describen los impactos generados por las actividades auxiliares a la actuación?	2	2	2	2	2	2
18. ¿Se han distinguido correctamente los impactos en las fases de construcción, explotación y abandono?	4	4	4	5	5	4,4
	2,6	2,7	3,4	3,0	2,5	3
<b>Respecto a las medidas correctoras y compensatorias,</b>						
1. ¿Se describen las medidas correctoras necesarias a la totalidad de los impactos especificados?	2	3	3	3	3	2,8
2. ¿Se presupuestan correctamente todas cuantas así lo requieren?	3	3	4	2	4	3,2
3. ¿Se describen adecuadamente las medidas compensatorias, en su caso?	3	3	3	3	3	3
4. ¿Se aporta un Programa de Revegetación y/o Plan de Restauración suficiente?	2	2	2	1	5	2,4
5. En el PVA, ¿se identifican los parámetros, indicadores y valores umbral?	1	4	2	1	5	2,8
6. En el PVA, ¿se señalan los informes a realizar, así como las frecuencias y contenidos de los mismos?	1	4	2	1	5	2,6
7. ¿Se tienen en consideración posibles impactos negativos de las medidas correctoras propuestas?	1	1	1	1	1	1
	1,9	2,9	2,4	1,7	3,7	2,51

1. Respecto a los resultados que se obtienen del análisis efectuado en torno al tratamiento dado por los EslAs al apartado correspondiente al examen de alternativas, se tiene lo siguiente:

- El estudio de alternativas es, mayormente, realizado al margen del EslA, por lo que bien es fruto de un análisis en el que no se ha contemplado el criterio ambiental o, si éste se ha estimado entre los criterios a considerar, lo ha sido sin atenderse a las conclusiones del citado EslA. Con todo, son muy escasas las ocasiones en las que, al abrigo del EslA, se aprovecha para hacer una selección de la alternativa más idónea, desde el punto de vista medioambiental, mediante el empleo de alguna de las metodologías existentes al efecto.
  - Resulta muy infrecuente el estudio de alternativas de trazado en alzado.
  - Aún presenta mayor rareza el estudio de alternativas para las capas del firme, ya sean bituminosas o granulares.
2. La descripción del nivel de contaminación acústica existente en el ámbito



en el que se pretende llevar a cabo una actuación aparece como el aspecto peor tratado en los EslAs tomados como muestra. En cualquier caso se entiende que la reciente legislación relativa a protección acústica, tanto a nivel autonómico como estatal (si bien en ambos casos se está a la espera de los Reglamentos de desarrollo correspondientes) conducirá a subsanar esta problemática ahora puesta de manifiesto. Es por ello por lo que, a efectos del presente trabajo, no cabe detenerse mayormente en la misma.

3. Se tienen otros seis aspectos que, a la vista de los resultados obtenidos y en tanto quedan por debajo del valor medio de puntuación del bloque correspondiente al inventario ambiental, aparecen como insuficientemente desarrollados en el contexto de los Estudios de Impacto Ambiental. Éstos son los señalados a continuación:

- Descripción de especies de flora amenazadas.
- *Descripción de afección a zonas objeto de protección administrativa (Red Natura 2000, micromeservas, humedales, etc.).*
- Descripción de la afección a los hábitats presentes.
- Descripción de la atmósfera.
- Descripción del suelo, desde el punto de vista edafológico.
- *Descripción del patrimonio cultural de la zona.*

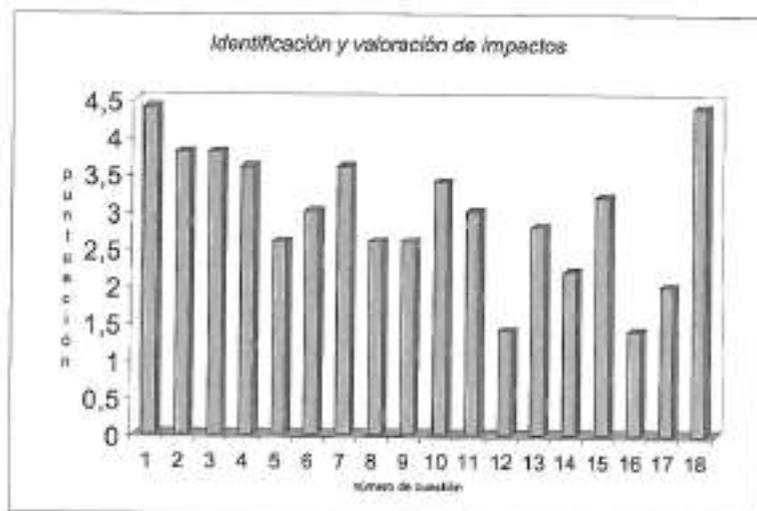
Los aspectos destacados en cursiva no superan la puntuación de 3, como es posible observar en la tabla y el gráfico antes aportados.

4. En el apartado de identificación y valoración de impactos, los aspectos que evidencian un a mayor dificultad para su tratamiento satisfactorio son los siguientes:

- Impactos sobre recursos materiales no renovables.
- Identificación de efectos acumulativos.

5. Por otra parte, en el apartado que ahora nos ocupa, esto es, el de identificación y valoración de impactos, aquellos aspectos que presentan un tratamiento insuficiente con respecto al bloque en que se incluyen, son los indicados seguidamente:

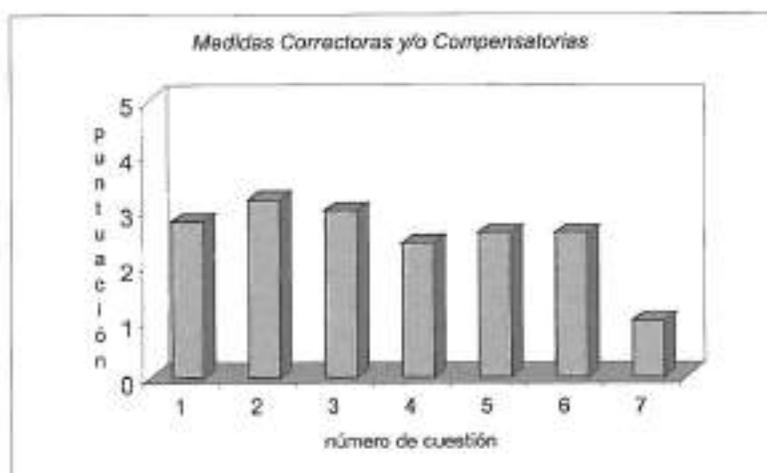
- Impacto sobre la fauna y sus hábitats.
- Impacto sobre las aguas superficiales.
- Impactos sobre la hidrogeología.
- Impacto sobre el paisaje.
- Impacto sobre el patrimonio cultural.
- Impactos derivados de las instalaciones auxiliares de la actuación (las siguientes actividades: acopio de materiales, parque de maquinaria, cami-



nos de obra (transporte de material y tráfico de maquinaria), zonas de préstamo, instalaciones auxiliares de obra (comedores, lavabos, etc.), planta de machaqueo, planta de fabricación de mezclas bituminosas u hormigones).

6. En cuanto al apartado de medidas correctoras y Programa de Vigilancia Ambiental (PVA), es destacable el escaso trato que se le da a las alteraciones que podrán implicarse de las medidas correctoras a disponer, ya sea como impacto previsible (caso de las pantallas acústicas, por ejemplo) o imprevisto, del análisis de todos los cuales se encargaría el PVA.

7. Asimismo, la aportación de programas de revegetación o integración paisajística y medioambiental de la actuación aparece como un aspecto tratado con un rigor menor al propio del apartado, dado que su puntuación es inferior a la media del grupo, la cual, a su vez, es inferior a 3. Es por esto último por lo que otros aspectos propios de la disposición de medidas correctoras y del control ambiental de la ejecución y explotación, se sitúan por debajo de la puntuación de 3, como son todos los relativos al Programa de Vigilancia Ambiental.



Por otra parte, puede decirse, a la vista de los resultados expuestos, y como un resultado más, que, si bien algunos de los aspectos reseñados como insuficientemente desarrollados pueden tener un mejor tratamiento dentro del propio EsIA, algunos otros no se ven suficientemente satisfechos en tanto la dimensión territorial de los mismos es mayor a la de otros muchos otros aspectos y, en el ámbito del EsIA, queda limitada. Pero asimismo hay otros de tales aspectos que no responden ni a lo meramente correctivo, desde el punto de vista medioambiental y aceptando que es esta la principal y quizá única función que se le confiere al EsIA, ni a lo meramente territorial, sino que responden a la dimensión sostenible de la actuación (aquella que hemos denominado "sostenibilidad estricta").

Lo anterior viene a corroborar la necesidad de una evaluación de la sostenibilidad (Pope, J., et al., 2004) al margen de las ya establecidas. Se ha dicho (Marsden, 2002) que en este sentido existe actualmente tanto la visión de que la sostenibilidad debe ser evaluada por la inclusión de cuantas consideraciones se refieran a la misma en los procesos de tomas de decisión, mientras que cabe extender convenientemente la EIA tradicional y la EAE para abarcar tales aspectos.

Así pues, con todo, quieren hacerse las consideraciones que siguen en torno al momento en que debe procederse a la evaluación de los aspectos relativos a la sostenibilidad de las actuaciones en materia de infraestructuras de transporte rodado, de todas las cuales, posteriormente, se pretende extraer conclusiones.

De los resultados obtenidos, la evaluación de impacto ambiental tradicional, que hemos dado en llamar correctiva, no se ocupa, con el grado de satisfacción que sería deseable, de muchos de los aspectos anteriormente señalados, de entre los cuales una parte importante tienen connotaciones significativas en lo que se refiere a la sostenibilidad de la actuación. Así, por ejemplo, se entiende que no se estudien, en el contexto del EsiA, aspectos tales como los ahora planteados y que están ligados a la descripción e impacto generado sobre el factor "atmósfera", así como al establecimiento de alternativas al alzado, siendo éstos algunos de los no tratados suficientemente por los EsiAs, de acuerdo con los resultados aportados:

- Fijémonos en los aspectos relativos a las soluciones en alzado de los trazados de carreteras y, a la vez, en los materiales constitutivos de la capa de rodadura, tratados insuficientemente, a la vista del anterior apartado, por los EsiAs y fuera de la EAE. Tales aspectos tienen una influencia directa en la sostenibilidad de la carretera, pues las mayores o menores pendientes de la traza, así como factores relativos a la forma en que se produce la rodadura del vehículo sobre el firme, influyen directamente sobre el nivel de emisión de gases contaminantes de los vehículos que circulan por ella lo que, a su vez, altera los objetivos globales dispuestos en esta materia (CO<sub>2</sub>, NO<sub>x</sub>, etc.). Así pues, en algún momento durante la concepción del trazado geométrico en alzado y en la selección de los materiales de la capa de rodadura del firme, deberá entrarse a valorar esta cuestión ambiental ligada, absolutamente, a la sostenibilidad de la infraestructura viaria proyectada.
- Otro ejemplo posible, presente durante el proceso de diseño de la carretera, aparece en el momento de disponer cruces entre trazados. Así, ya ha sido planteada (Midenet, S. et al., 2004) la necesidad de análisis en torno al diseño y gestión propuesto para las intersecciones. Volviendo a las emisiones contaminantes derivadas de los motores de combustión de los vehículos circulantes, así como incidiendo, ahora, en el consumo de recursos naturales como son los combustibles fósiles, unos u otros tipos de cruces a nivel de entre cuantas alternativas de diseño son posibles, o su sustitución por enlaces a distinto nivel, tendrán consecuencias favorables o perniciosas

en este aspecto también directamente ligado con la sostenibilidad de la vía y, sin embargo, no estimado ni durante la EAE ni en la etapa de EIA tradicional.

Por otra parte, no caben en la EAE aspectos como los ahora señalados. La evaluación ambiental estratégica es situada por Arce Ruiz en el momento en el que, dentro del proceso propio de la planificación sectorial<sup>9</sup>, se procede a la evaluación o selección de alternativas. Así, situando ahí la etapa en la que debe entrar en juego la evaluación ambiental estratégica, se garantiza la coincidencia con el momento en el que se procede, asimismo, a evaluar las alternativas obtenidas en función de cuantas variables son de consideración, lo que garantiza, a esa escala, la introducción de la dimensión ambiental a igualdad de condiciones con el resto de criterios de selección que puedan manejarse.

Posteriormente, los proyectos emanados del plan quedarán sujetos a la realización de Estudios de Impacto Ambiental que, a escala menor, podrán definir impactos ambientales solo posibles de aquilatar a tal escala.

Finalmente, el proceso culminaría con un efectivo control de las actuaciones llevadas a cabo mediante indicadores de detalle, los cuales, se entiende, serían, junto con los parámetros a vigilar y los valores umbral, las herramientas que materializarían el referido control. Parecería evidente que tal etapa se diese en el marco del Programa de Vigilancia Ambiental.

Con todo, las funciones que en el esquema anterior tendría la evaluación ambiental estratégica, serían, en palabras de Arce Ruiz, las que se apuntan a continuación:

- Minimizar los impactos globales infligidos al consumo de recursos, gasto de energía, disminución de la biodiversidad, etc.
- Uso de indicadores relacionados con tales planteamientos globales y no de indicadores de detalle.
- Integrar objetivos ambientales en el Plan, aunque pudieran ser contradictorios con los objetivos propios del mismo.
- Considerar impactos acumulados resultantes de la evaluación de los diversos proyectos que se deriven del Plan (capacidad de absorción del medio global para la totalidad de los proyectos).

Si bien se está de acuerdo totalmente con la propuesta descrita para las que deberían ser las funciones de la EAE, con todo, se entiende que muchos de los aspectos relativos a la sostenibilidad de una actuación cualquiera de

<sup>9</sup> Las fases propias de la planificación sectorial serían las que se enumeran seguidamente: 1) Delimitación del área de estudio; 2) Descripción, interpretación y diagnóstico; 3) Definición de objetivos y metas; 4) Generación de alternativas; 5) Evaluación o selección de alternativas; 6) Desarrollo de proyectos; 7) Control.

las que nos ocupan para los que la EslA tradicional muestra dificultades en su tratamiento, como así ha sido puesto de manifiesto por los resultados recogidos en el apartado anterior, quedan fuera del ámbito de las mencionadas funciones.

## Conclusiones

Hasta ahora hemos repasado cuál es el criterio más extendido en torno a la necesidad de que la evaluación ambiental no se dé únicamente en los momentos últimos de la planificación de infraestructuras, así como de que el análisis ambiental quede integrado dentro del propio análisis técnico-económico de la actuación. Ante ambas cuestiones se coincide en la importancia de la evaluación ambiental estratégica, en tanto, por su propia concepción, tiende a resolverlas.

No obstante, al hilo de lo comentado en anterior apartado, la introducción de los aspectos de la sostenibilidad más propios de las actuaciones en materia de transporte terrestre, en general, y de carreteras, en particular, no está desarrollada con la profundidad que debiera, denotando así la insuficiencia de las herramientas hoy existentes para la evaluación ambiental de proyectos (lo que ha querido, como se viene repitiendo y ahora se recuerda, constatarse con el estudio realizado en el contexto de la presente ponencia), planes y programas.

Con todo, se entiende que podría decirse que, si los aspectos de ingeniería de detalle son objeto de evaluación ambiental mediante el proceso clásico, que se apoya básicamente en el Estudio de Impacto Ambiental, y los aspectos de índole más territorial quedan sujetos a análisis a través de la aplicación de la evaluación ambiental estratégica, al margen de que ambos procedimientos consideren, más o menos profundamente, aquello relativo a la sostenibilidad, ésta, es decir, la dimensión sostenible de una actuación, no se corresponde con ninguna etapa en concreto, al tiempo que con todas.

Es decir, el sustrato que debe alimentar todo el proceso de concepción de una carretera debe ser el de la sostenibilidad. Si se permite emplear una analogía con los programas de obras de una carretera, por ejemplo, la dimensión sostenible de la actuación es una constante a lo largo del proceso de concepción, al igual que la seguridad y salud en el trabajo es una "actividad", o conjunto de éstas, presente a lo largo de toda la ejecución de la infraestructura, siempre solapada con el resto de actividades a desarrollar. Lo dicho ha querido ser expresado gráficamente en la forma que sigue.

Así pues, y de lo anterior, el presente trabajo asume como premisa el que la dimensión sostenible debe estar presente en todas y cada una de las fases que conforman una actuación, en materia de carreteras, esto es, desde su concepción más primera hasta su ejecución, posterior control, mantenimiento y desmantelamiento. Es por ello por lo que ya sea a través de indicadores globales, como fueran los de sostenibilidad tanto sectoriales como de mayor rango de acción, o

de herramientas mucho más concretas propias de los Estudios de Impacto Ambiental, o de indicadores de detalle usualmente empleados en Programas de Vigilancia, la dimensión de la que hablamos debe quedar patente en la concepción de la carretera. Pero, más allá de esto, debe mostrarse asimismo en la concepción de las alternativas, en el diseño geométrico de los trazados, en los procesos de construcción empleados, etc.

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
Conocim del medio	■												
Definición actuación		■	■										
Generación alternativas			■	■									
Evaluación alternativas					■								
Eval. amb. estratégica						■							
Proyecto básico							■	■					
EIA tradicional								■	■				
Proyecto de ejecución										■			
Ejecución											■		
Explotación desmant.												■	■
Dimensión sostenible	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■

Fuente: *Elaboración propia.*

Por ello, algunas de las de "cualidades sostenibles" de la actuación que son tratadas con menor éxito por los EsIA, según se desprende del estudio realizado, y que, por otra parte, quedan fuera del alcance de la EAE, tal y como la entendemos hoy por hoy, deben ser estudiados en otras etapas desde de la gestación de la actuación hasta su explotación y desmantelamiento.

Pero, más allá de las "cualidades" que se desprenden del estudio realizado, para que todo lo que se viene contando en el presente apartado pueda darse, se entiende que deben obtenerse todos los factores relacionados con la sostenibilidad durante la vida útil de una carretera los cuales serán cuantos afecten a los indicadores globales establecidos por organismos comprometidos con el Desarrollo sostenible, como, por ejemplo, la AEMA. De esta forma podrán identificarse cuáles serán los criterios que habrán de considerarse y valorarse a la hora de proceder a llevar adelante una actuación de la naturaleza de las que venimos hablando.

Finalmente, sería posible, tras un análisis fundamentado, traducir los criterios de sostenibilidad a disposiciones propias de todas las normativas, instrucciones (3.1-IC, 6.1 y 6.2-IC, por ejemplo), Normas Básicas, etc., que aparezcan a lo largo del proceso de gestación, construcción, explotación y desmantelamiento de una carretera.

Quiere remarcarse que el análisis realizado, cristalizado en las conclusiones ahora expuestas, no pretende más que poner de relieve un primer nivel de consideraciones como aproximación a la problemática de aplicación de la evaluación de impacto ambiental a través de los EslAs. La argumentación realizada en el contexto del presente trabajo pretende contribuir, pues, a reforzar la idea central del mismo, esto es, la insuficiencia de los EslAs, tal y como se practican actualmente, para abarcar los aspectos propios de la sostenibilidad de las actuaciones en materia de carreteras, para que, después y muy lejos de las que son las limitaciones de este trabajo, se continúe profundizando en cómo abarcar tantos aspectos relativos a la sostenibilidad, así como insertarlos en los Instrumentos que rigen los procesos de gestación, ejecución y explotación de una carretera.

# EVALUACIÓN DE IMPACTO AMBIENTAL DE UNA MOLIENDA DE CLÍNKER Y FÁBRICA DE CEMENTO, POR EL MÉTODO DE ESCENARIOS COMPARADOS

Sobrini Sagaseta de Ilúrdoz, I. M.;  
Martín Jiménez, C., y Gaite García, B.

Ingenieros Consultores Medio Ambiente, S.L.  
Doctor Ramón Castroviejo, 61 - 28035 Madrid

## Resumen

Este capítulo trata sobre la Evaluación de Impacto Ambiental del proyecto de una Instalación de Molienda de Clínker y Fábrica de Cemento en el término municipal de Villasequilla de Yepes, promovido por Terrafield S.A. Esta instalación va a situarse en una parcela agrícola situada a 1,5 km del núcleo urbano y colindante con la vía del ferrocarril Madrid-Sevilla, así como con una vía pecuaria coincidente con un curso de agua intermitente. Como rasgo ambiental más reseñable, es de destacar, el espacio protegido Microrreserva Saladares de Villasequilla y el LIC "Estepas Salinas de Toledo", por el interés de las especies vegetales halófilas que presenta, separada de la parcela de actuación por la vía del tren citada.

Se ha escogido como metodología más adecuada aplicada a la identificación y valoración de impactos del Estudio de Impacto Ambiental el método de escenarios comparados. Como escenario de comparación se ha seleccionado una planta de cemento de similares características técnicas a la proyectada, actualmente en funcionamiento en La Parrilla (Valladolid). De ella se han obtenido datos referentes a la evaluación de niveles sonoros, emisión e inmisión de contaminantes y partículas, entre otras afecciones al medio.

Dado que la posible contaminación atmosférica era uno de los principales potenciales impactos se realizó un análisis de la calidad del aire del estado preoperacional mediante una campaña de medición de inmisión de partículas sedimentables en tres localizaciones próximas a la parcela, cuyos resultados dieron un

valor por debajo del límite establecido por la legislación. Por otra parte, se modelizó la situación postoperacional de la planta mediante un programa informático (DISPER 2.1 © Canarina CM.), pudiendo comprobar que los valores de inmisión se encontraban por debajo de los límites de la legislación vigente.

La identificación y valoración de los impactos producidos en cada elemento del medio se ha realizado teniendo en cuenta tanto el medio receptor y como las acciones de proyecto, en la cual ha tenido un carácter fundamental la posibilidad de contar con datos reales de observaciones directas y mediciones realizadas en la Fábrica de Cemento de La Parrilla.

Mediante esta comparación directa no sólo es más objetiva y sencilla la identificación y valoración de impactos, sino que pueden establecerse medidas preventivas y correctoras de probada eficacia, de forma que no se produzca afección alguna sobre los espacios protegidos y elementos del medio de mayor significancia.

## Introducción

La legislación específica en Evaluación de Impacto Ambiental de Castilla-La Mancha establece la obligatoriedad de someter al estudio caso por caso una serie de proyectos y actividades incluidos en su Anexo 3, entre el que se incluye el que nos ocupa: un proyecto de Instalación de molinera de Clinker y Fábrica de Cemento en el término municipal de Villasequilla de Yepes (Toledo), promovido por Terrafield, S.A. Tras este análisis de la actividad se decidió su sometimiento a Evaluación de Impacto Ambiental por el procedimiento simplificado.

Dicha instalación está compuesta por las secciones de almacenamiento de materias primas, molinera de cemento, ensilado de las distintas clases de cemento, ensacado y paletizado del mismo, expedición al exterior, bien a granel o bien en palets de sacos. El transporte de materias primas y producto terminado se realizará fundamentalmente por ferrocarril.

La capacidad nominal de la instalación es de un millón de toneladas anuales (en dos molinos de 500.000 toneladas anuales cada uno). Para ello será necesario utilizar las siguientes materias primas:

- 850.000 toneladas/año de clinker.
- 50.000 toneladas/año de caliza.
- 50.000 toneladas/año de piedra de yeso.
- Otras 50.000 toneladas/año de otros materiales, como puzolana, escorias de altos hornos, etc., en función del tipo de cemento a obtener.

La implantación de los distintos sectores de la planta industrial se ha realizado adaptándola a la morfología de la parcela y al desarrollo del proceso industrial. En todo momento, para el diseño de la planta, se han tenido en cuenta las mejores técnicas disponibles para la fabricación de cemento, con la adopción de medidas de minimización de polvo y ruido.



Vista aérea de la parcela.

Es de destacar que el proyecto básico de la instalación comprende un total de 20 filtros de mangas con una concentración máxima de polvo a la salida de 10 mg/Nm<sup>3</sup> en 18 de estos filtros de mangas y de 20 mg/Nm<sup>3</sup> en los dos filtros de mangas restantes, además de medidas de confinamiento y cerramiento.

Actualmente, como indica la *Guía de Mejores Técnicas Disponibles en España de fabricación de Cemento*, el nivel de emisión MTD asociado con los filtros (electrostáticos y de mangas) es de 10-30 mg/Nm<sup>3</sup> para otras instalaciones de despolvamiento (las que no comprenden hornos y enfriadores). Esto da una idea en conjunto de la alta eficacia de las medidas propuestas para la reducción de las emisiones de partículas físicas al medio.

La instalación va a situarse en una parcela agrícola de labor de secano de forma triangular situada a 1,5 km del núcleo urbano, colindante con la vía del ferrocarril Madrid-Sevilla, la carretera Villasequilla-Castillejo y una vía pecuaria coincidente con un arroyo intermitente.

El límite sur de la parcela en la que se ubica el proyecto es prácticamente colindante (separada por la vía férrea Madrid-Sevilla) con la Microrreserva de los Saladares de Villasequilla, declarada por el Decreto 1/2005, de 4 de enero de 2005, publicado en el *DOCM* de 7 de enero de 2005.

En esta área se localizan poblaciones de *Arthrocnemum macrostachyum*, arbusto endémico de la región mediterránea que aparece catalogado dentro de la categoría de interés especial en el Catálogo Regional de Especies Amenazadas de Castilla-La Mancha. También aparece en la zona, sobre las costras de sal desprovistas de vegetación, *Microcnemum coraloides* (catalogada como vulnerable en el Catálogo Regional), junto a otras comunidades xerofíticas crasicaulas formadas por *Suaeda alicata*, *Suaeda splendens* y *Salicornia ramosissima*. Otra especie a destacar es la presencia de *Sisymbrium cavanillesianum*, catalogada como vulnerable en el citado catálogo e incluida como prioritaria en la Directiva 97/62/CE del Consejo, de 27 de octubre de 1997, por la que se adapta al progreso técnico



*Acceso actual a la parcela.*

la Directiva 92/43/CEE, relativa a la Conservación de los Hábitats Naturales y de la Fauna y Flora silvestres

En esta Microrreserva también aparecen formaciones abiertas de taray (*Tamarix canariensis*), vestigios de lo que en tiempos debieron ser tarayales halófilos de gran extensión) que comparten espacio con carrizales, espartadales, orzagales dominados por orgaza (*Atriplex halimus*), espartales y pastizales halófilos.

Esta riqueza florística y sus ecosistemas presentes, unido al interés biológico de este hábitat salino es lo que motivó que con anterioridad a la declaración de la Microrreserva, se propusieran los Saladares de Villasequilla como Lugar de Importancia Comunitaria (LIC) Estepas Salinas de Toledo, cuyo código de identificación es ES4250008.

## Objetivos

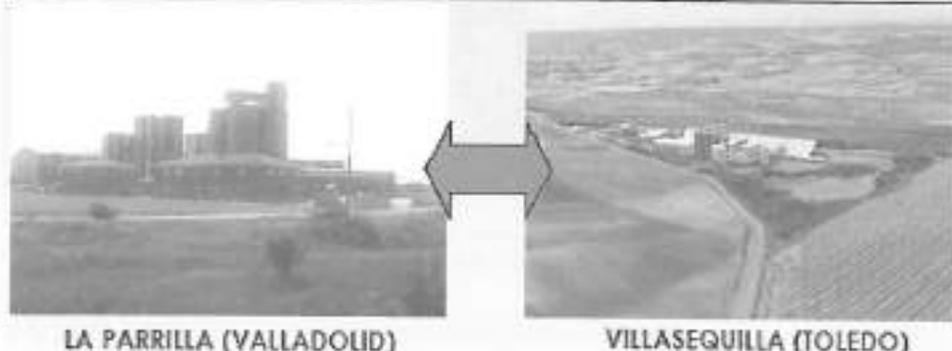
El principal objetivo de la evaluación de impacto de impacto ambiental es estimar y evaluar los efectos que la ejecución de este proyecto cause sobre el medio ambiente, permitiendo prevenir, evitar y corregir sus efectos.

En concreto, se pretende que la instalación prevista respete escrupulosamente todos los condicionantes ambientales, que en este caso serán determinantes, dada la existencia, al otro lado de la vía del tren, de la Microrreserva Saladares de Villasequilla y el LIC Estepas salinas de Toledo, por el interés de las especies vegetales halófilas presentes.

## Material y métodos

Para alcanzar los objetivos se ha escogido como la metodología más adecuada para la identificación y valoración de impactos del Estudio de Impacto Ambiental el método de escenarios comparados. Como escenario de comparación se ha seleccionado una planta de cemento de similares características técnicas a la proyectada, actualmente en funcionamiento en La Parrilla (Valladolid), de la cual se han obtenido datos reales referentes a niveles sonoros, emisión e inmisión de contaminantes y partículas, así como efectos sobre el paisaje, entre otras afecciones al medio.

### Método de escenarios comparados



La identificación y valoración de los impactos producidos en cada elemento del medio, se ha realizado teniendo en cuenta tanto el medio receptor como las acciones de proyecto, en la cual ha tenido un carácter fundamental la posibilidad de contar con datos reales de observaciones directas y mediciones realizadas.

## Resultados

Dadas las características de la actividad y el medio circundante, ha sido la calidad del aire, junto con los espacios protegidos, los elementos en cuyo estudio se ha profundizado más. La calidad del aire se verá fundamentalmente afectada debido a la emisión de ruido y partículas en la fase de funcionamiento, por lo que existía a la posibilidad de producir afección de forma indirecta a las formaciones vegetales del LIC y Microrreserva.

La emisión de partículas se debe al propio funcionamiento de la planta, siendo la principal fuente de partículas por chimenea los molinos de clínker. En este proceso circula un volumen de aire cargado de partículas, que debe ser desempolvado. El diseño y la fiabilidad de los precipitadores electrostáticos

modernos y de los filtros de mangas aseguran que las partículas emitidas se reduzcan a niveles no significativos.



*Carga de materias primas a cinta alimentadora del proceso. Detalle de cubierta de descarga y filtro de mangas de la fábrica de Cementos La Panilla.*

En mucha menor medida, las operaciones de transporte, manipulación (carga y descarga, envasado) y almacenamiento de materias primas y combustibles sólidos son una fuente potencial de emisión de partículas (emisiones dispersas o difusas) durante la fase de funcionamiento.

La emisión de ruido se deriva fundamentalmente del funcionamiento de la maquinaria, en menor medida debido al tráfico rodado y a la maquinaria para la carga del producto terminado.

La proximidad, a unos 4 km de la parcela de una fábrica de Cemento de Cemex, y sus posibles efectos sinérgicos, hizo aconsejable realizar un análisis de la calidad del aire del estado preoperacional mediante una campaña de medición de inmisión de partículas sedimentables en tres localizaciones próximas a la parcela. Dicha campaña se realizó de acuerdo con la Orden de Castilla-La Mancha del 30 de abril de 2002 por la que se regulan el trámite y determinados aspectos de la actuación de los organismos de control autorizados en el ámbito de calidad ambiental, área atmósfera, en concreto el punto I-04 del Anexo IV "Medición de inmisión de partículas sedimentables".

Para la realización de dicha medición, de cuatro semanas, se contrató a un Organismo Colaborador con la Administración, ECA-Toledo, seleccionándose tres puntos de muestreo, uno en el núcleo urbano, otro próximo a los saladares de Villasequilla y uno colocado entre la futura planta y la fábrica de Cemento de Cemex España. Los tres resultados obtenidos dieron un valor por debajo del límite establecido por la Orden de Castilla-La Mancha, de 300 mg/m<sup>3</sup> y día, calculado como media de 24 horas.



*Detalle de uno de los colectores de partículas sedimentables utilizados en el muestreo realizado en Villasequilla de Yepes.*

Asimismo se realizó un estudio de dispersión de las partículas de la situación postoperacional de la instalación en un radio de 10 km mediante la modelización de un programa informático (DISPER 2.1 © Canarina C.M.). Se pudo comprobar que los valores de inmisión en el área de actuación se encontraban por debajo de los límites establecidos por la legislación vigente, en la hipótesis de que la planta proyectada y la de Cemex España se encontraran ambas en funcionamiento.

El análisis de las mediciones y observaciones realizadas en la planta de cemento de La Parrilla (Valladolid), como se muestra en la tabla anexa, indican que durante la fase de funcionamiento de la actividad proyectada, se cumplen en todo momento los valores límites establecidos por la legislación vigente en cuanto a emisión de partículas, destacando el hecho de que no se apreciara deposición de polvo alguna sobre el terreno o la vegetación adyacente a la fábrica, en un radio de un kilómetro, por lo que se minimiza la posible afección a vegetación o fauna.

En cuanto a los niveles sonoros, tomando como referencia el modelo tipo de Ordenanza municipal sobre normas de protección acústica establecido en la Resolución de 23-04-2002, de la Consejería de Agricultura y Medio Ambiente de Castilla-La Mancha, por la que se aprueba el modelo tipo de ordenanza municipal sobre normas de protección acústica, los niveles sonoros evaluados en la Parrilla y extrapolados a la situación de estudio, superan ligeramente el límite diurno establecido por esta Ordenanza. Se ha evaluado que tanto la aceptación social como la creación de empleo son positivas, máxime en ámbitos rurales como los que nos ocupan.

RESULTADOS VALORACIÓN DE IMPACTOS POR EL MÉTODO DE ESCENARIOS COMPARADOS						
FACTOR AMBIENTAL	CUALIDAD DEL MEDIO POTENCIALMENTE AFECTADA	INDICADOR DE IMPACTO	OBSERVACIONES Y MEDICIONES REALIZADAS EN LA PARRILLA	LEGISLACIÓN APLICABLE	IMPACTO	IMPACTO RESIDUAL
Atmósfera	Calidad física del aire	Inmisión de partículas PM10	49,5 µg/m <sup>3</sup>	Valor límite <sup>1</sup> : 50 µg/m <sup>3</sup>	COMPATIBLE	COMPATIBLE
		Emisión de partículas totales	1,2 mg/m <sup>3</sup>	Valor límite <sup>2</sup> : 150 mg/m <sup>3</sup>		
	Niveles sonoros	Niveles sonoros diurnos	Laeq media 72,5 dB(A)	Valor límite diurno <sup>3</sup> : Laeq 70 dB(A)	MODERADO	COMPATIBLE
		Niveles sonoros nocturnos	Laeq media 58,1 dB(A)	Valor límite nocturno <sup>3</sup> : Laeq 60 dB(A)		
Vegetación	Afección a la vegetación de áreas circundantes	Deposición de contaminantes sobre vegetación circundante	No se aprecia deposición de polvo		COMPATIBLE	COMPATIBLE
Medio social y económico	Aceptación social	Manifestaciones de rechazo u oposición a la actividad	No existe oposición social al respecto		POSITIVO	NO SIGNIFICATIVO
	Empleo	Creación de puestos de trabajo	10-12 puestos por turno de trabajo		POSITIVO	NO SIGNIFICATIVO

Respecto al resto de factores y cualidades del medio evaluados y caracterizados tanto en la fase de construcción como de funcionamiento, es de destacar el impacto sobre el paisaje, cuya magnitud se ha estimado como *moderada*, debido tanto a la altura máxima y el volumen de las instalaciones, así como a la cuenca visual y la intervisibilidad, que será alta. A fin de determinar de un modo más objetivo dicho impacto se ha realizado una representación infográfica en tres dimensiones de la actuación proyectada como puede observarse en la siguiente figura:

<sup>1</sup> Según establece el R.D. 1073/2002, de 18 de octubre, sobre evaluación y gestión de la Calidad del Aire Ambiente, en relación con el dióxido de azufre, dióxido de carbono, óxidos de nitrógeno, partículas, plomo, benceno y monóxido de carbono.

<sup>2</sup> Según establece el apartado 27 del Anexo IV del Decreto 833/1975, por el que se desarrolla la Ley 38/1972, de Protección del Medio Ambiente Atmosférico.

<sup>3</sup> Como indica la Resolución de 23 de abril de 2002 por la que se aprueba el modelo tipo de ordenanza municipal sobre normas de protección acústica, en Áreas de Tipo IV (Industria) sobre suelo urbanizable. Esta Resolución no es de obligado cumplimiento en el Ayuntamiento de Villasequilla de Yepes, ya que no la ha adoptado, pero sus valores límite se han considerado en el estudio.



*Panorámica aérea con vista hacia el sur de la representación infográfica de la instalación de molinera de cemento.*

El impacto sobre los espacios protegidos, dada la importancia de las comunidades vegetales y su proximidad, se ha considerado de magnitud SEVERA, si bien mediante la adopción de una serie de medidas protectoras y correctoras, el impacto residual pasa a considerarse como de magnitud COMPATIBLE. Las posibles afecciones en este caso vienen dadas tanto por la posible deposición de polvo sobre la vegetación como por la posible contaminación de las aguas superficiales del arroyo que atraviesa el espacio protegido, por vertidos de aguas pluviales procedentes de la parcela de la instalación.

## Conclusiones

El método de escenarios comparados es una herramienta eficiente en la Evaluación de Impacto Ambiental. Mediante la adopción de este método no sólo es más objetiva y sencilla la identificación y valoración de impactos, sino que pueden establecerse medidas preventivas y correctoras de probada eficacia en otros proyectos reales.

El diseño del proyecto de la planta de cemento proyectada en Villasequilla de Yepes incorpora entre otras medidas correctoras y protectoras, las adoptadas en su día en la planta de Cemento de La Parrilla. A dichas medidas hay que añadir las establecidas en el Estudio de Impacto Ambiental que complementan las anteriores y añaden nuevos condicionantes a fin de proteger o corregir las posibles afecciones al medio derivadas de la localización de la planta en el ámbito propuesto.

De esta forma puede concluirse que la realización del proyecto de Molinera de Clinker y Fábrica de Cemento en Villasequilla de Yepes (Toledo), en las condiciones propuestas y en la ubicación prevista supondrá un impacto asumible sobre

el medio, teniendo en cuenta las medidas protectoras y correctoras y el programa de vigilancia ambiental, de eficacia contrastada en la planta existente en La Parrilla (Valladolid).

## Bibliografía

- Caja España (2004): *Datos económicos y municipales de España*. [en línea] [http://www.caja-espana.es/inf\\_eco\\_estud.htm](http://www.caja-espana.es/inf_eco_estud.htm) (consulta noviembre 2004). Madrid.
- Consejo Superior de Cámaras de Comercio, Industria y Navegación de España (2004): *Censo Nacional de Empresas* [en línea] <http://www.cscamaras.org/nuevaweb/tau/censo/index.htm> (consulta noviembre 2004).
- Conesa, V. (1993): *Guía metodológica para la evaluación del impacto ambiental*, Ed. Mundiprensa, Madrid.
- Diputación de Toledo (1980): *Mapa topográfico Escala 1:10.000. Hoja 630 (2-3) Villasequilla de Yepes*, Toledo.
- FAO (1997): *Guía para la descripción de perfiles de suelo*, Roma.
- FAO (1991): *Mapa mundial de suelos. Leyenda revisada*, Roma.
- Instituto Nacional de Estadística (2004): *Inebase*. [en línea] <http://www.ine.es/inebase/index.html> (consulta noviembre 2004).
- ICONA (1977): *Mapa de cultivos y aprovechamientos*, E. 1:50.000 [ n.º 630 ], Madrid.
- IGME (1991): *Hoja y memoria geológica de Yepes*, E. 1:50.000 [ n.º 630 ], Madrid.
- IGME (1976): *Mapa de vulnerabilidad a la contaminación de los mantos acuíferos*, E. 1:1.000.000, Madrid.
- ITGE (1990): *Las aguas subterráneas de España. Estudio de síntesis*, Madrid.
- Martí, R., y Del Moral, J. C. (eds.) (2003): *Atlas de las aves reproductoras de España*, Dirección General de Conservación de la Naturaleza-Sociedad Española de Ornitología, Madrid.
- Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación: *Servidor de cartografía del SIGA*, 2004. [en línea] <http://www.mapya.es/informes/siga/estaciones.htm> (consulta noviembre 2004).
- Ministerio de Medio Ambiente (1996): *Mapa forestal de España. Hoja 5-7 de Toledo*, Madrid.
- Ministerio de Medio Ambiente (2003): *Guía de Mejores Técnicas Disponibles en España de fabricación de Cemento*, Madrid.
- Palomo, L. J., y Gisbert, J. (2002): *Atlas de los Mamíferos terrestres de España*, Dirección General de Conservación de la Naturaleza-SECEM-SECEMU, Madrid.
- Peinado, M., y Sobrini, I. (1996): *Avances en Evaluación de Impacto Ambiental y Ecoauditorias*, Editorial Trotta, Madrid.
- Ileguezuelos, J. M.; Márquez, R., y Lizana, M. (eds.) (2002): *Atlas y Libro Rojo de los Anfibios y Reptiles de España*, Dirección General de Conservación de la Naturaleza-Asociación Herpetológica Española (2.ª impresión), Madrid.
- Rivas-Martínez, S. (1987): *Memoria de las series de vegetación de España*, ICONA, Madrid.
- Sociedad Española de Ornitología/BIRLIFE (1997): *Atlas de las aves de España*, Lynx Edicions, Barcelona.
- Subdirección General de Conservación de la Biodiversidad (2005): *Red Natura 2000 (Zonas de especial Protección para las Aves - Lista Nacional de Lugares de Importancia Comunitaria*, Ministerio de Medio Ambiente, Madrid.

# MODELO PRELIMINAR DE LA CALIDAD NATURAL DE ESPAÑA 1:500.000

---

Mancebo, S.<sup>1</sup>; García-Montero, L. G.<sup>2</sup>; Casermeiro, M. A.<sup>3</sup>; Otero, I.<sup>3</sup>; Espluga, A. P.<sup>4</sup>, y Navarra, M.<sup>4</sup>

<sup>1</sup> Centro de Investigación del Transporte (TRANSyT) de la Universidad Politécnica de Madrid

<sup>2</sup> Dpto. de Ingeniería Forestal (U. D. Operaciones Básicas) de la Universidad Politécnica de Madrid

<sup>3</sup> Dpto. Edafología de la Universidad Complutense de Madrid

<sup>4</sup> Dpto. Construcción y Vías Rurales de la Universidad Politécnica de Madrid

## Resumen

Se ha desarrollado un modelo SIG de Calidad Natural de España para desarrollar una futura Evaluación Ambiental de un Plan de Infraestructuras. A partir de las 12 variables naturales cartografiadas y valoradas, se ha aplicado un modelo de integración vectorial que ha proporcionado un total de 102.240 combinaciones de las 12 variables o vectores diferentes, que se distribuyen en las 49.858.044 de cuadrículas una hectárea que existen en la España peninsular y Baleares. A continuación se ha generado un modelo que ha ordenado de forma relativa los 102.240 vectores entre sí, en función de la calidad natural que les confieren sus 12 componentes respectivas. El resultado ha permitido asignar un valor relativo y normalizado (entre 0 y 1) de Calidad Natural a cada píxel de 1 ha. Por último, se han reclasificado los valores de Calidad Natural establecidos entre 0 y 1, en 5 clases equidistantes de Calidad Natural en cada cuadrícula. Las clases de Calidad bajas constituyen un 48,28% del territorio, la clase intermedia un 31,13% y las clases altas un 20,58%. Esta distribución de frecuencias de Calidad Natural resulta adecuada para desarrollar una planificación territorial a gran escala, que favorecería el diseño del Plan de Infraestructuras y otros Planes, que deberían minimizar al máximo la afección a las zonas de elevado valor natural.

## Introducción

El Ministerio de Fomento está desarrollando un Plan Estratégico de Infraestructuras y Transportes 2005-2020 (PEIT), cuyo objetivo fundamental es la culminación de proyectos básicos de infraestructuras, de tal manera que se resuelva el déficit existente con respecto a Europa, se dinamice la economía y se promuevan el equilibrio regional y la cohesión territorial. Sin embargo, las propuestas de nuevas infraestructuras deben estar integradas y armonizadas con las políticas, recomendaciones y normativas comunitarias sobre medio ambiente, las cuales disponen "la importancia de valorar los efectos medioambientales de los Planes y Programas e integrar en ellos la conservación y el uso sostenible de la biodiversidad" (*V Programa de Acción del Programa Comunitario de política y actuación en materia de medio ambiente y desarrollo sostenible*). En este sentido, la Directiva 11/97 recomienda a los estados miembros la evaluación de los Planes y Programas, y la Directiva 2001/42/CE crea el marco jurídico para desarrollar una *Evaluación Ambiental Estratégica* (EAE) de obligado cumplimiento para determinados Planes y Programas.

Las infraestructuras de transporte constituyen un bien de dominio público necesario e ineludible y son además, acciones que derivan de políticas que inducen una transformación generalizada del medio. El objetivo respecto a su ubicación será una adecuada planificación desde los puntos de vista técnicos, socio-económico y ambientales. Desde el punto de vista ambiental, el óptimo se alcanza cuando se consigue un diseño que cause un mínimo impacto sobre el medio (Otero et al., 1999). Existe una relación directa entre el grado de utilización de un territorio y su conservación, así está consensuado, que territorios poco utilizados son más naturales que territorios ampliamente aprovechados. En este sentido, uno de los principios rectores de los Planes de Infraestructuras españoles es la modernización de las infraestructuras con respecto a otros países de nuestro entorno. Este hecho también debe ser contemplado desde el punto de vista ambiental; así, el retraso secular en infraestructuras ha supuesto un menor grado de desarrollo y, por tanto, una mayor conservación del territorio.

Por tanto, todos los Planes de Infraestructuras desarrollados en la UE deberán incorporar una Evaluación Ambiental Estratégica. La Directiva 2001/42/CE establece que esta EAE se debe efectuar durante la preparación y antes de la adopción o tramitación legislativa de los Planes o Programas, con el objeto de lograr que su Informe Ambiental y los resultados de las Consultas incidan en la toma de decisiones y selección de las diferentes alternativas de los Planes y Programas. La EAE estará constituida por un conjunto de fases o etapas: *screening; scoping; Informe Ambiental; etapa de Chequeo; fase de toma de decisiones e integración de la EAE en el Plan; programa de Monitorización y Vigilancia Ambiental; y diversas fases de Consultas e Información Pública a las autoridades competentes, al público y a los países comunitarios que resulten afectados, y además, se deberá garantizar un adecuado acceso del conjunto de la sociedad a la información de toda la EAE* (European Commission DG VII Transport; 1999; Directiva 2001/42/CE).

La Directiva 2001/42/CE establece que la EAE se debe preparar con documentación pertinente y adecuada que determine, describa y evalúe las posibles repercusiones ambientales de la ejecución de un Plan y sus alternativas, mediante un proceso razonado y según los objetivos y la localización del Plan. Para ello se identificarán, describirán y evaluarán los efectos ambientales significativos y se expondrán las conclusiones y el proceso que ha permitido llegar a dichos resultados. Los Estados comunicarán a la Comisión Europea las medidas tomadas sobre la calidad de los informes. Por tanto, una EAE debe tener unas características técnicas y una capacidad de evaluación y predicción de impactos muy exigentes, que le permita participar en la elaboración y redacción del propio Plan que evalúa. Si se consiguen estos objetivos, Thérivel (1996) identifica las principales ventajas que tiene la integración de una EAE en un Plan: *incorporar los principios de desarrollo sostenible, determinar la capacidad de carga de los ecosistemas, evaluar las distintas alternativas de planificación, comprobar el resultado de la EIA de futuros proyectos y evaluar de manera eficaz los impactos sinérgicos y residuales.*

Sin embargo, los objetivos y requerimientos de la EAE contrastan con la disponibilidad y capacidad real de manejo de la información ambiental de un país de extensión media, como es España, que tiene una superficie aproximada de 50.000.000 ha. Por otra parte, la Evaluación Ambiental de un Plan de gran envergadura debe valorar enormes distancias de infraestructuras lineales, como sería el caso de las previsiones que tenía el Ministerio de Fomento entre 2000 y 2007, que ya contemplaba la construcción o actuación en unos 8.000 km de carreteras y vías ferroviarias (Ministerio de Fomento, 2002). Además, como se ha comentado, el objetivo de la EAE no se limita a evaluar el impacto global de un Plan, si no que debe generar herramientas eficaces que permitan actuar sobre el propio Plan, facilitando la generación y evaluación de las alternativas.

La propuesta de un modelo que valore la Calidad Natural de España debe integrar y resolver la enorme biodiversidad, singularidad y riqueza ambiental de nuestro país. Así, Otero et al. (2006) describen cómo España presenta una baja densidad de población dentro de los países de la UE (81 habitantes/km<sup>2</sup> frente a los 115 hab/km<sup>2</sup> de media de la UE 15), población que además se encuentra irregularmente distribuida, extendiéndose por amplias zonas con una muy baja densidad de población (< 5 hab/km<sup>2</sup>), como el interior de las dos mesetas, el valle del Ebro y las zonas montañosas del Norte y Sur peninsular. Todo esto contribuye a considerar España como una singularidad natural dentro del contexto europeo. Otras razones que condicionan los valores ambientales son las siguientes:

- El clima: mayoritariamente mediterráneo que genera una alta irregularidad pluviométrica, estacional fluvial y grandes periodos de sequía que obligan a los ecosistemas terrestres a una alta especialización. Esto se manifiesta por la alta biodiversidad de los organismos que los integran, por ejemplo, en España hay más especies de vegetación endémicas que en el resto de Europa.
- Condicionantes geomorfológicos: gran diversidad de sistemas montañosos, con diferentes altitudes y litologías, que condicionan la formación de

suelos y microclimas y, por tanto, el establecimiento de la biocenosis. Además, España presenta una amplia zona litoral con el establecimiento de ecosistemas marítimos terrestres únicos.

- Condicionantes por el uso territorial: bajo grado de desarrollo de infraestructuras y tejido industrial, en comparación con otros países europeos, y un aprovechamiento de la agricultura y ganadería extensiva mayor que muchos países de nuestro entorno.

Todos estos factores condicionan la realidad territorial y natural de España que se constituye como un mosaico interrelacionado de paisajes y ecosistemas muy diversos, con un elevado valor de calidad intrínseca única en el continente Europeo. Estos atributos se reflejan en el alto porcentaje del territorio nacional que está sometido a algún grado de protección debido a sus cualidades naturales, así cerca del 30% del territorio presenta alguna figura de protección nacional o internacional, destacando las siguientes:

- Aproximadamente un 6% son Parques.
- Más del 15% del territorio presentan alguna figura prevista en la Ley 4/89 de Protección de Flora y Fauna.
- El 11,43% del territorio son ZEPAs (Zonas de Especial Protección para las Aves), figura que nace de la Directiva hábitat 92/43/CE.
- El 22% del territorio está designado como zonas LIC (Lugares de Importancia Comunitaria).

Como respuesta a estos problemas, el Centro de Investigación del Transporte de la Universidad Politécnica de Madrid (TRANSyT) ha coordinado varios proyectos de investigación financiados por el Ministerio de Fomento y el Ministerio de Educación y Ciencia, con el objetivo de proporcionar una extensa información interdisciplinar que apoye la generación de planes de infraestructuras. En el marco de estos proyectos y en colaboración con la ETSI de Montes de Madrid y la Facultad de Farmacia de la Universidad Complutense de Madrid, en el presente trabajo se ha propuesto una metodología de valoración de la Calidad Natural de España, que constituye una base para desarrollar un diagnóstico ambiental a escala nacional del Plan Estratégico de Infraestructuras y Transportes 2005-2020 (PEIT).

## Metodología para valorar la calidad natural de España

### Esquema metodológico para evaluar la Calidad Natural de España dirigida a una Evaluación Ambiental de un Plan de Infraestructuras

Para crear una cartografía de la "Calidad Natural" de España y aplicarla posteriormente a una Evaluación Ambiental de un Plan de Infraestructuras, se ha desarrollado un procedimiento metodológico, que consta de los siguientes pasos:

1. Obtención de la información ambiental disponible en formato digital a escala nacional, y selección de aquellos elementos que sean relevantes en una Evaluación Ambiental según la Directiva CE/2001/42.
2. Adaptación de esta información ambiental a un formato cartográfico digital normalizado, que constituya un "Mapa Natural de España", sintetizado mediante la integración de todas las variables ambientales seleccionadas previamente.
3. Generación de un modelo de valoración de la Calidad Natural de cada una de las variables que participan y constituyen el "Mapa Natural de España".
4. Aplicación de un modelo que integre las valoraciones parciales de cada variable, en un único valor de Calidad Natural sintético que se asignará a cada cuadrícula (1 ha) de España.
5. Aplicación de un sistema de chequeo de la validez del modelo de valoración de la Calidad Natural de España.

### Inventario y generación de la base cartográfica

En cualquier estudio en el que interviene un tratamiento de información cartográfica, es necesario decidir ciertas características o propiedades que permitirán la armonización de las distintas cartografías básicas. Por ello se ha realizado un análisis de la escala, software, formato, datum y proyección más apropiados. Finalmente, se ha realizado un ensayo de integración de toda la información medioambiental disponible analizando los procesos involucrados (cambios de formato, integración de hojas, cambios de datum, cambios de proyección y generalización cartográfica) y la viabilidad técnica para la realización de los mismos con varios Sistemas de Información Geográfica.

La búsqueda de información sobre los distintos aspectos del medio requeridos por la Directiva CE/2001/42 se ha dirigido en varias direcciones principales:

- Consultas a la Infraestructura de Datos Espaciales Española (IDEE).
- Consultas a distintas instituciones españolas que, previamente, se conocen por disponer de este tipo de información.
- Consultas a la base de datos de la Agencia Medioambiental Europea (EEA) y otros organismos internacionales.

La primera vía no ha proporcionado ninguna información relevante debido al reducido número de instituciones que han informado al organismo promotor de la IDEE hasta la actualidad. La segunda vía ha sido la más fructuosa, si bien hay que apuntar que el éxito de ésta depende del conocimiento que tengan los técnicos encargados del proceso de búsqueda y recopilación de la información. La Agencia Medioambiental Europea y otros organismos internacionales disponen de información útil, si bien las escalas de trabajo y niveles de detalle son menores a las utilizadas localmente. Un resumen de la información geográfica a escala nacional localizada se detalla en la tabla 1.

TABLA 1  
Resumen de la información geográfica a escala nacional localizada

Capa	Organismo	Metadatos
Ecología	Organización de las naciones unidas para la agricultura y la alimentación (FAO)	Escala 1:1.000.000 Proyección UTM, huso 30 Datum ED-50 Formato digital Export (e00) de ArcInfo
Edafología: Corine Soils	Agencia Medioambiental Europea	Escala 1:1.000.000 Proyección Lambert Azimutal Igual area Datum ED-50 (asumido) Formato digital Export (e00) de ArcInfo Año 1990
Espacios protegidos: figuras de protección nacionales y autonómicas, Red Natura 2000, reservas de la biosfera, Ramsar y vías pecuarias	DGCONA	Escala 1:50.000 Proyección UTM, huso 30 Datum ED-50 Formato digital Export (e00) de ArcInfo y Shapefile de ArcView
Geología	Instituto Geológico y Minero de España	Escala 1:1.000.000 Proyección UTM, husos 29, 30 y 31 Datum ED-50 Formato digital Export (e00) y cobertura de ArcInfo
Hábitats	DGCONA	Escala 1:50.000 Proyección UTM, huso 30 Datum ED-50 Formato digital Export (e00) de ArcInfo
Hidrogeología	Instituto Geológico y Minero de España	Escala 1:1.000.000 Proyección UTM, husos 29, 30 y 31 Datum ED-50 Formato digital Export (e00) y cobertura de ArcInfo
Hidrografía	Servicio Geográfico del Ejército	Escala 1:50.000 y menores Proyección UTM, husos 29, 30 y 31 Datum ED-50
Hidrografía	Instituto Geográfico Nacional	Escala 1:25.000 y menores Proyección UTM, husos 29, 30 y 31 Datum ED-50

Capa	Organismo	Metadatos
Modelo Digital de Elevaciones	Instituto Geográfico Nacional	Escala 1:25.000 y menores Proyección UTM, husos 29, 30 y 31 Datum ED-50; modelo geoidal EGM96
Modelo Digital de Elevaciones	Servicio Geográfico del Ejército	Escala 1:50.000 y menores Proyección UTM, husos 28, 30 y 31 Datum ED-50; modelo geoidal EGM96
Modelo Digital de Elevaciones	Proyecto SRTM (NASA, agencias espaciales alemana e italiana)	Escala 1:350.000 Sin proyectar Datum WGS-84; modelo geoidal EGM96 Formato digital ASCII no estándar
Paisaje: Atlas de los paisajes de España	Ministerio de Medio Ambiente	Escala 1:200.000 Proyección UTM, huso 30 Datum ED-50 Formato digital cobertura de AroInfo
Riesgos de incendios: modelos de combustible	DGCONA	Escala 1:50.000 Proyección UTM, huso 30 Datum ED-50 Formato digital Export (e00) de AroInfo
Series de vegetación potencial de Rivas-Martínez	DGCONA	Escala 1:400.000 Proyección UTM, huso 30 Datum ED-50 Formato digital Shapefile de ArcView
Usos del suelo: Corine Land Cover	Agencia Medioambiental Europea	Escala 1:350.000 Proyección Lambert Azimutal Equal Area Datum ED-50 (asumido) Formato BIL (ráster) y export (e00) de AroInfo (vectorial) Año 1990
Vegetación: Mapa Forestal de España	DGCONA	Escala 1:50.000 Proyección UTM, huso 30 Datum ED-50 Formato digital Export (e00) de AroInfo

## Decisión sobre una escala cartográfica

La selección de una escala cartográfica de trabajo depende de varios factores:

- Existencia de cartografía necesaria a esa escala.
- Recursos económicos disponibles para la adquisición de los mapas, siendo una regla general que el precio aumenta con la escala.
- Recursos temporales disponibles para la realización de los análisis, ya que a mayor escala, el volumen de datos aumenta y, con él, el tiempo de proceso de los ordenadores.
- Capacidad de proceso de los SIGs, existiendo límites reales alcanzables cuando la extensión del territorio y la escala son grandes.

La decisión y selección de una determinada escala de trabajo va a influir en los modelos cartográficos en diversos aspectos:

- Exigencias de calidad de los análisis. Si la escala es reducida, los polígonos o teselas de menor tamaño no pueden ser cartografiados. De forma general, el mínimo polígono inventariable viene definido por la agudeza visual humana, siendo de  $(0,2 \text{ mm} \times E)^2$ , es decir, a escala 1:200.000 son 1.600 m<sup>2</sup>. Si bien es habitual que dicho mínimo se establezca en un valor superior por parte de los creadores de la cartografía, como  $(1 \text{ mm} \times E)^2$ , es decir, a escala 1:200.000, son 40.000 m<sup>2</sup> o 4 ha.
- En principio se parte de que la calidad de los análisis mejora al aumentar la escala, lo que implicaría utilizar la mejor escala disponible en función de los recursos económicos y de los recursos temporales, estando estos últimos limitados por la capacidad de proceso de los ordenadores.

Nuestro equipo ha partido, en un primer momento, de una escala de 1:200.000. Esta elección se ha basado en la experiencia previa que se disponía sobre Planificación Territorial y sobre ciertas etapas de los estudios de Evaluación de Impacto Ambiental, para la cual, a nivel de anteproyecto, la escala más adecuada suele ser de 1:50.000.

A continuación se detalla la información disponible para cada una de las variables consideradas en la Directiva 2001/42/CE (excepto las relativas a la población y el patrimonio cultural, artístico y arqueológico):

1. La biodiversidad se ha analizado a partir de la cartografía y la información correspondiente al Proyecto Hábitat.
2. La flora presenta una variabilidad espacial grande, los límites o zonas de transición entre clases son relativamente claros o poco difusos, las variaciones temporales son considerables y su importancia es grande en cualquier evaluación de impacto ambiental, por lo que se debe disponer de una cartografía de calidad actualizada y a gran escala de esta variable. En España se dispone del Mapa Forestal Español a escala 1:50.000, que se actualiza

cada cierto tiempo y del mapa de cultivos y aprovechamientos a escala 1:50.000 que no se ha actualizado desde su creación, hace varias décadas. En consecuencia, el Mapa Forestal Español cubre las exigencias relativas a la variable vegetación. El mapa de usos del suelo Corine Land Cover (CLC) a escala 1:350.000 se está actualizando cada 10 años y, aunque no presenta una escala suficiente, presenta la ventaja de existir a escala europea, lo que facilita los estudios transfronterizos.

3. La fauna se ha analizado de forma indirecta a partir de la cartografía y la información correspondiente al Proyecto Hábitat. El estudio más detallado de los listados de fauna (y flora) protegida y/o amenazada deberá ser incorporado con posterioridad, debido a la dificultad que tiene la localización de información debidamente contrastada y georreferenciada.
4. El agua puede estudiarse a partir de los ríos, lagos, embalses, marismas, mares, etc., que recogen las bases cartográficas nacionales, que cubren a partir de la escala 1:25.000 este factor que presenta la ventaja de su relativa estabilidad temporal.
5. El aire deberá ser incorporado con posterioridad, debido a la dificultad que tiene la localización de información debidamente contrastada y georreferenciada sobre contaminación y calidad del aire. Además, para la integración de esta variable en la Evaluación Ambiental se precisarán estudios de previsión y localización de incrementos de flujos de tráfico relacionados con el desarrollo del Plan de Infraestructuras.
6. El suelo presenta una variabilidad muy notable, unos límites muy difusos y una gran estabilidad temporal. El mapa edafológico 1:1.000.000 cubre inicialmente esta variable, si bien, los suelos que ocupan zonas de menos de 4 ha no quedan reflejados en dicha cartografía.
7. El paisaje se caracteriza por presentar unos límites muy difusos, una gran estabilidad temporal y sus unidades abarcan extensiones grandes del territorio. El mapa de paisaje a escala 1:200.000 es suficiente para caracterizar la variabilidad territorial del paisaje a escala nacional.
8. Los riesgos de erosión e incendio no aparecen en la Directiva CE/2001/42, sin embargo, consideramos que su inclusión es de gran importancia, al menos en los climas mediterráneos. En este sentido, los mapas de estados erosivos y modelos de combustible a escala 1:50.000 aportarán información para evaluar dichos riesgos.
9. Los espacios protegidos, la geología y las pendientes no están contemplados en la Directiva CE/2001/42, si bien sí influyen en la viabilidad técnica de muchas actuaciones en el territorio, por lo cual han sido incluidas en este inventario.

La escala final de los mapas derivados, cuando las cartografías de partida se encuentran a escalas distintas, es la menor de entre las escalas de partida según algunos autores. Sin embargo, otros autores consideran que este hecho no es del todo correcto. Como ya se ha apuntado, algunas variables del territorio (paisaje, suelos, geología) presentan límites difusos y teselas grandes, lo que implica

que una escala mayor no significa una mayor calidad cartográfica real. Hay autores que entran en la denominada lógica difusa (*fussy logic*) para describir, procesar y analizar estas variables, la cual se basa en el uso de probabilidades para describir la información. Así, la escala final no es la del peor mapa de forma general, sino acotada a las variables más claramente definidas en el territorio, esto es, vegetación, usos del suelo, hidrografía, pendiente. En el presente inventario, dicha escala es 1:350.000, correspondiente a los mapas de usos del suelo y pendientes.

Muchos autores hacen constar la pérdida de escala acaecida en los procesos de análisis cartográfico. Las operaciones que involucran un solo mapa pueden no introducir ningún error (transformaciones vectoriales de proyección y *datum*, unión de hojas como los comandos *merge* o *append*) o introducir nuevos errores (transformaciones ráster de proyección y *datum*, georreferenciación, digitalización, simplificación de las teselas como el comando *dissolve*, generalización cartográfica, unión de hojas con el comando *mapjoin*, etc.). Las operaciones resultantes de la combinación de varios mapas pueden también introducir o no nuevos errores en función de la tolerancia, *fuzzy tolerance* (combinaciones de mapas como los comandos *union*, *intersect*).

En todos los casos, y en primer lugar habrá que conocer o, si no fuera posible, estimar, el error que se añade en la operación realizada y en segundo lugar, conocer o estimar la posible correlación existente entre el error añadido y los errores previamente existentes. El error añadido es posible conocerlo en la mayor parte de las operaciones y, en general, no suele existir correlación entre los nuevos errores y los ya existentes. No existiendo correlación e independientemente de la distribución de los errores, la estadística nos informa de que el error final medio es la raíz cuadrada de la suma de los cuadrados de los errores previos y añadidos,  $e_{\text{final}} = \sqrt{e_{\text{previos}}^2 + e_{\text{añadido}}^2}$ . Suponiendo *binormalidad* de los errores,

cuestión que se puede asumir *a priori* por el Teorema Central del Limite, la precisión final (habitualmente el percentil 95% de la distribución de los errores) sigue la

misma ecuación, esto es,  $p_{\text{final}} = \sqrt{p_{\text{previos}}^2 + p_{\text{añadido}}^2}$ .

Según lo expuesto, y teniendo en cuenta que la escala está íntimamente relacionada con la precisión,  $e_{\text{final}} = 1/e = 0.2 \text{ mm}/e$ , el realizar una generalización cartográfica de la información de partida a la escala final de trabajo conlleva una pérdida final de escala, ya que cuando se realizan las combinaciones de los mapas, la precisión final es menor y, por tanto, la escala también disminuye. En consecuencia, recomendamos no realizar generalizaciones cartográficas y sólo realizar simplificaciones (eliminación de teselas erróneas o *slivers*) a los mapas finales. Además, debido al proceso de transmisión de errores, la escala final real siempre será menor a la del peor mapa de límites definidos.

## Decisión sobre un software o varios

Los posibles requisitos del Sistema de Información Geográfica son:

- Capacidad de realizar todas las operaciones de análisis necesarias.
- Capacidad de realizar dichas operaciones de análisis con mapas muy extensos y escalas relativamente grandes, es decir, con límites de proceso lo menos estrechos que sea posible.

Nuestro equipo ha realizado todos los análisis con varios productos de la misma casa comercial, ESRI (Environmental Systems Research Institute), debido a que es conocido internacionalmente por su capacidad para manejar grandes volúmenes de datos, siendo habitual su uso por organismos nacionales encargados de crear y mantener cartografías de todo un país. Los productos con los que se han realizado ensayos han sido:

- ArcView 3.3: cartografía ráster y vectorial.
- ArcGis 8.3: cartografía ráster y vectorial.
- ArcGis 8.3 + Oracle 9i: cartografía vectorial.

Tanto ArcView como ArcGis utilizan básicamente, el mismo motor de proceso de mapas ráster, por lo que son equivalentes en este aspecto. No se encontraron limitaciones de análisis para este modelo digital cartográfico, si bien ArcView presenta una mayor capacidad de manejo de las bases de datos asociadas a los mapas ráster. Esta limitación de ArcGis 8.3 se prevé que haya sido solventada en su nueva versión 9.0.

Los dos productos manejan un formato de cartografía vectorial llamado Shapefile, siendo el formato nativo y único de ArcView. En ambos programas se encontraron limitaciones de difícil solución en el manejo de este formato. Mientras que ArcGis utiliza el formato nativo Geodatabase, hallándose, nuevamente, grandes limitaciones en las operaciones de análisis. Su solución es igualmente de gran dificultad, si bien este formato evoluciona grandemente con cada versión, siendo esperable en un futuro que dicho formato pueda llegar a ser plenamente operativo.

Otro formato disponible en ArcGis se denomina cobertura, el cual se maneja con un software incorporado, Arc/Info. El software Arc/Info y su formato la cobertura son los que han ganado prestigio internacional por su capacidad de manejo de grandes cartografías. Este formato presenta ciertas limitaciones, por lo que nuestro equipo está investigando cómo solventarlas, siendo los primeros resultados esperanzadores.

Finalmente hay que tener en cuenta que estos Sistemas de Información Geográfica se encuentran muy implantados en las distintas administraciones españolas, lo cual facilita enormemente la integración de los distintos mapas adquiridos y generados.

Se han comenzado investigaciones sobre la operatividad de la combinación SIG + Base de datos corporativa: ArcGis + Oracle, encontrándose graves problemas de análisis debidos al SIG, ya que el formato utilizado en esta combinación es la Geodatabase corporativa, con problemas similares a los de la Geodatabase personal.

Otros SIGs que presentan grandes expectativas son los basados en el Sistema Operativo Linux, Grass y Spring. Dichos SIGs actualmente presentan una suficiente operatividad en el manejo de cartografía ráster, si bien vectorialmente aún no han alcanzado la capacidad del SIG Arc/Info.

### **Decisión sobre un formato digital de almacenamiento**

Hay que seleccionar un formato de los disponibles como estándar para el almacenamiento de la información cartográfica. Dicho formato deberá cumplir las exigencias de operatividad (útil para realizar las operaciones de análisis), gran capacidad (debido a la amplia extensión que abarcan los mapas, ésta no puede presentar grandes limitaciones), versatilidad (facilidad para la posterior exportación y difusión de los resultados). En general, un formato robusto es nativo de un software que también lo es. Como ya se ha descrito, el formato cobertura de Arc/Info ha presentado las mayores capacidades y ventajas, si bien se espera que en el futuro la Geodatabase tanto personal como corporativa puedan ser opciones iguales o mejores a la cobertura. Los formatos ráster no han presentado prácticamente limitaciones, así el formato Grid de ESRI ha resultado plenamente satisfactorio como medio de almacenaje de la información ráster.

### **Decisión sobre un formato digital básico**

Las operaciones cartográficas digitales involucradas en los procesos de evaluación territorial, en general, pueden realizarse en los dos formatos digitales operativos actuales: ráster y vectorial. En términos prácticos es más operativo el uso del formato vectorial cuando la información no presenta una variabilidad territorial continua (flora, fauna, edafología, geología, hidrografía...) y el formato ráster es preferible en el caso contrario (elevaciones, pendientes, contaminación, variables climáticas...). Las variables involucradas en las evaluaciones ambientales son, mayormente, no continuas, por lo que el formato vectorial es aconsejable. En este proyecto, como ya se ha apuntado, se ha tendido a usar el formato vectorial; sin embargo, la integración final de información se ha realizado en ráster debido a los límites encontrados en el manejo vectorial por parte de los SIGs.

### **Decisión sobre un datum**

Actualmente a escala mundial, el datum que presenta una mejor representación de la superficie terrestre es el ITRS-89. Dicho datum presenta escasas diferen-

cias respecto al WGS-84. En Europa, para mejorar la precisión cartográfica, se estableció el datum ETRS89, el cual es equivalente al ITRS89, si bien con una línea paralela de realizaciones (ETRF89, ETRF90...) a las del ITRS89. El organismo europeo encargado de armonizar y guiar las cartografías de los distintos estados miembros (Eurogeographics) recomienda el uso de ETRS89 como el datum estándar en Europa. Otra ventaja añadida es que este mismo organismo ofrece los parámetros de las transformaciones de datum que debe realizar cada país o región para poder lograr una armonización con suficiente precisión para escalas pequeñas y medias (hasta 1: 5.000). Debido a estas razones se considera que este datum es recomendable para cualquier manejo de cartografía en Europa. Nuestro equipo decidió utilizar el datum ETRS89.

### Decisión sobre una proyección

La proyección influye en:

- Veracidad de la forma representada.
- Veracidad de las superficies.
- Veracidad de las longitudes.

Ninguna proyección cartográfica es capaz de obtener una veracidad absoluta para las tres variables, debido a que topológicamente un elipsoide no es desarrollable en una superficie plana, si bien, existen proyecciones que preservan una o varias de las anteriores con gran exactitud. El organismo europeo de cartografía, Eurogeographics, recomienda el uso de la proyección UTM (conforme o veraz en la forma y con gran exactitud en el cálculo de superficies y longitudes) cuando el territorio se extiende dentro de un huso de dicha proyección (sin limitaciones Norte-Sur y máximo de 6 grados de longitud Este-Oeste). Esta proyección se considera hoy en día un estándar para el manejo de cartografía de zonas poco extensas. La España peninsular abarca tres de estos husos, por lo que en principio, no es recomendable su uso a escala nacional.

En este sentido se han investigado las consecuencias de la aplicación del llamado huso 30 extendido, o proyección de toda la península y Baleares en el huso 30. Para ello se han analizado 11.380 líneas correspondientes a la red de carreteras española en el año 2000, y 3.090 polígonos del mapa de edafología de la FAO (tabla 1), proyectando y calculando longitudes y áreas de todas las entidades en los husos 29, 30, 31 y 30 extendido. Los valores obtenidos en los husos 29, 30 y 31 se tomaron como reales, ya que la proyección UTM, dentro de su huso, permite calcular longitudes y superficies con una precisión mejor que  $\pm 0,5\%$  (al 95% de confianza). Los valores obtenidos en el huso 30 extendido se compararon con éstos y se obtuvo una precisión de  $\pm 0,9\%$  para las superficies y  $\pm 0,3\%$  para las longitudes (al 95% de confianza).

En base a estos resultados se han explorado otras posibilidades. Así, Eurogeographics recomienda el uso de otras dos proyecciones para territorios exten-

sos dentro de Europa, dependiendo del fin de la cartografía. Así aconseja el empleo de la proyección Lambert Conformal Conic (LCC) para la representación visual del territorio, ya que dicha proyección es conforme y mantiene las formas reales. La segunda recomendación es la proyección Lambert Azimuthal Equal Area (LAEA) con el fin de medir superficies, por ser una proyección equivalente. Nuestro equipo ha investigado los errores longitudinales y superficiales que acontecen en España para ambas proyecciones, siguiendo la metodología descrita en los análisis realizados para la proyección UTM huso 30 extendido. Los resultados se exponen en la tabla 2.

TABLA 2

Errores longitudinales y superficiales que acontecen en España para ambas proyecciones, siguiendo la metodología descrita en los análisis realizados para la proyección UTM huso 30 extendido

Precisión al 95%	UTM 30 extendido	LAEA	LCC
Longitud	±0,27%	±0,88%	±2,60%
Superficie	±0,84%	±0,23%	±5,32%

A la vista de estos resultados, tanto la proyección UTM huso 30 extendido como la LAEA son opciones válidas, siendo la primera idónea para análisis longitudinales y la segunda óptima para análisis superficiales. Una desventaja de la proyección UTM es que la precisión disminuye al alejamos del centro de la proyección, es decir, para países mayores que España o análisis de varios países, esta proyección podría no ser suficientemente precisa. Por el contrario, la proyección LAEA usada está diseñada para toda Europa, y sus mayores errores acontecen cuando nos alejamos del centro de la proyección, *sito* en el centro de Europa, como España se encuentra en la periferia, la precisión aquí calculada es muy inferior a la que resultaría de un análisis del conjunto de toda Europa. Así, esta proyección resulta idónea para el conjunto de Europa y suficientemente precisa para sus países miembros por separado. En base a todo lo expuesto, en el presente trabajo se ha seleccionado la proyección LAEA.

### Cambios de formato cartográfico

En todo proceso de integración de información digital cartográfica, un procedimiento común necesario es la necesidad de cambiar el formato digital desde el original (tal y como lo entrega el organismo difusor) al formato seleccionado como estándar. En general, los SIGs actuales disponen de un gran conjunto de herramientas para el cambio de formato digital de los mapas. Los SIGs evaluados

no han mostrado ninguna limitación técnica a la hora de realizar dichas transformaciones.

Por otra parte, suele ser habitual que en los procesos de análisis, se necesite realizar cambios de formato entre los tipos básicos (ráster, vectorial, TIN). Dichos procesos están integrados en cualquier SIG actual, aunque existen limitaciones debidas a que conllevan una modificación interna de la estructura de la información. La transformación más habitual y útil consiste en la "rasterización" de mapas vectoriales. Dicha transformación no ha presentado ninguna limitación para los formatos Shapefile o Geodatabase, pero sí se han presentado en la cobertura. Sin embargo estos problemas se solventan de forma sencilla con un algoritmo recursivo fácilmente programable.

En el ensayo realizado, buena parte de la información se encontraba en los formatos nativos de los SIGs utilizados en nuestro estudio:

- Formato export de Arc/Info (MFE, espacios protegidos, Corine Soils).
- Formato cobertura de Arc/Info (versión vectorial del CLC90, paisaje, edafología).

El resto de la cartografía se encontraba en otros formatos, que tuvieron que ser transformados:

- Formato BIL (*Band Interleaved by Line*) (modelo digital de elevaciones SRTM y CLC versión ráster).
- Formatos ASCII no estándar.

### Integración de hojas de un mismo mapa

En cartografía impresa es habitual la fragmentación del territorio en zonas más pequeñas, hojas, para permitir una elaboración, manejo y difusión de la información más sencillas. En cartografía digital esta forma de trabajo no es necesaria, si bien también es común la existencia de cartografías desglosadas por hojas. El manejo de cartografías digitales por hojas no es operativo, por lo que existen unos procesos de integración de las hojas en una sola capa o mapa.

En los SIGs evaluados, los procesos de integración fueron exitosos en todos los casos (el Mapa Forestal Español y el mapa de modelos de combustible constan de más de 1.000 hojas), si bien Arc/Info presenta la ventaja de disponer de algoritmos de integración más potentes. Este SIG presentó una limitación en uno de sus procesos, que fue solventada fácilmente a través de programación.

### Cambios de datum

Los datums presentes en las cartografías originales son el ED-50 y el WGS-84, siendo el datum final seleccionado el ETRS-89, lo que implica la transformación

del *datum* de los mapas. La transformación desde el WGS-84 al ETRS-89 no es necesaria a escalas menores a 1:5.000 debido a que sus diferencias están por debajo del metro (*Institut Géographique National*, IGN francés). El paso de ED-50 a ETRS-89 sí es necesario, ya que sus diferencias son del orden de 200 metros y, por tanto, no despreciables más que a escalas menores a 1:2.000.000.

El cambio de *datum* se realiza a través de ecuaciones matemáticas, existiendo varios métodos más o menos precisos (*Molodensky*, *Helmert*, *Bursa-Wolf...*), cuyos parámetros varían en función del país o región. Como ya se ha apuntado, Eurogeographics ofrece los parámetros más adecuados para realizar las transformaciones. Para España se dispone de los valores usados por los métodos Molodensky y Helmert, siendo el segundo de mayor precisión. Hay que apuntar que si dicha transformación se realiza en ráster, se introducen errores añadidos aparte de los inherentes al cambio de *datum*; sin embargo, esto no ocurre en vectorial, por esta razón todas las transformaciones se realizaron en este segundo formato básico.

De los SIGs evaluados, ninguno contempla internamente la transformación Helmert de siete parámetros válida para la Península y Baleares. ArcView no admite la especificación manual de los parámetros de transformación, por lo que no es posible la realización del cambio de forma apropiada. ArcGis y Arc/Info sí permiten la entrada manual de los valores y, en general, realizan las transformaciones satisfactoriamente.

### Cambios de proyección

Las cartografías originales se encuentran en una variedad de proyecciones (UTM, LAEA con definiciones antiguas y sin proyectar), las cuales hay que convertir en la proyección seleccionada, LAEA, tal y como define Eurogeographics. Los cambios de proyección no involucran la introducción de errores, salvo si se realizan sobre mapas ráster, por lo que nuevamente se realizaron las transformaciones en vectorial.

El conjunto de SIGs evaluados incorporan las ecuaciones necesarias para llevar a cabo los cambios de proyección contemplados aquí; sin embargo, ArcGis y Arc/Info presentan diferencias en la proyección LAEA, ya que el primero admite elipsoides en su uso, mientras que el segundo sólo admite esferas. En principio esto no genera problemas porque la definición de la LAEA para Europa que se ha empleado es esférica; sin embargo, los mapas proyectados en ambos programas usando los mismos parámetros dan resultados distintos. La razón es que ArcGis 8.3 aparentemente acepta el uso de una LAEA esférica, si bien en la práctica asume un elipsoide. Finalmente se descubrió que este problema puede solventarse definiendo una esfera como *datum* antes de la transformación. Los programas evaluados no han presentado limitaciones en la transformación de la cartografía ensayada.

### Cambios de escala: generalización cartográfica

En primer lugar, hay que apuntar que no es posible la realización de un cambio de escala desde una dada a otra mayor de forma automática, ya que dicho proceso implica la mejora de la precisión cartográfica de las entidades existentes y la generación de nuevas entidades cartografiables a una escala mayor; este proceso implica una nueva creación de la cartografía. Sin embargo, el proceso de generalización cartográfica, no es necesario habitualmente para los mapas en formato ráster, ya que ocurre de forma inherente en el proceso de rasterización: cuando se rasteriza una capa vectorial en una ráster, siempre que se defina una resolución o tamaño de píxel mayor a la correspondiente a la escala original. Si fuera necesaria, ésta se realiza a través de los comandos que modifican la resolución (*aggregate*).

Cuando se maneja la información geográfica en formato vectorial, sí es aconsejable la realización de la simplificación cartográfica con el fin de facilitar los posteriores procesos de análisis y evitar la existencia de entidades no cartografiables en los mapas resultantes. Según lo apuntado al tratar el tema de la transmisión de errores, las escalas resultantes de las generalizaciones previas a los procesos de análisis no deben ser las de la escala final, sino menores (caso contrario, la degradación de escala que ocurre con los análisis resultarían en una escala final menor a la esperada); sin embargo, la escala resultante de la generalización efectuada sobre los mapas finales sí debe ser la escala final.

Los SIGs evaluados permiten llevar a cabo de forma automática los procesos más importantes involucrados en el cambio de escala o generalización cartográfica:

- Eliminación de vértices de líneas y polígonos no necesarios debidos a la menor precisión necesaria a la nueva escala (algoritmos como el *Pointremove* o *Douglas-Peucker* y el *Bendsimplify* disponibles con el comando *generalize*).
- Eliminación de polígonos cuya superficie es menor al mínimo polígono cartografiable a la nueva escala (comando *eliminate*).

Para el proceso de *Screening* de una EAE de un Plan de Infraestructuras, que se ha desarrollado en García-Montero et al. (2005), no se han realizado simplificaciones previas con el fin de no degradar la calidad de la información con vistas a la realización de ensayos futuros de EAE. Los mapas finales generados en este proceso de *screening* fueron generalizados en la rasterización de la información. Se han realizado ensayos con los distintos SIGs, comprobándose que todos permiten la realización de las simplificaciones de forma satisfactoria, si bien nuevamente Arc/Info resultó ser el software más eficiente.

### Obtención de 12 variables para desarrollar un modelo de Calidad Natural nacional

La Directiva 2001/42/CE establece que para desarrollar un Informe Ambiental con documentación pertinente y adecuada, que permita realizar una predicción de impactos y efectos significativos sobre al menos 15 elementos del medio: *biodiversidad, población, salud humana, fauna, flora, tierra, agua, aire, clima, bienes materiales, patrimonio cultural, arquitectónico y arqueológico, paisaje e interrelación entre factores*. En base a este objetivo y en función de la información ambiental disponible a escala nacional, se han seleccionado 5 mapas para constituir la base metodológica del modelo de Calidad Natural de España: Mapa de Usos del Suelo Corine Land Cover, Mapa Forestal Español, Mapa de Suelos, Mapa de Paisajes y Mapa de Hábitats. Además se ha incorporado una cartografía completa de todas las figuras de protección nacionales, autonómicas, comunitarias e internacionales. A partir de estos 6 mapas se han valorado la calidad natural de los siguientes elementos del medio:

- La biodiversidad, algunas interrelaciones ecológicas y la fauna se ha analizado y valorado a partir del mapa de Hábitats y del Mapa de Espacios Protegidos.
- La flora y la vegetación se ha valorado a partir del Mapa Forestal Español y el Mapa Corine Land Cover.
- El agua, la población, los bienes materiales y algunas interrelaciones entre factores antrópicos y naturales se han valorado a partir del Mapa de Usos del Suelo Corine Land Cover.
- El suelo y el paisaje se han valorado a partir de sus mapas correspondientes.
- El aire, el clima, la salud humana, el patrimonio cultural, arquitectónico y arqueológico, y otras interrelaciones entre factores no han sido incluidas en esta primera fase de valoración de la Calidad Natural de España, debido a la dificultad para disponer de información cartográfica a escala nacional de estos elementos.

A continuación, en los los 5 mapas de partida (Usos del Suelo Corine Land Cover, Forestal, Suelos, Paisajes y Hábitats) se ha desarrollado una desagregación en diferentes variables que se han valorado en función de su calidad natural. Para ello se ha seguido el concepto de "Calidad" descrito anteriormente y propuesto por Ramos (1978). Este procedimiento de desagregación en variables de los 5 mapas de partida y la valoración de su calidad ha permitido obtener 12 mapas que recogen por separado una primera valoración de la calidad natural a escala nacional, que se resumen de la siguiente manera:

1. Mapa con una valoración de la naturalidad de las 50 unidades del Mapa de Usos del Suelo Land Cover Corine, que se ha realizado mediante una clasificación de panel de expertos.

2. Mapa con una valoración de la singularidad de las 50 unidades del Mapa de Usos del Suelo Land Cover Corine, que se ha realizado mediante una clasificación objetiva calculada mediante el SIG.
3. Mapa con una valoración de la naturalidad de las unidades del Mapa de Hábitats que se ha realizado mediante una clasificación de los expertos que han generado el mapa original.
4. Mapa con una valoración de la singularidad de las unidades del Mapa de Hábitats, que se ha realizado mediante una clasificación objetiva calculada mediante el SIG.
5. Mapa con una valoración de la fragmentación de las unidades del Mapa de Hábitats, que se ha realizado mediante una clasificación objetiva calculada mediante el SIG.
6. Mapa con una valoración de las unidades del Mapa de Paisaje, que se ha realizado mediante una clasificación de panel de expertos.
7. Mapa con una valoración de la singularidad de las unidades del Mapa de Paisaje, que se ha realizado mediante una clasificación objetiva calculada mediante el SIG.
8. Mapa con una valoración de las unidades del Mapa de Suelos, que se ha realizado mediante una clasificación de panel de expertos.
9. Mapa con una valoración de la singularidad de las unidades del Mapa de Suelos, que se ha realizado mediante una clasificación objetiva calculada mediante el SIG.
10. Mapa con una valoración objetiva de la cobertura total de la vegetación calculada a partir de la integración del Mapa Forestal Español y del Mapa de Usos del Suelo Land Cover Corine, que se ha realizado con ayuda de la herramienta SIG.
11. Mapa con una valoración objetiva de la cobertura total de los bosques calculada a partir de la integración del Mapa Forestal Español y del Mapa de Usos del Suelo Land Cover Corine, que se ha realizado con ayuda de la herramienta SIG.
12. Mapa con una valoración de la fragmentación de los bosques calculada a partir de la integración del Mapa Forestal Español y del Mapa de Usos del Suelo Land Cover Corine, que se ha realizado mediante una clasificación objetiva calculada mediante el SIG.

### **Modelos de valoración de variables mediante paneles de expertos**

Se ha realizado una valoración de 4 variables mediante paneles de expertos, siguiendo las siguientes metodologías:

1. Se ha valorado y generado un mapa que expresa la naturalidad de las unidades del Mapa ráster de Usos del Suelo Land Cover Corine. Para ello se ha utilizado la leyenda del Proyecto Corine que consta de 50 unidades para toda Europa. La interpretación de la naturalidad de las diferentes unidades

se ha obtenido siguiendo las clasificaciones jerárquicas de esta leyenda y recurriendo a un panel de 3 expertos de la ETSI de Montes de Madrid.

2. Se ha generado un mapa que expresa la naturalidad de las unidades del Mapa de Hábitats. Esta valoración se ha obtenido rasterizando los polígonos del mapa vectorial original utilizando un campo que contiene una escala de naturalidad (1 a 3). Los valores de naturalidad de este campo habían sido asignados por los expertos que habían participado en el Proyecto Europeo Hábitat.
3. Se ha valorado y generado un mapa que expresa el valor visual global de las unidades del Mapa de Paisaje. Para ello se ha utilizado la leyenda del mapa publicada por el Ministerio de Medio Ambiente. La interpretación del valor visual global para los observadores potenciales de las diferentes unidades se ha obtenido siguiendo un panel de 3 expertos de la ETSI de Montes de Madrid.
4. Se ha valorado y generado un mapa que expresa el valor global de las unidades del Mapa de Suelos. Para ello se ha utilizado la leyenda de esta cartografía edafológica y se valorado de forma integrada la capacidad productiva, la naturalidad y la rareza de los suelos existentes. La interpretación de esta valoración global ha seguido las clasificaciones jerárquicas de la taxonomía de suelos de la FAO y se ha recurrido además a una encuesta especializada de un panel de 5 expertos del Departamento de Edafología de la Universidad Complutense de Madrid.

### **Modelos de valoración objetiva de algunas variables según la información original disponible**

Se ha realizado una valoración objetiva de 2 variables mediante la información original disponible de algunas variables, siguiendo las siguientes metodologías:

1. En el caso del estudio y valoración de las coberturas totales de la vegetación a escala nacional, se ha recurrido a los datos del inventario de coberturas que están incorporados en el Mapa Forestal Español. Estas coberturas vienen expresadas como porcentaje de fracción de cabida cubierta. En aquellas zonas que había una carencia de información, se ha utilizado el Mapa de Usos del Suelo Land Cover Corine, en cuya leyenda se proporciona una estimación de la cobertura mínima y máxima de la vegetación para las diferentes unidades de Corine. En este último caso se ha asignado el valor promedio de cobertura para cada tipo de unidad.
2. En el caso del estudio y valoración de las coberturas de los bosques a escala nacional, se ha seguido el anterior procedimiento descrito para el Mapa Forestal Español y el Mapa de Usos del Suelo Land Cover Corine. Para asignar la categoría de bosques se ha seguido el criterio utilizado en estas cartografías, que consideran un umbral mínimo del 30% de fracción de cabida cubierta de arbolado mayor de 5 m de altura.

### **Modelos de valoración objetiva de algunas variables utilizando SIG: cálculo de la singularidad territorial**

Se ha realizado una valoración de la singularidad territorial de las unidades del Mapa de Hábitats, del Mapa de Usos del Suelo Land Cover Corine, del Mapa de Paisaje y del Mapa de Suelos, que se ha realizado mediante una clasificación objetiva calculada mediante SIG. Con la valoración de la singularidad territorial se busca la mayor valoración de aquellas clases menos representadas en el territorio, con el objetivo de proteger la diversidad de estas variables. Para ello se ha aplicado el siguiente índice de singularidad:

$$S = \text{Ln} \left( \left( 1 - \left( \frac{\text{Max} - x}{\text{Max} - \text{Min}} \right) \right) \times 100 + 1 \right)$$

La singularidad se ha evaluado en una escala logarítmica inversamente proporcional a la superficie de la clase. Se realiza de forma inversamente proporcional para lograr el objetivo de maximizar la valoración de las clases de menor superficie, y se optó por una escala logarítmica con el fin de equilibrar las proporciones en vistas a una clasificación satisfactoria. Así, la clase que ocupa la mayor superficie obtendrá el menor valor de singularidad (cero) y la de menor superficie, el mayor valor (4,62). Esta escala continua se discretiza en cinco clases o valores que se obtienen redondeando al entero superior. El resultado obtenido se ha chequeado a través de la función de distribución superficial de las cinco clases de singularidad, de tal forma que todas las clases presenten una superficie significativa para los futuros procesos de evaluación ambiental de un Plan.

En el caso del Mapa de Usos del Suelo Corine Land Cover se ha realizado un doble análisis de la singularidad: por un lado, se ha estimado la singularidad relativa a la España peninsular y Baleares, que constituye la escala principal de singularidad; y esta escala se ha matizado respecto a Europa, utilizándose un segundo cálculo de la singularidad como modulador de la principal, que se ha aplicado en aquellas unidades cuya presencia en Europa se concentra en la Península Ibérica (más del 40%). Así se logra el objetivo de sobrevalorar la singularidad de aquellas unidades que son muy escasas en el conjunto de Europa, independientemente de su abundancia en España.

### **Modelos de valoración objetiva de algunas variables utilizando SIG: cálculo de la fragmentación de unidades**

Se ha realizado una valoración objetiva de 2 variables mediante un análisis con SIG de sus unidades, siguiendo una metodología basada en los siguientes pasos:

1. Se ha realizado una valoración mediante un cálculo de la fragmentación de los bosques (definidos anteriormente en el Mapa Forestal Español y Mapa de Usos del Suelo Land Cover Corine como unidades con un umbral mínimo del 30% de fracción de cabida cubierta de árbolado mayor de 5 m de altura), que se ha realizado mediante una clasificación objetiva calculada mediante el SIG. También se ha realizado una valoración de las unidades del Mapa de Hábitats.
2. En ambos casos se ha calculado la superficie de cada uno de los polígonos existentes en la España peninsular y Baleares, con el fin de valorar positivamente los polígonos de mayor superficie para cada clase, de tal forma que se preserven los fragmentos más valiosos de cada tipología, favoreciéndose así la conservación de toda la biodiversidad posible.
3. La valoración se ha realizado asignando una escala de cuatro valores correspondientes con los cuatro cuartiles de la distribución de superficies (provisionalmente se ha asumido la normalidad de las distribuciones gracias al Teorema Central del Límite, por lo que el cuarto cuartil coincidiría con la media más 0,67 desviaciones típicas), asignándose el mayor valor de la variable "fragmentación" a los polígonos del cuarto cuartil de la distribución de superficies, correspondientes a los de mayor tamaño.

### **Integración cartográfica de variables para generar un modelo de valoración de la Calidad Natural nacional: integración de 12 mapas de variables valoradas**

En los apartados anteriores se han valorado por separado 12 variables del medio natural a escala nacional. A partir de esta información, se precisa crear un modelo que genere un mapa sintético de valoración de la Calidad Natural de la España peninsular y Baleares. El procedimiento ha comenzado con la combinación de los 12 mapas ráster correspondiente a las 12 variables valoradas, que se han integrado en un mapa ráster sintético, en el cual cada *pixel* de 100 m de resolución contiene un vector con las 12 variables valoradas correspondientes a dicha cuadrícula.

### **Normalización de las 12 variables valoradas**

Previamente a la integración de las 12 variables valoradas, se ha procedido a su normalización para evitar la existencia de ponderaciones solapadas. La normalización ha consistido en un cambio de la escala de valoración original de cada variable, a una escala final común para todas las variables. En este estudio se ha decidido utilizar la escala continua 0-1. La normalización se ha realizado a través de una ecuación matemática que realiza el cambio de escala. La fórmula a aplicar depende del tipo de escala original, pudiendo ser ésta discreta o conti-

na. La fórmula de conversión de escalas discretas a una continua (0-1) es la siguiente:

$$X_n = \left( \frac{x - 0,5}{Máx} \right)$$

Esta fórmula ha sido validada para escalas discretas de números enteros desde uno al número de clases, siendo éstas equidistantes. Por otra parte, la ecuación de transformación de una escala continua a otra normalizada continua (0-1) es:

$$X_n = \left( \frac{x - Mín}{Máx - Mín} \right)$$

#### Modelo de integración matemática de las 12 variables valoradas en un índice de Calidad Natural sintético para la Península Ibérica

Los posibles métodos para integrar distintas variables en un valor compendio se basan en la Evaluación Multicriterio, herramienta de la Teoría de la Decisión. Estos métodos utilizan fórmulas matemáticas para resumir los valores existentes según varios criterios o variables en un valor final, lo que permite su clasificación en función del modelo matemático empleado. En el presente trabajo se han considerado varias posibilidades:

- Suma lineal: suma de los valores individuales  $v = v_1^2 + v_2^2$ .
- Producto lineal: producto de los valores individuales  $v = v_1 \times v_2$ .
- Suma de cuadrados: suma de los cuadrados de los valores individuales.
- Distancia euclídea: distancia lineal:  $v = \sqrt{v_1^2 + v_2^2}$ .

Otro factor que se ha incorporado al método de clasificación se ha establecido en función de la forma de valorar:

- Desde el origen: el valor indica la mayor o menor excelencia de esa variable, en función de su distancia al valor mínimo de la escala de valoración obtenida.
- Hasta el punto ideal: el valor indica la mayor o menor cercanía al denominado punto ideal, o máximo valor que puede tomar la variable.

Para seleccionar el mejor modelo en función del objetivo del mismo, se han generado varias gráficas de comparación para los modelos más importantes (figura 1). Estas gráficas nos muestran cómo quedaría clasificado el territorio en función de los valores para las distintas variables. Las líneas de división entre las

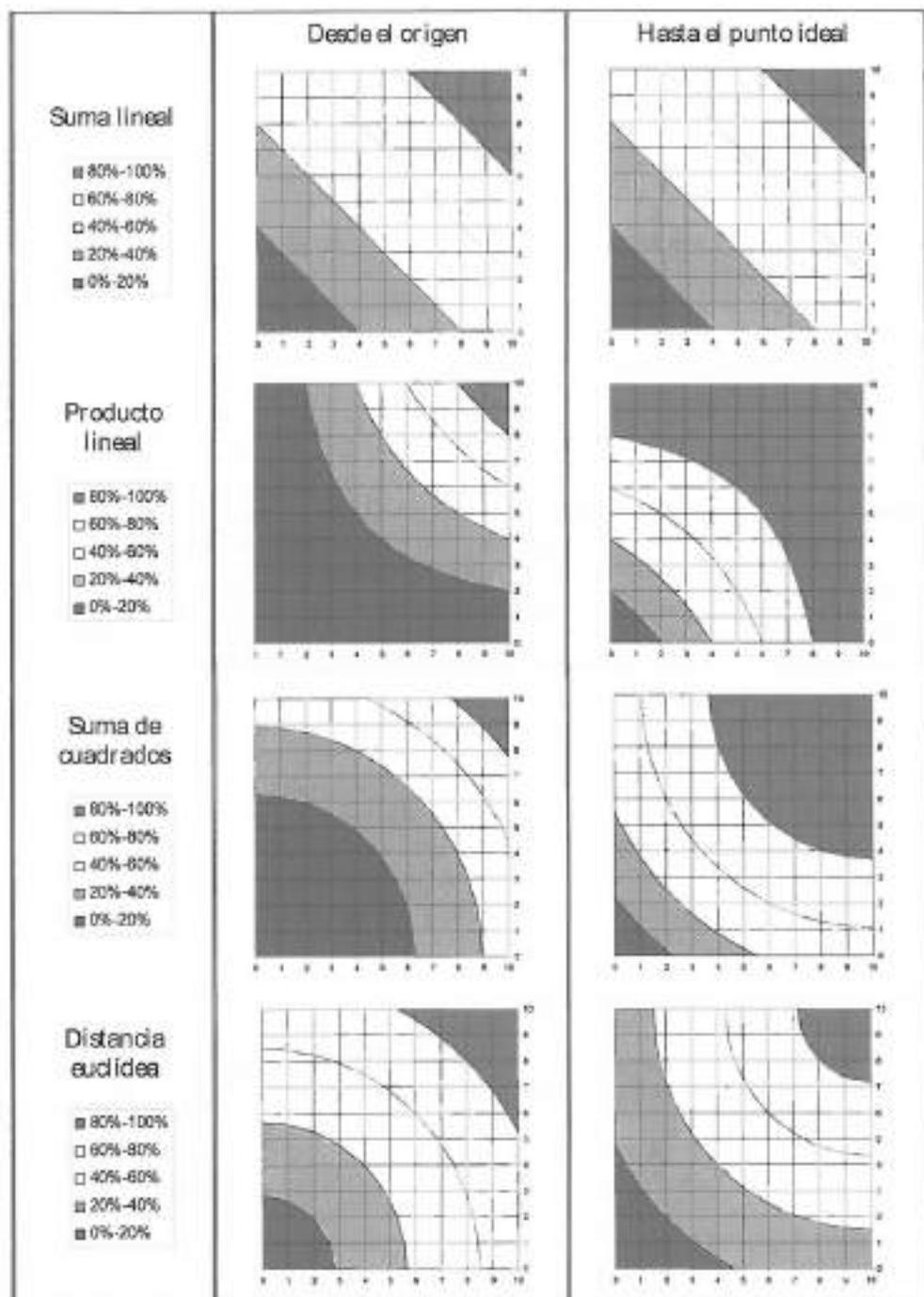


Figura 1. Gráficas de comparación entre modelos de valoración de la calidad natural.

clases nos indican los valores cuya integración final es equivalente, por lo que se podrían denominar iso-calidades.

La decisión sobre qué modelo de valoración se utilizaría, se realizó por consenso de cuatro doctores pertenecientes al grupo de investigación basándose en los siguientes factores:

- Se buscaba un modelo positivista, es decir, que valorase todos los aspectos del medio de tal forma que cuando alguno destacara (valor alto), el valor integrado también fuese alto.
- El fin del modelo es clasificar el territorio en varios niveles de calidad discretos, descartando un modelo de valores continuos.

La primera premisa ha descartado los modelos basados en la suma lineal, ya que como ejemplo: dos puntos del territorio con valores correspondientes a dos variables únicamente (10,0) y (5,5), la suma lineal de los componentes vectoriales de ambos vectores darían un mismo valor integrado (10), y ambos puntos quedarían clasificados con la misma Calidad Natural (10,0) = (5,5). Sin embargo, según el criterio positivista anteriormente citado, se pretende que el modelo de valoración de la Calidad Natural sea capaz de destacar aquellos puntos territoriales cuyos vectores contienen un valor elevado en alguna de sus variables, de forma que (10,0) > (5,5).

Por la misma razón, el modelo "multiplicativo" desde el "origen", y los modelos "suma de cuadrados" y "distancia euclídea" hasta el "punto ideal" quedan descartados (figura 1). Para explicarlo se puede aplicar el anterior ejemplo de vectores de 2 componentes que representan a cada punto territorial. En los 3 modelos anteriores el vector (10,0) tendría una calidad natural equivalente al vector (3,3) aproximadamente, por lo que se vería exagerado el efecto comentado anteriormente, que igualaría la Calidad Natural de los puntos territoriales cuyos vectores fuesen (10,0) = (3,3).

De los tres modelos restantes, la segunda premisa permite seleccionar el modelo "distancia euclídea desde el origen" (figura 1), ya que es el modelo más útil para lograr una clasificación constituida por clases equivalentes. Mientras que el modelo "producto lineal hasta el punto ideal" resulta muy proteccionista, generando muchas clases de calidad natural alta y pocas clases de calidad natural baja, lo que implica que la calidad natural media presentaría valores bajos de calidad para cada una de las variables. El modelo "suma de cuadrados desde el origen" es contrario al anterior, resultando poco proteccionista (este modelo es probablemente el óptimo si el fin fuera la obtención de una clasificación territorial continua de valores de Calidad Natural).

Una vez decidido el modelo matemático de integración que se iba a aplicar "la distancia euclídea de cada vector desde el origen, en un espacio 12-dimensional", se ha procedido a su aplicación. Esta aplicación se puede resumir como "el cálculo de todos los módulos de los vectores de 12 componentes" para cada cuadrícula de una ha de la Península y Baleares. Además, este valor de la distancia euclídea de cada punto (módulo del vector) también ha quedado normalizado entre 0 y 1.

En definitiva, en cada píxel de 1 ha se ha asignado un valor entre 0 y 1, que sustituye al vector inicial de 12 componentes y representa la valoración normalizada de su Calidad Natural. El último paso ha sido clasificar los módulos o distancias euclídeas obtenidas en cada cuadrícula en 5 clases equidistantes de Calidad Natural dentro del rango existente. Rango que ha quedado definido por los valores correspondientes a los vectores de mínima y máxima calidad.

### **Chequeo del Mapa de 5 clases de Calidad Natural de España peninsular y Baleares**

Se ha realizado un chequeo de la bondad o ajuste con la realidad del mapa de Calidad de 5 clases, mediante una comprobación que ha integrado este mapa de Calidad con el Mapa de las Figuras de Protección nacionales, autonómicas, comunitarias e internacionales. El objetivo ha sido comprobar si dentro de los espacios protegidos existe una distribución de valores de Calidad Natural significativamente más elevados que en el exterior de estos espacios protegidos. Para ello se ha aplicado una tabla de contingencia con el correspondiente test de la chi cuadrado, que ha permitido analizar si existe una distribución estadísticamente significativa de cuadrículas con mayor Calidad Natural en el interior de los espacios protegidos de España.

## **Resultados y discusión**

El desarrollo de una Evaluación Ambiental de un Plan de Infraestructuras en España como el PEIT 2005-2020, presenta varios problemas metodológicos. Así, García-Montero *et al.* (2005) describen el debate conceptual que dificulta la existencia de un método unificado para las EAE. Sin embargo, en este tipo de evaluaciones ambientales se puede generalizar el principio que propone Otero *et al.* (1999), que indican que las evaluaciones ambientales se deben dirigir hacia los impactos que *a priori* se consideren más importantes. Así, la filosofía común de actuación debería ser *"realizar el mayor esfuerzo posible en los problemas más significativos"*, lo cual se deberá reflejar tanto en la fase de inventario del medio como en los resultados globales de la evaluación ambiental.

En esta línea de análisis y para identificar que aspectos de una evaluación pueden resultar más significativos, las EAE se deben preparar con una información ambiental adecuada y con unas características técnicas muy exigentes. Sin embargo estos requerimientos contrastan con la disponibilidad real de información ambiental de España. Además, la valoración del medio natural de nuestro país debe integrar y resolver su enorme biodiversidad, singularidad y riqueza ambiental, que queda reflejada en el elevado porcentaje de figuras de protección del territorio.

En base a estos antecedentes, la Evaluación Ambiental de un Plan de Infraestructuras a escala nacional necesita un protocolo metodológico que valore el

medio natural de España de manera rápida, sencilla y robusta. El objetivo de rapidez en estas Evaluaciones es una propiedad fundamental, porque favorece su incorporación al proceso de planificación y definición del Plan, tal y como prescribe la Directiva 2001/CE/42. En el presente trabajo, y para conseguir que el modelo de valoración responda a los objetivos de sencillez y rapidez, se ha utilizado la información ambiental ya existente a nivel nacional en formato digital. Esta información ambiental, así como los procedimientos de su valoración, se han desarrollado utilizando sistemas SIG con una escala y unos niveles de detalle adecuados, con el objetivo de localizar zonas y pasillos ambientales críticos en el territorio español, que deberán ser considerados y resueltos en el propio proceso planificador del correspondiente Plan de Infraestructuras.

Otro objetivo del modelo de valoración del medio natural español es que su metodología debe ser robusta, es decir este modelo debe discriminar con claridad las situaciones extremas, tanto de las zonas que presentan un valor natural bajo como de aquellas áreas que tienen un elevado valor. Este objetivo busca nuevamente facilitar el proceso de planificación de las infraestructuras, porque las zonas de valor natural extremo permitirán identificar con eficacia los pasillos del Plan que presentarán unos umbrales de impacto ambiental elevados, que deberán ser evitados, frente a los pasillos con un impacto potencial mínimo, que deberán ser favorecidos por el Plan.

Una vez establecidos los objetivos del modelo de valoración del medio natural español (sencillo, rápido y robusto), hay que seleccionar uno o varios criterios para valorar. Para ello se puede partir de los principios e indicaciones de la política ambiental comunitaria, que *"pretende conservar y mejorar la calidad del medio ambiente, proteger la salud y utilizar de forma prudente y racional los recursos naturales, según el "principio de cautela" y con el objetivo de fomentar un "desarrollo sostenible"* (arts. 6 y 174 del Tratado de la UE; Oñate et al., 2002). Este planteamiento se refuerza con el Convenio sobre la Diversidad Biológica, que propone *"integrar la conservación y el uso sostenible de la biodiversidad en los diferentes Planes y Programas"*. En relación a estos principios europeos, Partidario (2000) matiza la definición mayoritariamente adoptada en la UE y propone que *"la EAE es un proceso sistemático, continuo, para la evaluación, en la etapa más adecuada y temprana de un proceso público de toma de decisiones, de la calidad medioambiental y las consecuencias de visiones alternativas e intenciones de desarrollo incorporadas en políticas, planes y programas, asegurando la plena integración de consideraciones biofísicas, económicas, sociales y políticas"*.

Este conjunto de principios y propuestas comunitarias permiten destacar como criterios de valoración ambiental: la *"conservación de la biodiversidad y la preservación de la calidad ambiental"*, que se constituyen, por tanto, en dos elementos prioritarios dentro de un procedimiento de EAE. Ambos criterios deben afectar, por tanto, a la fase de inventario del medio y al diseño de modelos de evaluación de impactos ambientales. En este sentido, Ramos (1987) propone una metodología que permite incorporar los principios de conservación de la biodiversidad y preservación de la calidad ambiental en los procedimientos de evaluación ambiental y planificación territorial. Para ello este autor define y aplica una carto-

grafía de la "Calidad Natural" de cada zona de estudio, como el punto de partida de la evaluación ambiental de una actividad o plan. Esta cartografía utilizaría un concepto de Calidad Natural que se explica como el "grado de excelencia o mérito para que la esencia y estructura del medio o de alguno de sus elementos, se conserve". La modalidad con la cual esta Calidad Natural se reconoce en un territorio se basa en la generación de modelos que comparen de forma relativa las unidades básicas territoriales consideradas, en función de los atributos o variables naturales existentes en cada una de ellas. En función de los objetivos descritos y siguiendo el criterio de Calidad Natural de A. Ramos, se ha desarrollado un primer mapa de Calidad Natural de España constituido por 5 clases de Calidad valorada en términos relativos para cada cuadrícula de 1 ha.

La Directiva 2001/42/CE establece que una EAE debe evaluar al menos 15 elementos del medio (*biodiversidad, población, salud humana, fauna, flora, tierra, agua, aire, clima, bienes materiales, patrimonio cultural, arquitectónico y arqueológico, paisaje e interrelación entre factores*). Por ello, y para recoger el mayor número de variables posibles en función de la información ambiental disponible a escala nacional, la valoración la Calidad Natural ha partido de los mapas de Usos del Suelo Corine Land Cover, Forestal Español, Suelos de la FAO, Paisajes y Hábitats de España. Además se ha incorporado una cartografía completa de todas las figuras de protección territorial. A partir de esta cartografía inicial se han obtenido 12 variables valoradas en relación a su Calidad Natural (33% mediante panel de expertos y 66% mediante cálculos objetivos) para cada cuadrícula de 1 ha a escala nacional (salvo en el archipiélago canario).

A partir de las 12 variables naturales cartografiadas y valoradas, se ha aplicado un modelo de integración vectorial que ha proporcionado un total de 102.240 combinaciones de las 12 variables o vectores diferentes, que se distribuyen en las 49.858.044 de cuadrículas de 100 m (correspondientes a una hectárea) que existen en la España peninsular y Baleares. A continuación se ha generado un modelo (módulo del vector o distancia euclídea desde el origen) que ha ordenado de forma relativa los 102.240 vectores entre sí, en función de la calidad natural que les confieren sus 12 componentes respectivas. El resultado ha permitido asignar un valor relativo y normalizado (entre 0 y 1) de Calidad Natural a cada píxel de 1 ha. El último paso ha sido reclasificar los valores de Calidad Natural establecidos entre 0 y 1, en 5 clases equidistantes de Calidad Natural en cada cuadrícula de 1 ha (figura 2).

En la tabla 3 se recoge la distribución de frecuencias de cada una de las 5 clases de calidad, en donde se comprueba que las clases de Calidad bajas (valores 1 y 2) constituyen un 48,28% del territorio, la clase intermedia (valor 3) un 31,13% y las clases altas (valores 4 y 5) un 20,58%. La primera conclusión de estos resultados es que se ha obtenido una distribución de frecuencias de Calidad Natural que resulta adecuada para desarrollar una planificación territorial a gran escala, porque cerca de la mitad del territorio permitiría acoger pasillos de trazados de infraestructuras con una afección muy limitada al medio natural (48,28% de clases 1 y 2). Estos resultados indican además, que tan sólo el 20,58% del territorio



Figura 2. Clases de calidad natural de España.

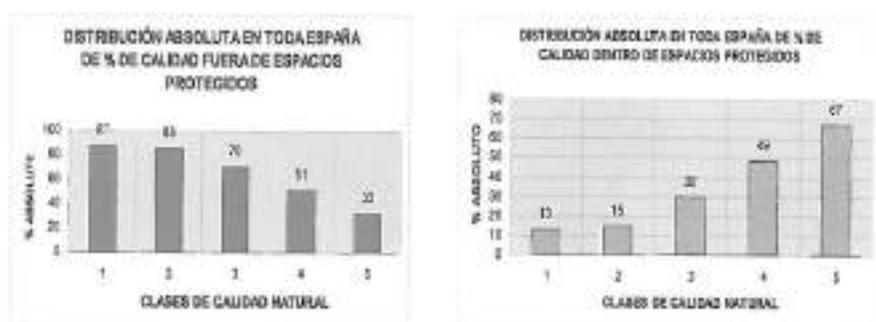
TABLA 3  
Distribución de clases de calidad natural de España

Clases de Calidad Natural	Superficie (ha)	Superficie (%)
Calidad 1	9110329	18,27
Calidad 2	14962451	30,01
Calidad 3	15522632	31,13
Calidad 4	9673891	19,40
Calidad 5	586741	1,18

tiene una Calidad Natural Alta, por lo que el Plan de Infraestructuras y otros Planes y Programas deberían minimizar al máximo la afección a estas zonas de elevado valor natural.

Por último, hay que destacar, que el Modelo de Calidad Natural de España de 5 clases ha sido validado mediante un chequeo del ajuste del modelo con la realidad. Para ello se ha realizado una comprobación que ha integrado el mapa de 5 clases de calidad con las Figuras de Protección nacionales, autonómicas, comunitarias e internacionales. A partir de esta integración se han obtenido dos Gráfi-

cas de Distribución de Frecuencias (figura 3), en las cuales se comprueba visualmente que dentro de los espacios protegidos hay una frecuencia mayor de valores altos de calidad (clases 4 y 5) en relación al resto del territorio. Además, se ha realizado un contraste estadístico mediante una tabla de contingencia y un test  $\chi^2$  entre la variable calidad (5 clases) y la variable presencia/ausencia de figuras de protección. El resultado permite concluir que el Modelo de Calidad de 5 clases es "significativamente" válido ( $p < 0,0001$ ), porque asigna una distribución de Calidad Natural del territorio que resulta acorde con la distribución existente de figuras de protección en España (figura 3).



Contraste de Chi-cuadrado

Chi-cuadrado	GL	P-Valor
5025357.21	4	0,0000

Tabla de Frecuencias

	cal_10	cal_20	cal_40	cal_60	cal_80	Fila Total
Fila_1	182736 4,30%	785921 15,96%	1277335 25,62%	1090270 21,87%	497448 9,58%	3680249 73,83%
Fila_2	316005 0,79%	115111 0,31%	218909 4,35%	461993 9,27%	460949 9,43%	1385556 26,15%
Columna Total	588741 1,16%	911032 18,27%	1496244 30,01%	1552263 31,13%	967189 19,40%	4985894 100,00%

Contenido de Celda:

frecuencia observada  
Porcentaje de tabla

Figura 3. Gráficas y análisis estadístico de la distribución de frecuencias en las que se comprueba que dentro de los espacios protegidos hay una frecuencia mayor de valores altos de calidad natural.

Por otra parte, para desarrollar una Evaluación Ambiental de un Plan de Infraestructuras hay que tener en cuenta, además del modelo Calidad Natural, la citada cartografía de figuras de protección de España (26,24% de España peninsular y Baleares). Por ello se ha realizado una integración cartográfica en SIG de estas áreas protegidas y las unidades que han obtenido Calidades Alta y Muy Alta (20,58% de clases 4 y 5), cuyo resultado ha sido un Mapa de Restricción a las Infraestructuras (figura 4). Este Mapa indicaría que en el desarrollo de un Plan de Infraestructuras habría que minimizar los trazados de pasillos o corredores en un 36,60% del territorio, teniendo en cuenta, además, que en una parte de esta superficie existiría una exclusión completa de los trazados en función de las normativas que regulan las diferentes figuras de protección de que se trate. En contraposición quedaría un 63,40% del territorio con una disponibilidad elevada para una planificación de corredores y pasillos de infraestructuras, aunque en las zonas de Calidad Natural intermedia (clase 3 en un 31,13% del territorio) habría que tratar de minimizar los impactos del Plan. Por tanto, como conclusión final se propone que el Modelo de 5 clases de Calidad Natural (figura 2) y el Mapa de Restricción a las Infraestructuras (figura 4) son dos herramientas relacionadas con una futura EAE del PEIT 2005-2020, que permitirían la integración de este procedimiento de evaluación en el propio proceso de planificación, tal y como prescribe la Directiva 42/2001/CE.

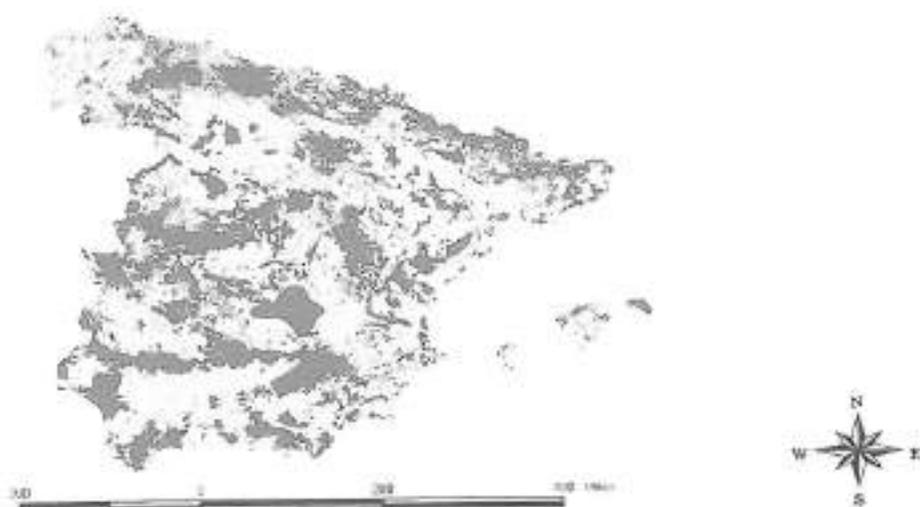


Figura 4. Mapa de restricción a las infraestructuras.

## Bibliografía

- Aguiló Alonso, M. et al. (1995): *Guía para la elaboración de estudios del medio físico. Contenido y metodología*. Serie Monografías. Ministerio de Medio Ambiente.
- Arce y Gullón (2000): *The application of Strategic Environmental Assessment to sustainability*.

- EEA (2001): *Implementation of strategic environmental assessment (SEA) in the transport sector*, European Environmental Agency.
- García-Montero, L. G.; Bravo, D.; Mancebo, S.; Pascual, C.; García-Cañete, J., y García-Abril, A. (2003): *Ensayo metodológico de planificación física de una autovía en el Estado Miranda (Venezuela)*. Observatorio medioambiental (en prensa).
- Jiliberto, R. et al. (2000): *Evaluación Ambiental Estratégica de políticas, planes y programas. Libro Blanco de la política comunitaria de transporte (1992)*.
- Ministerio de Fomento (2000): *Plan de infraestructuras 2000-2007*.
- Ministerio de Medio Ambiente. Dirección General de Calidad y Evaluación Ambiental (1996): *Indicadores ambientales. Una propuesta para España*.
- Ministerio de Medio Ambiente (1996): *Guías Metodológicas para la elaboración de estudios de impacto ambiental. Carreteras y ferrocarriles*.
- Ministerio de Obras Públicas y Transporte (1993): *Plan Director de Infraestructuras 1993-2007*.
- Ministerio de Obras Públicas, Transporte y Medio Ambiente (1995): *Guías metodológicas para la elaboración de estudios de impacto ambiental: 1. Carreteras y Ferrocarriles*.
- Monzón, A. et al. (1992): "Método de ponderación de la traza para la evaluación de impactos ambientales de carreteras", en *Estudios Geográficos*, tomo L 111, n.º 2 209, octubre-diciembre.
- OCDE (2000): *Strategic Environmental Assessment for Transport*.
- Oñate, J.; Pereira, D.; Suárez, F.; Rodríguez, J. J.; Cachón, J. (2002): *Evaluación Ambiental Estratégica: La Evaluación Ambiental de Políticas, Planes y Programas*, Ediciones Mundi-Prensa.
- Otero, I. et al. (1991): *La accesibilidad en los estudios de medio físico: estudio comparativo de índices de accesibilidad*, pp. 39-42, Colegio y Asociación de Ingenieros de Montes.
- Otero, I. et al. (1999): *Impacto ambiental de carreteras: evaluación y restauración*, Comunidad de Madrid.
- Otero, I. et al. (1999): *Paisaje, Teledetección y SIG*, Fundación Conde del Valle de Salazar.
- Desarrollo de la fase de scoping de la evaluación ambiental estratégica del Plan de Infraestructuras 2000-2007*. Proceedings del III Congreso Nacional de Evaluación de Impacto Ambiental, Pamplona.
- Otero I.; Esparcia, P.; Moreno, E.; González, E., y Macías, A. (2006) (en prensa): "Parlamento Europeo. 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", DOCE L197/30, de 21 de julio del 2001.
- Partidario, M. R. (2000): "Elements of a SEA framework. Improving the added value of SEA", *Environment Impact Assessment Review*, 20(2000): 647-663.
- Ramos, A. (ed.) (1987): *Diccionario de la Naturaleza*, Espasa-Calpe, Madrid.
- Thérivel, R., y Partidario, M. R. (1996): *The Practice of Strategic Environmental Assessment*, Earthscan Publications Ltd.
- Thérivel: Sustainability Consultants (July 2002): *Guidance On Strategic Environmental Assessment*.
- Thérivel, R. (2002): *Implementing the SEA Directive: Analysis of existing practice*, Levett-Thérivel Sustainability Consultants.
- V Programa de Acción del Programa Comunitario de política y actuación en materia de medio ambiente y desarrollo sostenible.
- Von Seht, H. (1999): "Requirements of a comprehensive strategic environmental assessment system", *Landscape and Urban Planning*, 45(1999): 1-14.
- Wood, C. (1995): *Environmental Impact Assessment: A Comparative Review*, Addison Wesley Longman Ltd., Essex.

## BLOQUE IV

### RESTAURACIÓN AMBIENTAL Y PAISAJÍSTICA

#### IMPLICACIONES AMBIENTALES DE LA EJECUCIÓN DEL PROGRAMA DE VIGILANCIA AMBIENTAL DEL PROYECTO DE CONSTRUCCIÓN DE LA AUTOVÍA CANTABRIA-LA MESETA

---

Molina Cruzate, S.<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Ateca, Asesoramiento Técnico Ambiental  
Ramón Patuel, 5 - 28017 Madrid (España)

Teléfono: 91 355 12 99 - Fax: 91 355 12 99 - e-mail: ateca@ateca.com.es

#### Resumen

El procedimiento de evaluación de impacto ambiental como elemento integrador de factores de estudio en relación a los posibles efectos de determinados proyectos ha resultado ser una apuesta excepcionalmente eficaz. Dicho procedimiento define una metodología que, bajo un prisma preventivo, permite establecer con anterioridad las posibles medidas correctoras a desarrollar en las fases de construcción y explotación de cada proyecto.

Con este planteamiento y como parte integrante del procedimiento global, toman especial relevancia el desarrollo de Programas de Vigilancia Ambiental y las implicaciones que de la aplicación de dichos programas pudieran derivarse. Comoquiera que uno de los principales objetivos de la vigilancia ambiental es la verificación de la efectividad de las medidas preventivas y correctoras planteadas con carácter previo, resulta de excepcional interés exponer el resultado de la aplicación de dichas medidas y analizar así, en colaboración con los distintos agentes implicados, el resultado del desarrollo de distintos Programas de Vigilancia Ambiental. Con ese objetivo se presenta esta comunicación en la que se pretende favorecer un análisis de las implicaciones ambientales de un proyecto, el de construcción de la Autovía Cantabria-La Meseta (tramo: Torrelavega-Aguilar de Campoo; subtramo: Los Corrales de Buelna-Molledo), al objeto de que se examine y exponga a debate la

forma en que se ha puesto en marcha con la colaboración de Dirección de Obra, Asistencia Técnica y Contratista, el Programa de Vigilancia Ambiental de este proyecto.

*Palabras clave:* Seguimiento, Vigilancia Ambiental, Proyecto Constructivo.

## Abstract

Environmental Impact Assessment plays an important role on checking possible effects of several projects. This procedure ensures that the environmental implications of decisions are taken into account before the decisions are made. Prevention is used to further define mitigation measures that must be improved.

So far and being part of the global procedure, vigilance and monitoring programs should be analyzed like one of the most important parts of the Environmental Impact Assessment. Since one of the specially relevant objectives of vigilance and monitoring is to check and audit mitigation measures effectiveness, it is high recommended to analyze the results of the application of those mitigation measures. In that way it is introduced this communication where we analyze the vigilance and monitoring programs results from the Construction of a Highway on Middle North Spain.

## Introducción

Durante la fase de construcción, el Equipo de Seguimiento y Vigilancia Ambiental asignado ha llevado a cabo un seguimiento periódico del Programa de Vigilancia Ambiental recogido en Estudio de Impacto Ambiental y revisado en Proyecto Constructivo. La labor desarrollada por la Dirección de Obra ha sido complementada por un asesoramiento periódico desarrollado por dicho Equipo de Seguimiento y Vigilancia Ambiental mediante el análisis específico de aspectos ambientales recogidos en el Estudio de Impacto Ambiental.

Este seguimiento periódico ha incluido a su vez el análisis de la labor desarrollada por el Contratista y de la información facilitada por éste en relación al grado de cumplimiento de las limitaciones de carácter ambiental impuestas por la Declaración de Impacto Ambiental al objeto de definir las implicaciones ambientales relacionadas con el Proyecto de Construcción.

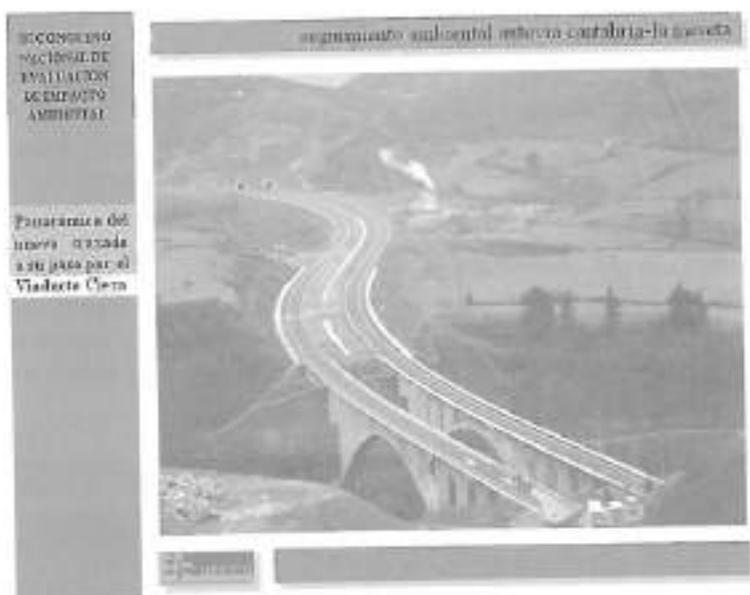


Figura 1. Nuevo trazado de la Autovía Cantabria-La Meseta.

## Material y métodos

Con el objeto de alcanzar los objetivos fijados en la Declaración de Impacto Ambiental se constituyó un Equipo de Seguimiento y Vigilancia que ha participado en la vigilancia a pie de obra de las variables ambientales de especial consideración durante toda la fase de construcción del proyecto.

## Resultados y discusión

La labor desempeñada durante los treinta y tres meses que ha durado la fase de construcción ha sido considerable. A modo de resumen cabe destacar como aspectos más relevantes en la aplicación de los condicionantes definidos en la Declaración de Impacto Ambiental los siguientes:

### a) *Replanteo de las obras de restauración*

En el inicio de las obras y con carácter previo a su comienzo se estableció un análisis de los posibles cambios a los que podía verse sometido el proyecto. Este análisis, que se ha venido repitiendo posteriormente con una frecuencia mensual durante toda la fase de construcción, ha dado lugar a necesidades específicas de control coincidiendo con:

- La definición de vertederos de inertes procedentes de las obras de excavación de la Autovía de la Meseta, que dio lugar a las preceptivas Estimaciones de Impacto Ambiental y cuyas medidas correctoras pasaron a ser objeto de seguimiento y vigilancia.
- La emisión de informe relacionado con el posible impacto ambiental asociado a la ejecución del Viaducto de Cieza, que consideraba la necesidad de contemplar medidas correctoras adicionales y que cuyo desarrollo pasó a ser objeto de seguimiento y vigilancia ambiental.
- La redacción de informe de impacto ambiental para la instalación de una planta de fabricación de hormigón y su correspondiente estimación de impacto ambiental aprobatoria por parte de la Consejería de Medio Ambiente y Ordenación del Territorio del Gobierno de Cantabria.



Figura 2. Viaducto que originó la redacción de un informe de EIA adicional.

- La redacción de informe de impacto ambiental para la instalación de una planta de machaqueo y su correspondiente estimación de impacto ambiental aprobatoria por parte de la Consejería de Medio Ambiente y Ordenación del Territorio del Gobierno de Cantabria.
- La redacción de informe de impacto ambiental para la instalación de una planta asfáltica intrame UM-260 y su correspondiente estimación de impacto ambiental aprobatoria por parte de la Consejería de Medio Ambiente y Ordenación del Territorio del Gobierno de Cantabria.

En todos estos casos se han habilitado las correspondientes modificaciones en las medidas correctoras o se han implementado aquellas otras que permiten reducir al máximo el impacto ambiental susceptible de ser originado, en su caso, como consecuencia de las nuevas obras.

#### b) Jalonamiento

El correcto jalonamiento y la adecuada minimización de la ocupación del suelo han sido aspectos considerados desde el inicio de las obras. En el control de este aspecto, que ha dado desde el inicio resultados satisfactorios, se han considerado no sólo la ocupación del suelo de acuerdo al proyecto sino también elementos auxiliares y caminos de acceso. Con todo ello, en tres ocasiones ha sido necesario solicitar al Contratista la reposición de la señalización establecida.

Asimismo, y de acuerdo a las necesidades de jalonamiento, durante toda la fase de construcción y prestando especial atención a los períodos en los que ha sido necesario disponer de elementos auxiliares, se ha controlado desde el inicio la no ubicación de instalaciones en zonas excluidas.

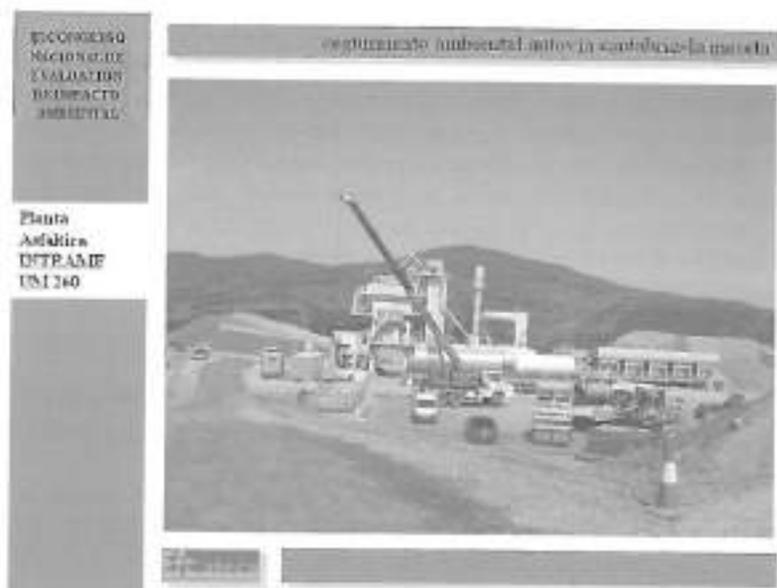


Figura 3. Ubicación de Planta Asfáltica fuera de zonas excluidas.

#### c) Conservación de suelos

Durante todo el período de ejecución de la obra, y con especial dedicación en las fases iniciales, se ha prestado especial atención a la retirada de suelos vegetales para su conservación.

Para llevar a cabo el control de este aspecto se ha definido un espesor máximo de suelo con presencia de tierra vegetal de 40 cm. Con este umbral, el Contratista ha presentado un diario ambiental de obra con indicación de fechas de comienzo y terminación de retirada de tierra vegetal, comprobándose por parte de la coordinación ambiental de obra que el espesor de tierra vegetal se correspondía con el límite definido.

Dadas las características climatológicas de la zona en cuestión, no han sido necesarias especiales labores de mantenimiento asociadas al almacenamiento de la tierra vegetal. Si bien se ha recomendado en varias ocasiones el riego de los cordones de tierra vegetal, se ha definido desde el inicio las características que debía reunir el almacenamiento de este material.

#### d) *Protección de agua, cauces y riberas*

Uno de los principales puntos de control en relación a la protección de aguas, cauces y riberas ha tenido relación con la necesidad de evitar vertidos a cauces procedentes de tajos adyacentes. Para ello se ha puesto en marcha desde el inicio una revisión de las medidas tomadas al comienzo y final de las obras de cimentación de estribos y pilas de viaductos en las proximidades de los cauces atravesados. También se ha controlado periódicamente no sólo la ejecución y correcto funcionamiento de las balsas de decantación de sólidos, sino también el resultado de las analíticas asociadas a estos elementos de depuración. Como resultado de este control se detectó la necesidad de completar una de las balsas de decantación de sólidos con la ejecución de un decantador-floculador que posibilitara la decantación de lodos. En términos generales, y dejando de lado irregularidades puntuales que fueron posteriormente subsanadas con la instalación del decantador-floculador, el control de la ejecución de balsas de decantación ha aportado resultados satisfactorios.

#### e) *Trabajos de revegetación*

Se estableció un control diario durante el extendido de tierra del espesor y calidad de la tierra vegetal incorporada como actividad de preparación de la superficie del terreno para plantaciones y siembras.

Con el mismo planteamiento se controló el número de individuos instalados en relación con los previstos en términos de especie, tamaño, forma de preparación (raíz desnuda, cepellón o contenedor) y forma de plantación, controlando las plantas a su llegada a obra.

Asimismo se estableció un seguimiento del porcentaje de marras que, en cualquier caso, debería tomar especial relevancia en la fase de explotación.

## **Conclusiones**

La labor desempeñada durante un total de 33 meses ha permitido evaluar la eficacia de las medidas propuestas, garantizar su cumplimiento y detectar impac-

tos no previstos a la vez que se articulaban las medidas correctoras y preventivas necesarias en cada caso.

En un considerable número de ocasiones, el grado de concreción de las medidas propuestas ha resultado insuficiente y ha sido necesario definir con mayor detalle las limitaciones impuestas en el desarrollo del proyecto.

## Bibliografía

- Ruza Tarrío, F. (1999): *Manual para el desarrollo de los Programas de Vigilancia y Seguimiento Ambiental en Carreteras*, Ministerio de Fomento, Dirección General de Carreteras, 3.ª edición, Madrid.
- Otero, I.; Monzón, A.; García, M. B.; Casermeiro, A., y Canga, J. L. (1999): *Impacto Ambiental de Carreteras, Evaluación y Restauración*, Asociación Española de la Carretera, mayo 1999, Madrid.
- Borrajo Sebastián, J. (2001): *Vigilancia Ambiental: el papel de la Administración*, II Semana de Evaluación de Impacto Ambiental, Asociación Española de Evaluación de Impacto Ambiental, abril 2001, Madrid.
- Álvarez Llovera, R.; Molina Moreno, J. R., y Rosado López, J. J. (2002): *Revisión y Propuesta de Modificación del Manual para el desarrollo de los Programas de Vigilancia y Seguimiento Ambiental en Carreteras*, Colegio Oficial de Biólogos de la Comunidad de Madrid.
- Cabello, L.; Alfaya, V.; Arévalo, J.; Burgueño, A.; Cachón, J.; Fraguas, A.; García, A.; Jiliberto, R.; Lorente, S.; Mejías, P.; Del Real, C.; Rodríguez, R.; Rosado, J. J.; Ruza, F.; San Martín, C.; Sobrini, I., y Arce, R. (2002): *Evaluación de Impacto Ambiental en las Infraestructuras*, Congreso Nacional de Medio Ambiente CONAMA, noviembre 2002, Madrid.
- Molina Cruzate, S. (2004): *Metodologías para el seguimiento de Programas de Vigilancia Ambiental a pie de Obra*, II Congreso Internacional de Ingeniería Civil, Territorio y Medio Ambiente, Santiago de Compostela.
- Molina Cruzate, S. (2004): *Análisis de Metodologías para el Desarrollo y Ejecución de Programas de Vigilancia Ambiental*, VII Congreso Nacional de Medio Ambiente CONAMA, Madrid.

increased with time, in spite of the decreased occurred in summer, and being the cover values higher in the north slope. The contribution of grasses to the total plant cover was higher on the north slope and in the humid seasons, whereas legumes preferred the south slope and the dry seasons. Diversity decreased from the spring due to the dominance of two introduced species (*L. perenne* & *T. repens*) in the north slope, and due to the decreased in richness because of the loss of annual species on the south one.

**Keywords:** aspect, native and introduced species, coal-mining spoils, environmental vigilance program.

## Introducción

La revegetación de taludes y escombreras generadas por la minería mediante la hidrosiembra de plantas herbáceas, se ha conformado como una de las soluciones más frecuentes a la hora de abordar su restauración (Sheldon & Bradshaw 1977; Albadalejo et al., 2000). La cubierta vegetal generada, además de favorecer la estabilización de los estériles, reduce la erosión y el impacto visual. A pesar del amplio uso de esta técnica, en la actualidad existe muy poca información sobre el comportamiento de las mezclas comerciales de semillas bajo diferentes circunstancias, así como sobre la dinámica de la vegetación en las zonas hidrosebradas. Por ello, no siempre los resultados que se obtienen tras su aplicación son los deseados (Andrés et al., 1996).

Entre los factores que más afectan al éxito de la hidrosiembra en una área climática determinada destacan los de tipo técnico y los intrínsecos del lugar (Cano et al., 2002). Un factor de tipo técnico es la época de siembra y las condiciones meteorológicas que la siguen. Un factor intrínseco del lugar es, por ejemplo, la diferente orientación de las laderas (Andrés et al., 1996; Cano et al., 2002). Ambos factores, junto con otros muchos, deberían tenerse en cuenta a la hora de explicar los cambios en la cobertura vegetal y en la diversidad de especies tras la hidrosiembra y, por tanto, deberían incluirse estos parámetros en los Programas de Vigilancia Ambiental (PVA). De este modo se podrían establecer unos criterios y umbrales a los que se debería llegar con la restauración en función de las circunstancias reinantes en cada caso concreto. En muchos PVAs se opta por indicadores de seguimiento tipo "grado de cobertura" y se establece un valor umbral del 90% en las dos primaveras siguientes a la siembra, siendo necesaria su resiembra si no se alcanza dicho umbral. Puesto que los parámetros climáticos influyen en la cobertura vegetal, y más en ambientes mediterráneos, donde la irregularidad pluviométrica es una regularidad climática, resulta poco realista establecer un valor umbral de cobertura del 90%, cuando de forma natural no se suele alcanzar (Andrés et al., 1996; Andrés & Jorbá 2000; Albaladejo et al., 2000; Cano et al., 2002).

El objetivo del estudio es comprobar la eficacia de la hidrosiembra aplicada en el área de estudio, a la hora de proporcionar cobertura vegetal y diversidad durante el primer año tras su aplicación, y determinar si existen diferencias en función de la orientación.

## Material y métodos

El estudio se llevó a cabo en la mina de carbón a cielo abierto restaurada por UMISA (Unión Minera del Norte, S.A.), en el municipio de Villanueva de la Peña (42°49' N, 4°37' W), con una altitud media de 1200 m y situada en la parte noroeste de la provincia de Palencia. Durante el año de muestreo (2004) la precipitación fue de 701 mm, la temperatura media de 10,4° C y hubo sequía en junio y julio. La vegetación climax corresponde a la serie mediterránea del roble melojo (*Holco molli-Querceto pyrenaicae sigmetum*; Rivas-Martínez, 1987), aunque en su límite norte, por lo que existen incursiones de la serie de la sabina albar propia de la región eurosiberiana (*Junipereto sabino-thuniferae sigmetum*; Rivas-Martínez, 1987). En la actualidad, y debido a la alteración sufrida por estos bosques, predominan las etapas de degradación de estas series, utilizadas como pasto por parte de ganado ovino y vacuno.

Después de su clausura, el cielo abierto se rellenó con estériles de carbón y en agosto de 2003 se recubrió con una capa de tierra vegetal de 50-100 cm de espesor y se abonó con 30.000 kg/ha de estiércol de vacuno y ovino. La hidrosiembra se aplicó a principios de octubre de ese mismo año, y consistió en 210 kg/ha de una mezcla de gramíneas y leguminosas, y 200-250 kg/ha de fertilizante químico (N:P:K.; 8:15:15). Las especies introducidas y su porcentaje en peso fueron: *Lotus corniculatus* (4%), *Trifolium repens* (4%), *T. pratense* (7%), *Medicago sativa* (12%), *Festuca sp.* (35%), *Lolium perenne* (7%), *Poa pratensis* (7%), *Phleum pratense* (7%), *Avena sativa* (5%) y *Secale cereale* (12%).

En el área restaurada se seleccionaron dos taludes, uno orientado al norte (N) y otro al sur (S), con similar pendiente (18° y 20°, respectivamente). En cada uno se marcaron de forma permanente, en enero de 2004, tres parcelas de 4 x 4 m (16 m<sup>2</sup>) y se inició el muestreo bimensual de vegetación tomando en cada una ocho cuadrados de 50 cm de lado, seleccionados al azar en el primer muestreo y fijados para el resto. Los muestreos se continuaron hasta noviembre del 2004. En cada muestreo y para cada inventario se estimó visualmente el porcentaje de cobertura de cada especie presente.

Se calculó la diversidad mediante el índice de Shannon, y sus dos componentes: riqueza y uniformidad. Se aplicaron ANOVAs para la comparación estadística de las diferencias observadas en los parámetros analizados, en función de la orientación y el tiempo transcurrido tras la revegetación, seguidos de tests de Tukey para las comparaciones por pares. En todos los casos se trabaja con el valor medio de las tres parcelas (réplicas) por zona y el error estándar. En todas las figuras las letras sobre los puntos indican diferencias significativas entre orientaciones para una misma fecha y las letras bajo la figura diferencias significativas entre fechas para cada orientación ( $\alpha \leq 0,05$ ).

## Resultados y discusión

Los resultados muestran que la hidrosiembra tuvo un efecto positivo sobre la cobertura vegetal, que aumentó de forma significativa en las dos zonas (figura 1),

desde enero (20%) hasta julio (83% y 71% en el norte y sur, respectivamente), y se mantuvo después por encima del 45%, en ambas orientaciones. No obstante, como era de esperar (Sheldon & Bradshaw, 1977; Andrés et al., 1996; Albaladejo et al., 2000; Andrés & Jorbá, 2000) fue la orientación norte la que presentó mayores valores de cobertura, significativamente más altos en marzo y desde septiembre. En la orientación sur el crecimiento vegetal se vio menos favorecido, probablemente por su menor capacidad para conservar la humedad edáfica (Bewley & Black, 1994; Cano et al., 2002). Este hecho explica que la orientación sur sea más sensible a la llegada de las lluvias primaverales u otoñales, que originan en ella un incremento de cobertura más marcado entre marzo y mayo, y entre septiembre y noviembre, respectivamente. En cualquier caso, la cobertura vegetal se va a ver muy influenciada por las condiciones meteorológicas anteriores y posteriores a la siembra (Jochimsen, 2001), que pueden hacer variar los resultados obtenidos (Booze-Daniels et al., 1999; Fernández-Abascal et al., 2003). Los períodos de sequía pueden dañar y matar a ciertas plantas o reducir el crecimiento de otras (Madon & Médail, 1997). Por tanto, es muy importante tener en cuenta los parámetros climáticos a la hora de explicar los cambios de cobertura tras la revegetación y, por supuesto, a la hora de llevar a cabo proyectos de revegetación (Sheldon & Bradshaw, 1977).

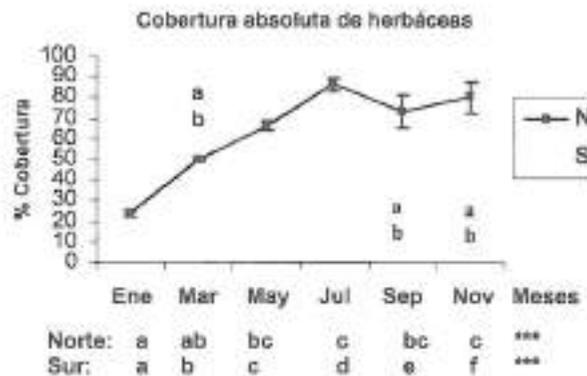


Figura 1. Cobertura herbácea en ambas orientaciones durante el muestreo.

Sin embargo, las diferencias de cobertura debidas a la orientación y a la meteorología, no suelen tenerse en cuenta a la hora de diseñar los Programas de Vigilancia Ambiental (PVA). Esto conlleva, en muchas ocasiones, un incremento del coste de las medidas correctoras, pues al no alcanzarse los mínimos de cobertura establecidos *a priori*, comunes para todas las orientaciones, se hace necesaria la resiembra de las orientaciones más secas (sur y oeste). Por su parte, si a la siembra siguen períodos secos, las diferencias entre orientaciones con distinta capacidad de retención de humedad pueden verse acentuadas respecto a períodos más húmedos.

Respecto a la mezcla de semillas, predominan gramíneas y leguminosas. El uso de las primeras se justifica por su eficacia para estabilizar el sustrato en lade-

ras, mientras que la introducción de leguminosas se justifica por su capacidad para enriquecer el suelo en nitrógeno (Balaguer, 2002). En la siembra realizada en este estudio las gramíneas representaban el 73% en peso, por lo que se esperaba su dominio durante el primer ciclo biológico. Sin embargo, se observó (figura 2) una disminución de su cobertura relativa, desde enero (71% norte y 65% sur) hasta septiembre en el norte (47%), y hasta julio en el sur (39%), siempre a favor del incremento de la cobertura relativa de leguminosas. Incremento que fue más

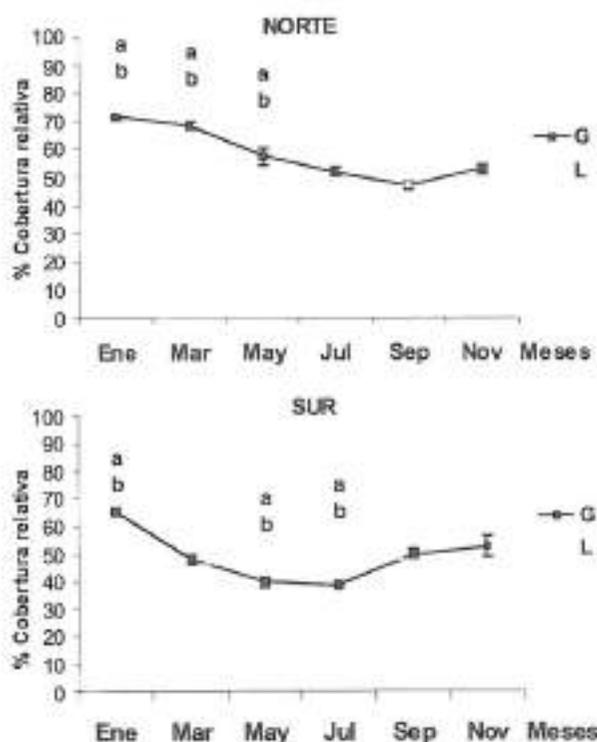


Figura 2. Cobertura de gramíneas (G) y leguminosas (L), en ambas orientaciones durante el muestreo.

importante en los meses primaverales, posiblemente al verse favorecidas tanto por un aumento de las precipitaciones (Andrés et al., 1996; Andrés & Jorbá, 2000) como por la desaparición del riesgo de helada segura. Por el contrario, las gramíneas se vieron favorecidas en invierno, como se ha constatado en otros estudios (Andrés et al., 1996). Por tanto, es interesante tener en cuenta, en futuras hidro-siembras, la diferente respuesta de estos grupos taxonómicos a las variaciones estacionales, ya que en los primeros años y durante los meses invernales y otoñales serán las gramíneas las que representen mayor cobertura (siendo entonces las

más activas en la reducción de la erosión), mientras que con la llegada de la primavera y el verano su importancia disminuye en favor de las leguminosas, que pasan a ser en esta época las que más contribuyen a la cobertura total. Por otro lado, se observa como las gramíneas se han asentado mejor en la orientación norte y las leguminosas en la orientación sur, como también han observado otros autores (Martínez-Ruiz *et al.*, 2001; Martínez-Ruiz & Fernández-Santos, 2005a y b).

La diversidad (figura 3A) presenta valores altos durante los primeros meses hasta julio (entre 2,90 y 3,65). Esto es debido tanto a la importante proporción de

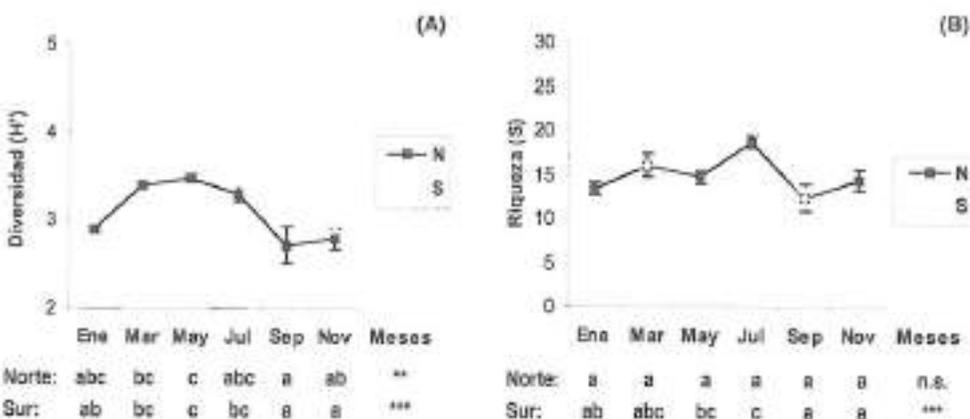


Figura 3. Diversidad (A) y riqueza (B) en ambas orientaciones durante el muestreo.

especies colonizadoras autóctonas que logran establecerse, como al hecho de que todas las especies introducidas logren prosperar. También influye la ausencia de dominancia por parte de estas últimas durante los primeros meses hasta julio. Sin embargo, a partir de julio la diversidad desciende por los cambios que sufren sus componentes riqueza y/o equitabilidad. En el sur el descenso entre julio y septiembre se debe a un descenso significativo de la riqueza (figura 3B), al desaparecer en la época estival las especies anuales (Madon & Médail, 1997). En el norte el descenso de la diversidad a partir de mayo se debe a una bajada significativa en la equitabilidad (figura 4), originada por el aumento de cobertura de las especies *Lolium perenne* y *Trifolium repens*, que se conforman como dominantes en julio, septiembre y noviembre (figura 5). Se sabe que *L. perenne* es una especie muy agresiva (Wilson, 1988) y que *T. repens* es una buena colonizadora. Además, ambas no compiten entre sí por el espacio (Brock & Hay, 1996), pero sí con el resto, lo que dificulta las posibilidades de desplazarlas y obstaculiza el asentamiento de nuevas especies.

Por ello es importante a la hora de seleccionar las especies que se van a introducir tener claros los objetivos que se persiguen con el proyecto de revegetación, ya que no es lo mismo querer acelerar el proceso de sucesión favoreciendo el establecimiento de las especies autóctonas que querer estabilizar un talud de

forma rápida para frenar la erosión. En ningún caso se deberían utilizar especies exóticas, ya que éstas pueden desplazar a las especies nativas (Balaguer, 2002).

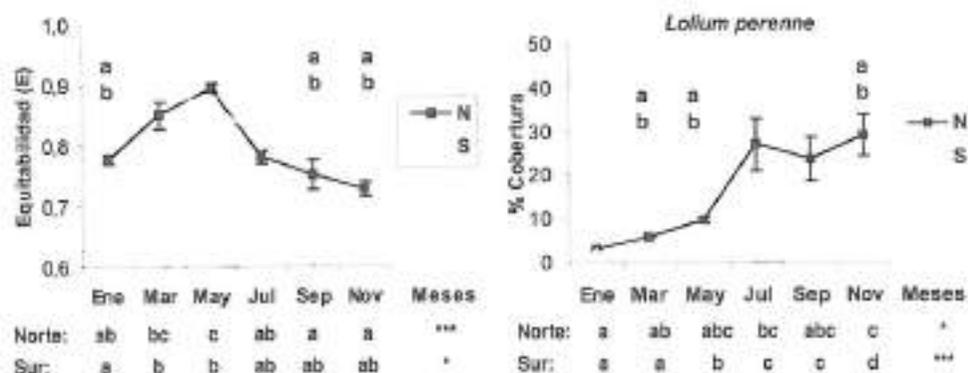


Figura 4. Equitabilidad en ambas orientaciones durante el muestreo.

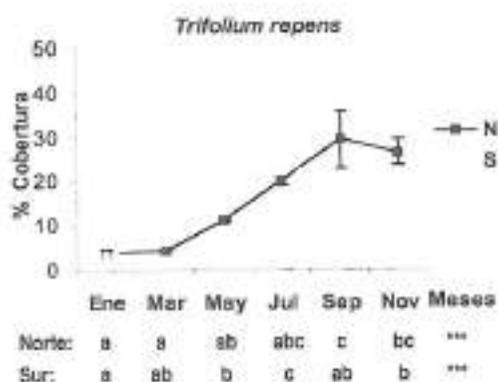


Figura 5. Cobertura de *L. perenne* y *T. repens* en ambas orientaciones durante el muestreo.

## Conclusiones

Parece que en el área de estudio la hidrosiembra utilizada ha funcionado positivamente, pues la cobertura vegetal aumenta significativamente desde su aplicación hasta la última fecha de muestreo, a pesar del descenso detectado en verano. A partir del verano se produce una diferenciación significativa de la cobertura en función de la orientación, siendo la zona norte la que presenta valores más altos.

En ambas orientaciones, la contribución de las gramíneas a la cobertura total es mayor en las estaciones más húmedas (otoño e invierno) y disminuye en favor

de las leguminosas en las estaciones más secas (primavera y verano), posiblemente al verse incrementada la cobertura de estas últimas tras las lluvias primaverales.

La diversidad se mantiene alta desde la aplicación de la hidrosiembra hasta primavera, momento a partir del cual desciende debido sobre todo a la disminución de la riqueza en el sur, por la desaparición de las especies anuales, y a la disminución de la equitabilidad en el norte, al verse favorecidas en cobertura las especies introducidas: *Lolium perenne* y *Trifolium repens*, sobre todo en el norte por las mejores condiciones de humedad.

El diferente comportamiento de las especies o grupos de especies en función de la orientación y de las variaciones climáticas estacionales posteriores a la siembra y, por tanto, su diferente contribución a la cobertura total, son aspectos que deberían ser consideradas a la hora de redactar los PVA para reducir en la medida de lo posible los costes de las medidas correctoras. Otro aspecto importante es la elección de especies no demasiado agresivas, que no se conformen como dominantes e impidan la colonización de las autóctonas de los alrededores, así como la no utilización de especies hidrófilas en las exposiciones más secas.

## Bibliografía

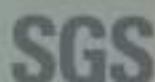
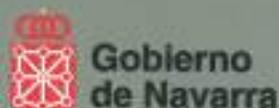
- Albadalejo, J.; Álvarez, J.; Querejeta, J.; Díaz, E., y Castillo, V. (2000): "Three hydro-seeding revegetation techniques for soil erosion control on anthropic steep slopes". *Land Degrad. Develop.*, 11: 315-325.
- Andrés, P., y Jorba, M. (2000): "Mitigation strategies in some motorway embankments (Catalonia, Spain)". *Restor. Ecol.*, 8: 268-275.
- Andrés, P.; Zapater, V., y Pamplona, M. (1996): "Stabilization of motorway slopes with herbaceous cover, Catalonia, Spain". *Restor. Ecol.*, 4: 51-60.
- Balaguer, L. (2002): "Las limitaciones de la restauración de la cubierta vegetal". *Ecosistemas. Revista científica y técnica de ecología y medio ambiente. AEET (U.R.L.: <http://www.aeet.org/ecosistemas/revista.htm>)*.
- Bewley, J. D., y Black, M. (1994): *Seeds: physiology of Development and Germination*, 2.ª ed., Plenum Press, NY.
- Booze-Daniels, J.; Schmidt, R. E., y Chalmers, D. R. (1999): "Evaluation and management of turfgrass on Virginia roadsides". *Annual report to Virginia Department of Crop and Soil Environmental Sciences, Virginia Tech.*
- Brock, J. L., y Hay, H. J. M. (1996): *A review of the role of grazing management on the growth and performance of white clover cultivars in lowland New Zealand pastures*, en Woodfield, D. R. (eds.): "White clover: New Zealand's competitive edge. Agronomy society of New Zealand special publication", n.º 11, *Grassland Research and Practice Series*, 6: 65-70.
- Cano, A.; Navia, R.; Amezaga, I., y Montalvo, J. (2002): "Local topoclimate effect on short-term cutslope reclamation success". *Ecol. Eng.*, 18: 489-498.
- Fernández-Abascal, I.; Tárrega, R.; Luis-Calabuig, E., y Marcos, E. (2003): "Effects of sowing native herbaceous species on the post-fire recovery in a heathland". *Acta Oecol.*, 24: 131-138.

- Jochimsen, M. E. (2001): "Vegetation development and species assemblages in a long-term reclamation project on mine spoil", *Ecol. Eng.*, 17: 187-198.
- Madon, O., y Médail, F. (1997): "The ecological significance of annuals on a mediterranean grassland", *Plant Ecol.*, 129: 189-199.
- Martínez-Ruiz, C., y Fernández-Santos, B. (2005a): "Natural and man-induced revegetation on mining wastes: changes in the floristic composition at early succession", *Plan Ecol.* (en revisión).
- Martínez-Ruiz, C., y Fernández-Santos, B. (2005b): "Natural revegetation on topsoiled mining-spoils according to the exposure", *Acta Oecol.* (en imprenta).
- Martínez-Ruiz, C.; Fernández-Santos, B., y Gómez-Gutiérrez, J. M. (2001): "Effects of substrate coarseness and exposure on plant succession in uranium-mining wastes", *Plant Ecol.*, 155: 79-89.
- Rivas Martínez, S. (1987): *Memoria del mapa de series de vegetación de España*, pp. 101-103 y hoja n.º 3 del mapa correspondiente a Oviedo. ICONA, P. Ministerio de Agricultura, Madrid.
- Sheldon, J. C., y Bradshaw, A. D. (1977): "The development of a hydraulic seeding technique for unstable sand slopes. I. Effects of fertilizers, mulches and stabilizers", *J. Appl. Ecol.*, 14: 905-918.
- Wilson, J. B. (1988): "Shoot competition and root competition", *J. Appl. Ecol.*, 25: 279-296.

## ÍNDICE DE AUTORES

Andrés, M.; García, F. A.; López, F. R.; Del Cerro, A. y Galán, A. ....	123
Bejarano Moreno, A. ....	89
Bernaldo de Quirós Miranda, T. ....	31
Casermeyro, M. A.; Navarro García, F. y Moreno, L. ....	95
Díaz, C. B. y Fernández, Y. ....	163
Ezquerro, A. y De Pedro, J. L. ....	167
García de Polavieja, G. ....	41
García Morote, F. A.; Andrés Abellán, M.; López Serrano, F. R.; Del Cerro, A.; Galán, A. y Calera, A. ....	115
García-Montero, L. G.; Mancebo, S.; Otero, I.; Casermeyro, M. A.; Espluga, A. P.; Navarra, M.; Ortega, E.; Sánchez, A. y Monzón, A. ....	69
González, A.; Gilmer, A.; Foley, R.; Sweeney, J. y Fry, J. ....	63
González-Alday, J.; Martínez-Ruiz, C. y García-Muñoz, S. ....	245
Hernández, M.ª Á.; Amezcua, A. y Murua, A. ....	147
Leguey, M.; Ribeiro, I. y Muñoz, M. ....	131
Mancebo, S.; García-Montero, L. G.; Casermeyro, M. A.; Otero, I.; Espluga, A. P. y Navarra, M. ....	205
Martínez Orozco, J. M. ....	45
Martínez Orozco, J. M.; Rico Fraile, C. y Serrano García, F. J. ....	21
Mateos, E. ....	155
Molina Cruzate, S. ....	237
Molina Holgado, P. y Berrocal Menárguez, A. B. ....	139
Morera Escrich, J. L. ....	171
Nieblas Ortiz, E. C. y Quintero Núñez, M. ....	107
Otero Pastor, I.; Esparcia Mariño, P.; Moreno Cuesta, E.; González Algarra, E. y Macías Guerrero, A. ....	55
Sobrini Sagaseta de Ilúrdoz, I. M.; Martín Jiménez, C. y Gaité García, B. ....	195

## PATROCINADORES DEL III CONEIA



## COLABORADORES DEL III CONEIA

