



Incluye CD-ROM

Evaluación de impacto ambiental

Edición Actualizada

Alfonso Garmendia Salvador
Adela Salvador Alcaide
Cristina Crespo Sánchez
Luis Garmendia Salvador

PEARSON
Prentice
Hall

Evaluación de impacto ambiental

Alfonso Garmendia Salvador
Universidad Politécnica de Valencia

Adela Salvador Alcaide
Universidad Politécnica de Madrid

Cristina Crespo Sánchez
Universidad Politécnica de Valencia

Luis Garmendia Salvador
Universidad Complutense de Madrid



Madrid • México • Santafé de Bogotá • Buenos Aires • Caracas • Lima • Montevideo • San Juan •
San José • Santiago • São Paulo • White Plains

EVALUACIÓN DE IMPACTO AMBIENTAL

GARMENDIA, A.; SALVADOR, A.; CRESPO, C.;
GARMENDIA, L.

PEARSON EDUCACIÓN, S.A., Madrid, 2005

ISBN: 84-205-4398-5

Materia: Medio Ambiente, 349.6

Formato: 195 × 250 mm

Páginas: 416

Todos los derechos reservados.

Queda prohibida, salvo excepción prevista en la Ley, cualquier forma de reproducción, distribución, comunicación pública y transformación de esta obra sin contar con autorización de los titulares de propiedad intelectual. La infracción de los derechos mencionados puede ser constitutiva de delito contra la propiedad intelectual (*arts. 270 y sgts. Código Penal*).

DERECHOS RESERVADOS

© 2005 PEARSON EDUCACIÓN, S.A.

C/ Ribera del Loira, 28

28042 Madrid (España)

EVALUACIÓN DE IMPACTO AMBIENTAL

GARMENDIA, A.; SALVADOR, A.; CRESPO, C.; GARMENDIA, L.

ISBN: 84-205-4398-5

Depósito Legal: M-

PEARSON-PRENTICE HALL es un sello editorial autorizado de PEARSON EDUCACIÓN, S.A.

Equipo editorial:

Editor: Miguel Martín-Romo

Técnico editorial: Marta Caicoya

Equipo de producción:

Director: José Antonio Clares

Técnico: José Antonio Hernán

Diseño de cubierta: Equipo de diseño de Pearson Educación, S.A.

Composición: JOSUR TRATAMIENTO DE TEXTOS, S.L.

Impreso por:

IMPRESO EN ESPAÑA - PRINTED IN SPAIN

Este libro ha sido impreso con papel y tintas ecológicos

Contenido

PRÓLOGO	xiii
CAPÍTULO 1. Marco conceptual	1
1.1. El concepto de ambiente	2
1.1.1. Calidad ambiental	4
1.1.2. Ambiente y Ecología	6
1.1.2.1. Estructura y función de los ecosistemas	8
1.1.2.2. Heterogeneidad espacial y temporal	10
1.1.3. La utilización del ambiente	14
1.1.4. Problemas de escala e incertidumbre	15
1.2. Concepto de impacto ambiental	17
1.2.1. Tipos de impactos ambientales	21
1.2.2. Predicción y demostración de impactos	24
1.2.3. Indicadores ambientales e indicadores de impactos	26
1.3. La evaluación ambiental	27
1.3.1. Los criterios de valoración	29
1.3.2. Principios éticos sociales	30
1.3.2.1. El principio de equidad	30
1.3.2.2. El principio de responsabilidad	31
1.3.2.3. El principio de prevención y el principio de cautela	31
1.3.2.4. Los principios de información y participación públicas	32
1.3.3. Principios éticos ambientales	33
1.3.3.1. La conservación de la diversidad	33
1.3.3.2. La sostenibilidad y el desarrollo sostenible	34
1.3.4. Los indicadores de sostenibilidad ambiental	36
1.3.4.1. Los recursos	36
1.3.4.2. Los desechos	38
1.3.4.3. La ocupación del suelo	39

1.3.4.4.	El producto	40
1.3.5.	Niveles de integración en evaluación ambiental	41
1.4.	Los problemas ambientales	43
1.4.1.	Problemas ambientales a escala mundial	43
1.4.1.1.	El cambio climático	43
1.4.1.2.	Reducción de la capa de ozono	44
1.4.1.3.	La pérdida de biodiversidad	44
1.4.1.4.	La contaminación	45
1.4.1.5.	El agotamiento de los recursos naturales	45
1.4.2.	Los problemas ambientales de Europa	46
1.4.3.	La situación ambiental en España	46
1.5.	Prácticas	48
1.5.1.	Autoevaluación	48
1.5.2.	Ejercicios y dinámicas	50
1.5.3.	Prácticas con computador	51
1.5.3.1.	La huella ecológica	51
1.5.3.2.	Evaluación de riesgos: Incendios	52
CAPÍTULO 2. Marco legal e institucional		55
2.1.	Un poco de historia	56
2.1.1.	Los años 60: del ecologismo a la NEPA	57
2.1.2.	Los años 70 y los Convenios Internacionales	58
2.1.3.	Los años 80 y la Normativa Europea	59
2.1.4.	Los años 90 y los problemas ambientales globales	61
2.1.5.	El siglo XXI	62
2.2.	Legislación ambiental en España	63
2.3.	El Procedimiento Administrativo	64
2.3.1.	El Procedimiento Administrativo en España	65
2.3.2.	Los procedimientos abreviados	68
2.3.3.	Limitaciones del procedimiento actual	70
2.4.	Prácticas	71
2.4.1.	Autoevaluación	71
2.4.2.	Ejercicios y dinámicas	72
2.4.3.	Prácticas con computador: Legislación	72
CAPÍTULO 3. La evaluación de impacto ambiental		75
3.1.	Metodologías usualmente utilizadas	76
3.1.1.	Métodos de identificación de alternativas	76
3.1.2.	Métodos para ponderar factores	77
3.1.3.	Métodos para identificar impactos	77
3.1.4.	Métodos de evaluación de impactos	78
3.2.	La selección de alternativas	79
3.2.1.	La incorporación del componente ambiental	80
3.2.2.	Alternativas técnicamente viables del proyecto	82

3.2.2.1.	Método de Mc Harg	83
3.3.	La focalización o “ <i>Scoping</i> ”	85
3.4.	Documentos de la evaluación de impacto ambiental	89
3.4.1.	Memoria-Resumen	89
3.4.2.	Especificaciones para el estudio de impacto ambiental	90
3.4.3.	Estudio de impacto ambiental	91
3.4.4.	Fase de información pública	94
3.4.5.	Declaración de impacto ambiental	94
3.5.	Prácticas	95
3.5.1.	Autoevaluación	95
3.5.2.	Ejercicios	97
3.5.3.	Prácticas con computador: Capacidad de un territorio para acoger una actividad ...	97
CAPÍTULO 4. Descripción de las alternativas del proyecto y sus acciones		99
4.1.	Descripción del proyecto	100
4.2.	Árbol de acciones del proyecto	103
4.3.	Prácticas	106
4.3.1.	Autoevaluación	106
4.3.2.	Ejercicios	106
CAPÍTULO 5. El inventario ambiental		109
5.1.	Etapas del Inventario Ambiental	111
5.1.1.	Definición de los objetivos	112
5.1.2.	Documentación	114
5.1.3.	Salidas a la zona de estudio	115
5.1.4.	Almacenamiento de la información	116
5.1.5.	Valoración de los elementos o factores ambientales relevantes	117
5.1.6.	Resultados	119
5.2.	Elementos del medio	119
5.2.1.	El clima	120
5.2.2.	La geomorfología	126
5.2.3.	La geología	128
5.2.4.	El suelo	131
5.2.5.	El agua	132
5.2.6.	La vegetación y la flora	137
5.2.7.	La fauna	146
5.2.8.	El paisaje	154
5.2.9.	El medio socio-económico	163
5.3.	Ejemplo	168
5.4.	Árbol de factores ambientales	178
5.5.	Prácticas	182
5.5.1.	Autoevaluación	182
5.5.2.	Ejercicios	183
5.5.3.	Prácticas con computador: Delimitación del área potencial de una especie	183

CAPÍTULO 6. Valoración de los elementos ambientales	187
6.1. El valor de un elemento ambiental	187
6.2. Ponderación de factores ambientales	189
6.3. Método Delphi	193
6.3.1. Índice de calidad del agua	193
6.3.2. Sistema de Evaluación Ambiental de Battelle	194
6.3.3. Pautas para el Método Delphi	197
6.3.4. Fases del Método Delphi	199
6.3.5. Otros métodos de consulta a expertos	200
6.4. Prácticas	206
6.4.1. Autoevaluación	206
6.4.2. Ejercicios	207
6.4.3. Prácticas con computador	207
6.4.3.1. Ponderación de factores	207
6.4.3.2. Práctica del Método Delphi	208
CAPÍTULO 7. Identificación de impactos ambientales	211
7.1. Listas de revisión	213
7.2. Relaciones causa-efecto. Diagramas de redes	214
7.3. Matrices de relaciones causa-efecto	216
7.3.1. Matriz de Leopold	216
7.3.2. Otras matrices causa-efecto	220
7.4. Técnicas de transparencias	222
7.5. Cribado de impactos	222
7.6. Prácticas	223
7.6.1. Autoevaluación	223
7.6.2. Ejercicios	223
CAPÍTULO 8. Valoración de impactos ambientales	225
8.1. Simple enjuiciamiento	226
8.2. Valoración cualitativa de impactos ambientales o cálculo de la importancia	228
8.2.1. Legislación	228
8.2.2. Descripción cualitativa	230
8.2.3. Ejemplos	238
8.3. Valoración cuantitativa de impactos ambientales o cálculo de la magnitud	247
8.3.1. Magnitud de un impacto	247
8.3.2. Índices e indicadores de impactos ambientales	249
8.3.3. Función de transformación	254
8.3.4. Ejemplos	270
8.4. Prácticas	280
8.4.1. Autoevaluación	280
8.4.2. Ejercicios de valoración cualitativa	282
8.4.3. Ejercicios de valoración cuantitativa	282

8.4.4.	Prácticas con computador	284
8.4.4.1.	Valoración cualitativa	284
8.4.4.2.	Valoración cuantitativa	284
CAPÍTULO 9. Medidas para minimizar el impacto global		287
9.1.	Legislación	288
9.2.	Objetivos	290
9.3.	Clasificación de las medidas de minimización de impactos ambientales	291
9.3.1.	Según la forma de actuación	291
9.3.1.1.	Ejemplos de medidas preventivas o protectoras	294
9.3.1.2.	Ejemplos de medidas correctoras	295
9.3.1.3.	Ejemplos de medidas compensatorias	297
9.3.2.	Según los elementos ambientales	297
9.3.3.	Según el entorno sobre el que actúan	302
9.3.4.	Según el número de factores afectados	303
9.3.5.	Según el momento en que se deciden	303
9.3.6.	Según la importancia del impacto ambiental	303
9.4.	La ficha de las medidas de minimización de impactos ambientales	304
9.4.1.	Ejemplo de ficha para disminuir el ruido producido por el movimiento de la maquinaria	304
9.5.	Valoración del impacto global	305
9.6.	Ejemplos	307
9.6.1.	Contaminación de ríos	307
9.6.2.	Pérdida de vegetación	307
9.7.	Prácticas	308
9.7.1.	Autoevaluación	308
9.7.2.	Ejercicios	309
9.7.3.	Prácticas con computador: Prevención de impactos	309
CAPÍTULO 10. Cálculo del impacto final		311
10.1.	Fichas de impactos ambientales	311
10.1.1.	Ficha de un impacto ambiental	314
10.1.2.	Ejemplos	315
10.2.	Cálculo del impacto final	318
10.3.	Conjuntos borrosos e impacto ambiental	319
10.4.	Ejemplo: impacto ambiental en una gravera	321
10.4.1.	Descripción de las alternativas del proyecto y sus acciones	321
10.4.2.	Legislación que afecta a extracciones de áridos	322
10.4.3.	Inventario Ambiental	322
10.4.4.	Identificación de impactos ambientales	323
10.4.4.1.	Acciones impactantes	323
10.4.4.2.	Matriz de identificación de impactos ambientales	324
10.4.4.3.	Impactos ambientales	325
10.4.5.	Valoración de impactos ambientales	326

10.4.6.	Establecimiento de medidas minimizadoras del impacto ambiental	331
10.4.7.	Valoración de impactos con medidas de minimización de impactos	334
10.5.	Otros métodos para el cálculo del impacto ambiental	335
10.5.1.	El Método del Instituto Battelle-Columbus	335
10.5.2.	El Método Galletta	337
10.6.	Prácticas	338
10.6.1.	Autoevaluación	338
10.6.2.	Ejercicios	338
10.6.3.	Prácticas con computador	339
CAPÍTULO 11. Programa de Vigilancia Ambiental		341
11.1.	Competencias y objetivos	341
11.2.	Apartados del Programa de Vigilancia Ambiental	342
11.3.	Elementos a vigilar en el Programa de Vigilancia Ambiental	343
11.4.	Ficha	344
11.5.	Ejemplos	344
11.6.	Prácticas	345
11.6.1.	Autoevaluación	345
11.6.2.	Ejercicios	346
CAPÍTULO 12. Documento de Síntesis		347
12.1.	Modelo de documento de síntesis y consejos prácticos	348
12.1.1.	Índice	348
12.1.2.	Introducción	349
12.1.3.	Análisis del proyecto	351
12.1.4.	Inventario ambiental	352
12.1.5.	Cuantificación de impactos ambientales	356
12.1.6.	Medidas de minimización de impactos	359
12.1.7.	Jerarquización ambiental de las alternativas	361
12.1.8.	Plan de Vigilancia Ambiental	361
12.2.	Prácticas	362
12.2.1.	Autoevaluación	362
12.2.2.	Ejercicios	362
GLOSARIO		363
BIBLIOGRAFÍA		375
APÉNDICE 1. Instrucciones para el uso del CD		379
APÉNDICE 2. Soluciones a los ejercicios		397

Prólogo

En este libro los autores hemos pretendido desarrollar cada uno de los pasos que componen el proceso de evaluación de impacto ambiental desde diferentes puntos de vista. Por un lado se explica la legislación existente y por lo tanto los requisitos mínimos que debe cumplir todo el Procedimiento Administrativo. Pero también se analiza hacia donde está evolucionando el proceso y las mejoras que requerirá la legislación actual en un futuro no muy lejano, para adaptarse a los nuevos requerimientos.

En una Evaluación de Impacto Ambiental se evalúan los impactos que producen diferentes alternativas de un proyecto para decidir, cuál de ellas y con qué requisitos, será la que produzca un menor efecto negativo sobre el medio ambiente. Para cumplir este objetivo de una forma realista es necesario que cada proyecto o actividad se incluya dentro de una planificación territorial en la que ya se haya tenido en cuenta el elemento ambiental. De este modo, las alternativas técnicamente viables no son tan numerosas ni tan diferentes, por lo que tiene sentido su comparación.

Las metodologías utilizadas para la evaluación del impacto ambiental son muy variadas y cada paso del procedimiento es importante porque condiciona los métodos que se usarán y los resultados que se obtendrán en los pasos siguientes. Por tanto, es necesario tener presente los posibles problemas con los que los técnicos se pueden encontrar al realizar cualquiera de los documentos del procedimiento, pero sobre todo, el Estudio de Impacto Ambiental, que es el documento en el que se realiza la evaluación de los impactos de las diferentes alternativas, seleccionando la más adecuada desde el punto de vista ambiental.

Toda la información de carácter ambiental es, o debería ser, de dominio público, a lo que no escapan las evaluaciones de impacto ambiental, que tienen que pasar por una fase de información y participación pública, tanto al principio, para la propuesta de alternativas y detalles que habrá que tener en cuenta, como al final, para controlar que se ha tenido en cuenta todo lo necesario. En esta última fase las comunidades autónomas y ayuntamientos afectados, además de todo organismo o particular que se considere perjudicado, o simplemente interesado, puede presentar alegaciones. Pero para poder presentarlas con rigor se necesita entender la metodología empleada en toda su complejidad y conocer lo que es

preceptivo por ley, todo ello en un corto espacio de tiempo. Esperamos que esta obra sea de utilidad, tanto a personas de distintas administraciones y de empresas privadas que tengan que realizar o revisar los proyectos, como para las personas interesadas en escribir y presentar alegaciones. En futuras normativas se podría y debería ampliar la participación pública al principio del procedimiento, de forma que todo el público interesado pudiese plantear las alternativas o los puntos sensibles de la evaluación, antes de realizar el Estudio de Impacto Ambiental y no en la fase de «Alegaciones», en la que la mayor parte del trabajo ya está realizado.

La asignatura de Evaluación de Impacto Ambiental se está expandiendo en todas las universidades españolas. Además de impartirse en las carreras directamente relacionadas con el tema, como Biología o Ciencias Ambientales, todas las ingenierías y muchas licenciaturas incorporan esta asignatura como troncal obligatoria, debido a que cada vez es más importante tener en cuenta este aspecto para cualquier proyecto que se realice. Además, muchas carreras tienen asignaturas relacionadas como Ecología y Medioambiente, Ecología y Evaluación de Impacto Ambiental, Proyectos, etc.

La licenciatura en Ciencias Ambientales también se imparte en otros países de habla hispana en los que este libro puede ser de gran utilidad, por la información que contiene, tanto como guía a seguir a lo largo del procedimiento, como para consultar términos o partes concretas del mismo.

Se ha procurado que el texto tenga una estructura clara y fácil de entender, en la que se sigue el esquema del Procedimiento Administrativo y el orden en que van apareciendo los diferentes documentos integrándose unos con otros. De esta forma, su estructura está adaptada a los programas de las asignaturas del mismo nombre, por lo que, además de ser una inestimable ayuda para los técnicos, es muy útil como libro de texto. Para facilitar su lectura y comprensión, todos los temas tienen una entidad propia y al final de cada uno de ellos se incluye un apartado de autoevaluación y ejercicios, con dinámicas y preguntas que pueden utilizar el profesorado y el alumnado para comprobar si se han comprendido los contenidos. Las prácticas de computador pueden servir al técnico como base de cálculo para realizar un Estudio de Impacto Ambiental o a los estudiantes como ejercicios. Para facilitar la comprensión para unos y para comprobar los cálculos los otros, en todos los casos pueden consultarse las soluciones.

El equipo formado por los autores del libro ha impartido numerosos cursos sobre «Evaluación de Impacto Medioambiental», dirigidos a licenciados e ingenieros en situación de desempleo, organizados por la Universidad Politécnica de Madrid (UPM) y por el Instituto Madrileño de Formación para el Empleo (IMAF) y un «Seminario» a distancia (a través de Internet), que se repite varias veces al año, organizado por el Gabinete de Tele-Enseñanza (GATE) de la Universidad Politécnica de Madrid.

Al impartir estos cursos se observó que, aunque existía bastante bibliografía de consulta, no había ningún libro en el mercado que reuniera todos los aspectos que necesitábamos que tuviese el libro de texto. Desde un punto de vista docente es muy importante que una materia de este tipo se encuentre recogida en un único libro, de forma que el profesorado pueda utilizarlo como guía y recomendarlo a los alumnos. Esto es lo que se ha intentado recopilar en las siguientes páginas, de forma que su estructura reúna de forma ordenada y rigurosa todo lo necesario, y por tanto, sirva de guía tanto para un profano en la materia o al técnico que realiza o revisa los estudios, como para el profesor que tiene que impartir la asignatura.

natura y sus alumnos que tienen que poder comprender la forma de realizar, paso a paso, una evaluación de impacto ambiental de forma clara y práctica.

Se empieza por los temas más sencillos y se van enlazando los distintos pasos de manera progresiva en diferentes apartados, para que cada uno de ellos se pueda comprender de forma independiente. Esto puede producir que, para aumentar la claridad, algunos contenidos estén repetidos en más de un apartado.

En el primer Capítulo se reflexiona sobre los conceptos básicos con los que se trabaja en una evaluación de impacto ambiental y que, si no se tienen claros, es muy fácil utilizarlos de forma arbitraria y carente de significado. Por esta razón es un capítulo muy importante y necesario para todas las personas interesadas en este tema, pues se explican aspectos relacionados con la Ecología y problemas medioambientales de total actualidad y se desarrollan los problemas teóricos con que tropieza cualquier valoración ambiental y la forma de abordarlos.

El segundo Capítulo expone una revisión histórica de la legislación ambiental, los objetivos que se han perseguido a lo largo de la historia reciente y cómo ha ido cambiando para conseguirlos, de forma que al leer la normativa existente, sea fácil entender cómo está escrita y por qué, y la forma en que va evolucionando. También se describe el Procedimiento Administrativo que se ha denominado «Evaluación de Impacto Ambiental» y cada una de las partes que lo componen.

El tercer Capítulo es un capítulo fundamental en el que se detallan las partes que tiene todo el proceso de Evaluación de Impacto Ambiental, desde que el promotor solicita un proyecto, hasta que éste se realiza, con una descripción de todos los documentos y procedimientos administrativos implicados en cada fase. La parte más importante del procedimiento es el Estudio de Impacto Ambiental, por lo que cada uno de sus apartados se desarrolla en los capítulos siguientes, de forma que resulte fácil de entender todo el procedimiento, pero resaltando las partes que pueden ser más conflictivas en el debate actual sobre la metodología y viendo las diferentes posibilidades para resolver los problemas que se puedan encontrar.

Después se desarrolla la base sobre la que se sustentan todas las valoraciones del Estudio de Impacto Ambiental. En el Cuarto capítulo se analiza la «Descripción del Proyecto», resaltando las partes más importantes desde el punto de vista ambiental y realizando un árbol de acciones. En el Capítulo cinco se estudia el «Inventario Ambiental», que debe de ser llevado a cabo por un equipo pluridisciplinar y con salidas al campo, para llegar a desglosar cada elemento ambiental en una serie de factores ambientales que lo describan adecuadamente. Se detalla la manera de abordar el inventario de cada uno de los elementos ambientales, de forma suficiente para entender cómo se realiza, aunque cada uno de los elementos debe ser inventariado por expertos en cada una de las materias (Geología, Edafología, Biología, Botánica, Zoología, Química, Arqueología, etc.), cuyos conocimientos no se pueden desarrollar en un único libro. En el Capítulo seis se desglosan las diferentes técnicas de «valoración de los elementos ambientales», para llegar a ponderarlos de forma razonada.

En los siguientes capítulos empieza el trabajo con los impactos ambientales propiamente dichos: En el Capítulo siete se estudian las técnicas existentes de «identificación de impactos» a partir de las interacciones de las acciones del proyecto con los factores y elementos ambientales. En el Capítulo ocho, se trabajan las diferentes técnicas de valoración de impactos, tanto cualitativas, como cuantitativas, llegando a una metodología mixta propuesta por los autores del libro. El Capítulo nueve desarrolla las diferentes técnicas existentes para

minimizar los impactos ambientales: las medidas preventivas o protectoras, las medidas correctoras y las compensatorias. En el Capítulo diez se estudia la forma de calcular el «Impacto Final» de cada una de las alternativas, comparando los valores de cada una de ellas, antes y después de realizar las «medidas de minimización de impactos», con la intención de que sea fácil entender la decisión por una de ellas.

En el Capítulo once se analizan los contenidos del «Plan de Vigilancia Ambiental», que describe la forma en que se vigilará el correcto cumplimiento de lo establecido, tanto en el proyecto, como en las medidas de minimización de impactos.

Uno de los objetivos principales de un estudio de impactos ambiental es comunicar los resultados al público, por lo que uno de los apartados necesarios es el «Documento de Síntesis», que es el que más personas leerán en la fase de Información Pública y se estudia en el duodécimo y último Capítulo.

Al final del libro se ha recopilado un glosario que permite consultar de forma rápida todos los términos que se usan a lo largo del mismo y que pueden ser difíciles de entender. Este glosario está diseñado como una ayuda para el lector a la hora de comprender el significado de algunas de las palabras especializadas que se utilizan en el lenguaje de la Evaluación de Impacto Ambiental. Muchos términos aquí citados tienen significados muy amplios e incluso contradictorios en el lenguaje coloquial, pero en el ámbito científico o en la legislación tienen una acepción precisa, mientras que otros no se suelen utilizar fuera de los ámbitos especializados. Algunas de las expresiones nunca han sido adecuadamente definidas en este contexto y suponen la emisión de juicios de valor, a veces, donde no debería haberlos. Es necesario analizar el uso de palabras como favorable, desfavorable, dañino, benigno, estresante, duro, estable..., pues muchas veces el lector haría bien en pararse a pensar qué es lo que realmente significan en cada contexto.

El CD que se encuentra en la cubierta del libro contiene una gran cantidad de información adicional que lo complementa. En el mismo se incluye una revisión de toda la legislación relacionada con el tema, actualizada (en la fecha de edición del libro). En este apartado se encuentra tanto la legislación internacional y los convenios internacionales, como la normativa europea de aplicación, así como las normas del Estado Español y de las diferentes comunidades autónomas. Además, hay ejemplos de Declaraciones de Impacto Ambiental reales, en los que se puede ver lo que se ha tenido en cuenta para decidir si al final la valoración es positiva o negativa y con qué condiciones.

También hay dos listas de páginas web, una de ellas orientada a los proyectos y foros donde se está discutiendo la metodología o donde se puede encontrar información útil para temas concretos y otra que recopila las direcciones donde se puede actualizar la legislación.

En casi todos los temas se incluyen prácticas de computador que están inspiradas en estudios reales modificados para que sean más comprensibles y realizables en un aula de informática. En estas prácticas se incorporan diferentes estudios ambientales: tanto para estimar la capacidad de un territorio para albergar a una determinada especie o una actividad, a partir de su aptitud y su impacto, como de riesgos y los métodos de valoración de impactos. Con éstas últimas se aprende cómo influyen distintas ponderaciones de los elementos ambientales en la valoración final de las alternativas y a realizar las hojas de cálculo con las fórmulas de valoración cualitativa y la manera de seleccionar la función de transformación más adecuada para valorar la magnitud en unidades homogéneas. También se desarrolla la modificación de estos cálculos al adoptar medidas correctoras y

por último los cálculos necesarios para obtener el impacto total de cada alternativa de forma eficaz.

Todas estas prácticas, además de estar explicadas en el libro, tienen herramientas, ejemplos y soluciones resueltas en su apartado correspondiente del CD anexo.

Con todo, esperamos que el libro sea de su agrado y que le resulte útil.

LOS AUTORES

CAPÍTULO 1

Marco conceptual

Las palabras pueden tener diferentes significados según el contexto en el que se encuentren. Palabras como ecología, ambiente, medio ambiente, impacto, evaluación, factor ambiental, etc., se emplean indiscriminadamente por todos los medios de comunicación y en muy diferentes contextos, lo que produce una pérdida de su significado práctico. Muchas veces todos estos términos se usan de forma rutinaria o intuitiva, sin tener en cuenta la carga conceptual que implican y que muchos de ellos descansan sobre sistemas teóricos precisos y formas concretas de entender y representar el mundo. La utilización de determinadas expresiones es el resultado de la aceptación, consciente o no, de la visión del mundo en la que subyacen.

La amplitud de la temática ambiental y el gran número de disciplinas involucradas en ella hace que sea necesaria una revisión de qué es lo que se quiere decir cuando se nombra un concepto. En algunos casos puede tener un significado diferente según la rama del conocimiento desde la que se utilice y muchos de ellos llevan implícitos, no sólo significados científicos más o menos definidos, sino también cargas emocionales, en algunos casos, muy fuertes. Todo esto, unido a un empleo poco riguroso de los términos de referencia, conduce a que las discusiones en materia de medio ambiente tiendan a ser muy acaloradas, pero improductivas, debido a que cada uno de los interlocutores utiliza, en realidad, un lenguaje distinto.

La expresión «evaluación de impacto ambiental» está compuesta por tres términos muy generales y de uso frecuente, que podrían considerarse como conflictivos debido a que cada uno de ellos representa una concepción teórica y una visión concreta del mundo. Su utilización por separado puede tener varias acepciones posibles, incluso sentimentales, que pueden estar enfrentadas, pero al utilizarlos conjuntamente adquieren un significado muy preciso. Cada uno de los tres complementa a los otros dos, limitando su amplitud a sólo una pequeña parte de los posibles significados que tendrían en solitario. Esto no evita que en ocasiones puedan ser utilizados de forma errónea, por lo que es importante clarificar el sentido que van a tener estos términos a lo largo del libro, tanto de forma aislada, como conjunta.

1.1. EL CONCEPTO DE AMBIENTE

Probablemente sea éste uno de los conceptos más controvertidos y de más difícil consenso. El *ambiente* es algo que preocupa a todos y de lo que todo el mundo habla y opina, sea un profesional del mismo, un científico, un ecologista o cualquier persona interesada. Todo el mundo tiene en su cabeza un «concepto de ambiente» diferente, como queda normalmente de manifiesto al realizar la dinámica que se propone al final del capítulo. El problema viene cuando la idea que uno tiene no coincide con la de su interlocutor.

Para empezar, existen tres términos diferentes que se pueden utilizar para designar este concepto: medio, ambiente y medio ambiente. La mayor parte de los autores utilizan indistintamente los tres términos como sinónimos, aunque cada uno de ellos tiene un origen diferente y por tanto un matiz semántico distinto. Así, la palabra *medio* se podría definir como el elemento en el que vive una persona, animal o cosa y el *ambiente* como el conjunto de factores bióticos y abióticos que actúan sobre los organismos y comunidades ecológicas, determinando su forma y desarrollo. Según el diccionario de la Real Academia Española de la Lengua, *medio ambiente* es el *conjunto de circunstancias físicas que rodean a los seres vivos*.

Desde este punto de vista, ninguno de estos tres términos tiene un significado único, sino que está condicionado al punto de referencia que se tome. El ambiente no existe por sí mismo, sino que tiene que ser siempre el ambiente de algo. Por extensión, desde un punto de vista antropocéntrico el *conjunto de circunstancias físicas, culturales, económicas, sociales, etc., que rodean a las personas* podría ser una buena definición de ambiente o de medio ambiente en el contexto de una evaluación del impacto ambiental. Por otra parte, *circunstancia* se define como *conjunto de lo que está en torno a uno; el mundo en cuanto a mundo de alguien*. La principal diferencia entre la expresión «ambiente» y «medio ambiente» es que esta última tiene un carácter más antropocéntrico y se utiliza casi exclusivamente para representar el ambiente del ser humano, mientras que «ambiente» se puede utilizar de forma más general para cualquier ser vivo.

«Como síntesis, el 'medio ambiente' consiste en el conjunto de circunstancias físicas, culturales, económicas y sociales que rodean a las personas ofreciéndoles un conjunto de posibilidades para hacer su vida (...) es, en pocas palabras, el entorno vital del hombre en un régimen de armonía, que aúna lo útil y lo grato. En una descomposición factorial analítica comprende una serie de elementos o agentes geológicos, climáticos, químicos, biológicos y sociales que rodean a los seres vivos y actúan sobre ellos para bien o para mal, condicionando su existencia, su identidad, su desarrollo y más de una vez su extinción, desaparición o consunción. El ambiente, por otra parte, es un concepto esencialmente antropocéntrico y relativo. No hay ni puede haber una idea abstracta, intemporal y utópica del medio, fuera del tiempo y del espacio. Es siempre una concepción concreta, perteneciente al hoy y operante aquí. »

Sentencia n.º 102/1995, de 26/06/1995 del Tribunal Constitucional sobre conflictos de competencia de la ley 4/89 de «Espacios y Especies» (véase CD anexo).

El único punto de referencia válido para dar un «valor» a los elementos ambientales es la especie humana por lo que las expresiones «evaluación de impacto ambiental» y «evaluación de impacto medioambiental» pueden ser consideradas como sinónimos. El término ambiente puede referirse tanto al de una bacteria, una cucaracha o cualquier otro organismo, al ambiente de una fiesta o a cualquier otra de sus múltiples acepciones, pero la única forma de ejercer su «valoración» es desde un punto de vista humano. También se podría valorar el ambiente más adecuado para la vida de un oso pardo, pero éste no tiene por qué ser el mismo que para una mosca o la bacteria del cólera y, por supuesto, no tiene por qué ser el más adecuado para la vida humana. Para realizar su valoración es condición previa que éste se fije con un punto de referencia y este punto de referencia sólo puede ser la especie humana.

Esto no significa que el resto de los organismos no formen parte del mismo, sino al contrario, todos los seres vivos del planeta forman parte del ambiente del ser humano, aunque no todos tienen una misma «valoración». El ser humano tiene una serie de necesidades para vivir, que van desde las necesidades básicas: aire, agua y alimentos, a otras necesidades, como el espacio, las relaciones sociales, el movimiento, la energía, entretenimiento, información, paisaje... Un ambiente que no sea capaz de solucionar las necesidades del ser humano no puede tener una valoración positiva (aunque luego se verá que en algunos casos sí). Por ejemplo, la atmósfera de Marte o un lugar sin agua o sin oxígeno, no se pueden considerar adecuados para la vida humana. Otro ejemplo más cercano son los vertederos, que pueden ser un lugar muy adecuado para algunos animales como las ratas y gaviotas, pero esta abundancia de fauna no produce un aumento de su calidad ambiental, debido a que esta fauna tiene una valoración baja desde un punto de vista humano.

Mucha gente tiende a considerar «lo ambiental» como algo alejado de ellos mismos y ligado a los paisajes naturales y a la flora y la fauna salvaje. Algo que puede ser un lujo si se tienen en cuenta los problemas «esenciales»: el progreso económico, el hambre, la salud de las personas, etc. Esto no es más que una visión simplista de un problema mucho mayor. Para poder evaluar un ambiente determinado es necesario determinar si se encuentran los recursos necesarios para cubrir las necesidades básicas del ser humano (sin las cuales los demás no son tan importantes), pero donde, además, pueda vivir de una forma digna. Desde este enfoque, la flora y la fauna salvaje tendrán la importancia que tengan para el ser humano, respecto al mantenimiento de un ecosistema útil desde algún punto de vista (económico, científico, lúdico...). Estos ecosistemas son necesarios para poder asegurar la supervivencia de la propia especie humana.

Cuando la eliminación de la vegetación natural de una cuenca produce que en las próximas lluvias fuertes tengan lugar inundaciones catastróficas en su parte baja, con pérdidas económicas y de vidas humanas valorables muy por encima de los beneficios que se obtuvieron de la madera extraída, se considera que esa acción ha tenido consecuencias desastrosas que podían haberse previsto. Los daños serían ecológicos (pérdida de la capacidad reguladora del agua de la cuenca y pérdida de ecosistemas posiblemente útiles), pero además económicos y sociales. En este ejemplo queda patente que no se deben analizar los efectos de las acciones humanas de forma parcial, teniendo únicamente en cuenta los más inmediatos (beneficios de la venta de la madera), sino que es necesario conocer las relaciones y los posibles efectos secundarios para hacer una valoración global. Las visiones a corto plazo y con estrechez de miras suelen acarrear perjuicios sobre otros valores tanto o más importantes.

El hecho de que sólo las personas sean capaces de planificar sus acciones, evaluarlas y decidir si son buenas o malas, implica que cualquier valoración que se haga sea siempre antropocéntrica. La vida humana en el planeta depende de que las condiciones ambientales sean favorables para su supervivencia. El ambiente, visto como el ecosistema donde vive el ser humano, es un sistema de relaciones donde es imposible cambiar alguna cosa sin alterar otras.

Muchas veces se relaciona el ambiente con algo estático, con cosas o seres vivos, sin tener en cuenta las relaciones dinámicas entre ellas. Sin embargo, debería considerarse al ambiente como un término más parecido al de *ecosistema* o sistema de relaciones que afectan a los seres vivos. Esta visión estática de la naturaleza, que también se observa en algunos estudios de impacto ambiental, es un error muy extendido y que tiene graves repercusiones, ya que conduce a antropocentrismos reduccionistas o a falsos ecologismos igualmente reduccionistas.

Cualquier estudio ambiental debe de ser ante todo un análisis de las relaciones de los elementos del ambiente entre sí y de éstos con las personas. La forma de estudiarlo es descomponiéndolo en *factores ambientales*, que son todas las características medibles que puede tener. Para que algo pueda ser considerado un factor ambiental tiene que cumplir una serie de condiciones: tiene que ser fácilmente observable, tiene que ser medible y tiene que ser afectado o afectar de alguna manera (directa o indirecta) al organismo u organismos objeto del estudio.

En el Reglamento de Evaluación de Impacto Ambiental (Real Decreto 1131/1988), se puede encontrar una aproximación a los elementos que componen el ambiente en una evaluación de impacto ambiental:

«La evaluación de impacto ambiental debe comprender, al menos, la estimación de los efectos sobre la población humana, la fauna, la flora, la vegetación, la gea, el suelo, el agua, el aire, el clima, el paisaje y la estructura y función de los ecosistemas presentes en el área previsiblemente afectada. Asimismo, debe comprender estimación de la incidencia que el proyecto, obra o actividad tiene sobre los elementos que componen el Patrimonio Histórico Español, sobre las relaciones sociales y las condiciones de sosiego público, tales como ruidos, vibraciones, olores y emisiones luminosas, y la de cualquier otra incidencia ambiental derivada de su ejecución.»

Por supuesto, estos elementos no son medibles, por lo que hay que descomponerlos en factores ambientales, buscando indicadores medibles que proporcionen un valor a su calidad ambiental.

1.1.1. Calidad ambiental

El significado del término *calidad ambiental* puede ser muy variado dependiendo de la disciplina desde la que se esté utilizando. Obviamente no se puede utilizar la misma definición si se está midiendo la calidad del agua de riego, del aire que se respira en un puesto de trabajo, de un proceso industrial o de un espacio natural. Sin embargo, el término se utiliza en

todos estos casos, normalmente sin definirlo previamente. También se utiliza este término para definir otros conceptos importantes en una evaluación del impacto ambiental, como la propia definición de impacto que se verá en el Apartado 1. 2.

La calidad ambiental se ha definido de diferentes maneras según los objetivos de cada autor. Se pueden separar tres definiciones básicas diferentes, según estén basadas en:

- La salud ambiental.
- La salud de las personas.
- La integridad de los ecosistemas.

Desde el punto de vista de la integridad de los ecosistemas, se podría pensar que cuanto más alejada esté una comunidad de su estado clímax, menor es su integridad, pero esta visión es demasiado simplista para ser correcta. A nadie se le puede escapar que existen ecosistemas muy alejados de la estabilidad climática y que sin embargo presentan una elevada calidad ambiental, como pueden ser las dehesas u otros sistemas agro-silvo-pastorales tradicionales.

De forma más general, la *calidad ambiental* se puede asimilar al mantenimiento de una *estructura* y una *función* similar a la que se encuentra en ecosistemas naturales equivalentes. Es decir, que la composición de especies, la diversidad y los ciclos de materia y flujos de energía que se producen, mantengan una estructura equilibrada. Para realizar estas valoraciones es muy importante la conservación de cada uno de los tipos de ecosistemas, al menos en una muestra suficientemente amplia, para utilizarlos como puntos de referencia libres de las interferencias humanas.

Una ventaja de esta aproximación es que se pueden desarrollar índices de calidad ambiental «objetivos», basados en la comparación de los ecosistemas naturales con los alterados. Los ecosistemas con características similares a los de las áreas inalteradas tendrán una integridad mayor y por tanto una mejor calidad ambiental. Debido a esto, la *integridad* ha adquirido rango legal para la instalación de los parques nacionales de Canadá y para la legislación de aguas de los Estados Unidos. Sin embargo, su principal desventaja es que no se puede utilizar para medir la calidad ambiental de espacios no naturales, como los urbanos o industriales. Una ciudad o una zona verde urbana no tienen una mejor calidad ambiental porque se parecen más a un ecosistema natural. Las funciones que tienen que realizar estos espacios son demasiado diferentes.

En estos casos puede ser mucho más útil la aproximación a partir de la «salud ambiental» comparando un ecosistema (urbano o natural) con un organismo vivo, que tiene que cumplir una serie de funciones vitales y mantener una cierta autorregulación de sus características y que por lo tanto, puede estar sano o más o menos enfermo. Desde este punto de vista, un ambiente se considerará sano si es capaz de cumplir su función tanto en condiciones normales, como cuando es perturbado por alteraciones externas, manteniendo una cierta capacidad de auto-recuperación.

En ambientes que tienen que ser habitados por mucha gente, como puede ser el lugar de trabajo en una fábrica, un colegio, un hospital, o a otra escala, una ciudad, el concepto de calidad ambiental tiene que referirse necesariamente a las necesidades que tienen los que van a utilizar estos ambientes. En estos casos la calidad ambiental dependerá de variables como el ruido, la calidad del aire, las radiaciones electromagnéticas, etc. Todo lo que pueda afec-

tar positiva o negativamente a las personas y a su salud tendrá que ser incluido en la valoración. Es decir, que un lugar tendría una buena calidad ambiental (desde el punto de vista de la salud de las personas) si cubre adecuadamente las necesidades básicas, de alimentación (productos sanos) y aire y agua (limpias), si no hubiera contaminantes, ruidos molestos, etc. La desventaja de este criterio es que al estar referido a las personas, sólo es aplicable para los lugares donde habitan éstas.

En ninguno de los tres casos la valoración puede ser estrictamente objetiva, ya que la mayor parte de las valoraciones dependen de la percepción que tenga cada persona y las opiniones del público sobre lo que es deseable y lo que no lo es. Las percepciones subjetivas forman parte del ambiente, por lo que el concepto de calidad ambiental no puede escapar a esta subjetividad. Para realizar una valoración correcta, habrá que tener en cuenta, por tanto, las tres aproximaciones vistas anteriormente, en diferente medida según el ambiente que se esté tratando y la opinión de la gente que pueda verse afectada, tanto desde un punto de vista físico, como sentimental.

1.1.2. Ambiente y Ecología

Uno de los problemas que tiene el concepto de *ambiente* tal y como se ha definido anteriormente, es que no es un concepto operativo desde un punto de vista científico. Si su significado depende de cuál sea el punto de referencia, en cada caso la definición corresponderá a un objeto diferente. Lo que se entiende por ambiente depende de la visión que tienen del mismo las personas y por tanto puede tener una valoración diferente según las opiniones, la forma de entender la vida, la filosofía, las modas, las costumbres y las limitaciones de ciertos recursos, dinero o salud que tengan las diferentes poblaciones humanas en ese determinado momento. Esto hace que no sea comparable y por lo tanto no se puede considerar *científico*.

Sin embargo, ya se ha visto que este concepto es asimilable al concepto de *ecosistema*, que se puede considerar como el modelo científico o comparable de un determinado ambiente. De hecho, la parte *eco* de la palabra se refiere al ambiente, mientras que la parte *sistema* implica que es un sistema, es decir, un conjunto de partes interrelacionadas que funcionan como un todo. Un *ecosistema* siempre tiene que contener algún elemento vivo y es necesario definir sus límites espacio-temporales de alguna manera (topográfica, cualitativa...), de forma que quede claro qué elementos forman parte del sistema y cuáles no. Esto es lo que lo convierte en un elemento comparable y por lo tanto *científico*, aunque por la misma razón, no está sujeto a valoraciones.

La ciencia que estudia los ecosistemas es la *Ecología*. Ésta ha sido definida de formas muy diferentes a lo largo de su corta historia, estrechando o ensanchando su campo de acción según la definición que se utilice. Así, el primero en definirla, en 1868, fue Haeckel, como: «*la Ciencia de las relaciones que mantienen los organismos vivos entre sí y con su entorno físico-químico*». Realmente, las *relaciones ecológicas* a las que hace referencia Haeckel, se estudiaban desde diferentes disciplinas desde hacía ya mucho tiempo, pero nadie les había dado suficiente importancia, sino que se trataban como algo secundario en diversas ramas de la Ciencia.

La importancia de las relaciones entre las características climáticas, el suelo y la distribución de las diferentes especies de animales y plantas, se puso de manifiesto en las gran-

des expediciones científicas realizadas entre los siglos XVIII y XIX. El objetivo de éstas era principalmente de cartografía, recolección y catalogación de nuevas especies y datos geológicos. La primera referencia a una visión global del mundo se debe a Alexander von Humboldt (1769-1859) quien, basándose en sus expediciones por Sudamérica y Eurasia, manifestó la idea de la unidad del mundo, donde todo se relaciona con todo, incluyendo al propio ser humano como parte de ese todo o *kosmos*.

Para estudiar mejor estas interrelaciones, se realizaron nuevas expediciones en las que navegaban en un mismo barco especialistas de diferentes disciplinas. Una de las más destacadas fue la de la corbeta *Challenger* (1873-1876), durante la cual se recopilaban datos de gran interés para la Oceanografía, Meteorología, Geología, Botánica, Zoología y Geografía Física. Las relaciones que se encontraban entre los datos de las diferentes disciplinas eran tan evidentes que la Ecología Cuantitativa debió nacer en el mar, así como la Biogeografía y la Ecología Descriptiva nacieron de las expediciones terrestres.

Sin embargo, algunas definiciones de Ecología de principios del siglo XX, limitan esta Ciencia al estudio de una población de una determinada especie y sus relaciones con su entorno inmediato (clima, suelo...), lo que más tarde se denominaría *Autoecología*. Posteriormente se amplió la definición al estudio de las *comunidades biológicas* (conjunto estable de poblaciones de diferentes especies). Después de la segunda guerra mundial el desarrollo de la informática permitió el estudio de los sistemas de relaciones complejos y se amplió el campo de acción al estudio del ecosistema como sistema, tanto a escala local como global.

Actualmente la Ecología como ciencia tiene tantas ramas que parece difícil unificarla como una única ciencia: por un lado estudia las relaciones de las poblaciones (ecología del comportamiento, ecología del sexo, distribución, autoecología...) y de las comunidades biológicas (diversidad y estabilidad de las comunidades, heterogeneidad de hábitats, organización de las comunidades, dinámica espacio-temporal, coevolución, historia de la vida), y por otro los ciclos de materia y flujos de energía que se dan, tanto en los ambientes naturales, como en ambientes humanizados (procesos de descomposición, ciclos de diferentes elementos, producción primaria y secundaria en ambientes naturales y artificiales...) y las relaciones con el ser humano (ecología del paisaje, conservación de ambientes variables, productividad de cultivos y otros procesos, efectos de la contaminación, concentración biológica de radioisótopos, metales pesados y pesticidas, efectos del fuego en ecosistemas naturales y artificiales, epidemiología...). De una forma general se podría definir la *Ecología*, como el estudio sintético de la *estructura y función* de la naturaleza (o de los ecosistemas), desde cualquiera de las aproximaciones anteriores.

Esta definición establece que la idea de *sistema* es el eje fundamental de la Ecología moderna, pero no es exclusiva de la Ecología. Se estudia también en otras ciencias, como la Física, la Economía o la Informática. En cada una de estas disciplinas, los elementos que interactúan son diferentes, pero en muchos casos, las propiedades emergentes pueden tener características similares.

Los sistemas estudiados en Ecología suelen ser complejos (poblaciones, comunidades biológicas o ecosistemas) y la única diferencia con los estudiados por otras ciencias es que, en los ecosistemas, siempre tiene que haber algún componente vivo. Los que carezcan de este componente *biótico* no pueden considerarse ecosistemas.

El número de relaciones posibles entre elementos del sistema se puede calcular como el cuadrado del número de clases de elementos presentes. Pero no todas estas relaciones tienen

por qué darse de forma directa ni recíproca, pudiendo variar también la intensidad con la que se producen. Esto hace que cuanto mayor sea la diversidad de una comunidad, mayor es la estabilidad del ecosistema, ya que aumenta de forma exponencial el número de posibilidades de interacción con cada nueva especie. Es importante destacar que las especies nuevas en el ecosistema no pueden cumplir las mismas funciones que una especie que ha evolucionado junto al resto de especies de la comunidad durante miles de años. Una mezcla de especies introducidas no es equiparable a una *comunidad* con una alta diversidad.

Por otro lado, los seres vivos no sólo están afectados por las características del ambiente donde viven, sino que además son capaces de modificarlo, generalmente para hacerlo más favorable a su propia existencia. Desde un punto de vista general, se puede decir que la vida en el planeta Tierra está favorecida por las condiciones ambientales proporcionadas a lo largo de la historia del planeta por la propia vida. La hipótesis Gaia de Lovelock, enunciada por primera vez en 1979, postula que la *homeostasis* de los ecosistemas está regulada por los seres vivos.

A nivel planetario, la temperatura del planeta, la concentración de oxígeno en la atmósfera y otras variables importantes, están mantenidas en márgenes muy estrechos por la actividad reguladora de los seres vivos. En las propias palabras de Lovelock (1979):

«La composición química de la atmósfera no guarda relación con lo que cabría esperar de un equilibrio químico de régimen permanente. La presencia de metano, óxido nitroso y de nitrógeno incluso en nuestra oxidante atmósfera actual representa una violación tan estrepitosa de las reglas de la química que hace pensar que la atmósfera no es un nuevo producto biológico, sino más probablemente una construcción biológica: si no viva, algo que, como la piel de un gato, las plumas de un pájaro o el papel de un nido de avispas es una extensión de un sistema viviente diseñada para conservar las características de un determinado entorno.»

En todas las comunidades naturales maduras, la composición de especies no es al azar, sino que es la que produce una estabilidad de la comunidad y cambios en los factores ambientales que favorecen su propia persistencia. Esto conviene tenerlo en cuenta a la hora de gestionarlas o de alterar su *estructura y función* de alguna manera.

1.1.2.1. **Estructura y función de los ecosistemas**

Un ecosistema, como cualquier otro *sistema*, es un conjunto de partes interrelacionadas que funciona como un todo. Es decir, que existen unas relaciones entre sus elementos (*estructura*) y éstas definen una serie de propiedades emergentes que no son explicables sólo con la suma de las partes (*función*). Un ejemplo de sistema puede ser un caballo de carreras (sistema vivo) o un automóvil (sistema inerte). En ambos casos es fácil determinar las *propiedades emergentes del sistema (función)*: velocidad punta, potencia, estabilidad en las curvas, etc. Estas propiedades dependen de que las interacciones entre los órganos del caballo o partes del motor del automóvil se den de una determinada manera, es decir, de la *estructura* del sistema.

En algunos casos, para funciones parecidas, en sistemas totalmente diferentes, aparecen subsistemas con propiedades similares. Por ejemplo, la resistencia del caballo o del auto-

móvil dependerá de cómo sean de eficientes en la transformación de la energía química del alimento o del combustible y de cómo funcione el sistema de refrigeración en cada caso. Cuando alguna parte del sistema no funciona correctamente, su función también se ve afectada en mayor o menor medida.

La *estructura de un ecosistema* es la parte visible del mismo, es decir, la forma en que aparecen dispuestos sus componentes, tanto bióticos como abióticos. Éstos no están distribuidos al azar, sino integrados en una serie de unidades funcionales que son la expresión visible de la función del conjunto. Tanto el número de especies, su abundancia relativa y su distribución espacial y temporal, como las características del suelo, la atmósfera, etc., forman parte de la estructura del ecosistema, y para describirla se utilizan expresiones que pueden sintetizar su complejidad, como su diversidad, biomasa, cantidades relativas de plantas, herbívoros y carnívoros, etc. Estas variables proporcionan una idea de las relaciones que se están dando en su interior.

La *función de un ecosistema* hace referencia a las relaciones que existen entre sus componentes. Estas relaciones tienen lugar mediante el intercambio de materia, energía o información, tanto entre sus componentes, como entre el ecosistema y el exterior.

Uno de los problemas filosóficos que se plantean con la *función de los ecosistemas* tiene que ver con el concepto de *finalidad*. En el caso de un ser vivo, la finalidad de todo el sistema parece ser el mantenimiento y perpetuación de la vida, porque es la tendencia general de los seres vivos. Los mecanismos y las razones por las que aparece esta finalidad parecen explicables por la selección natural. Ahora bien, en los ecosistemas existe una tendencia generalizada, mediante la sucesión, a optimizar la utilización de la energía y a maximizar la permanencia de esta energía dentro de las estructuras biológicas (madera, caparzones, humus del suelo, etc.), pero no se ha encontrado todavía ningún mecanismo que explique a qué se debe esta *finalidad*.

Un ecosistema puede modelizarse como un ciclo de materia movido por un flujo de energía, aunque según donde estén las fronteras del mismo, la materia puede no moverse de forma cíclica, sino también en forma de flujo. La energía entra en los ecosistemas, principalmente en forma de radiación solar y sale de ellos en forma de calor. En su interior se establecen relaciones de transferencia de energía entre los diferentes compartimentos tróficos (productores primarios o plantas fotosintéticas, herbívoros y carnívoros). La materia sirve de vehículo para este flujo de energía y se transforma continuamente mediante reacciones de reducción (almacenando energía) o de oxidación (liberando energía).

Para que este flujo de energía se produzca es necesaria la existencia de una fuente de energía (el sol, energía geotérmica...) y un sumidero (el espacio). Los seres vivos del ecosistema funcionan como eslabones por los que fluye la energía y en los que permanece durante un tiempo variable, antes de pasar a otro ser vivo o convertirse en calor.

Los ecosistemas tienden a acumular energía y nutrientes minerales en forma de organismos. La *biomasa de un ecosistema* representa la cantidad de energía fijada en forma de seres vivos y se expresa con unidades de masa en seco (g, kg...) o masa de carbono por unidad de superficie o de volumen. En los ecosistemas terrestres la cantidad de biomasa vegetal es siempre mayor que la animal, mientras que en ambientes marinos suele ocurrir lo contrario debido a que las plantas marinas tienen una *tasa de renovación* muy alta. La cantidad global de energía que fluye por un *nivel trófico* inferior siempre tiene que ser superior a la que fluye por un *nivel trófico* superior (véase Figura 1.1).

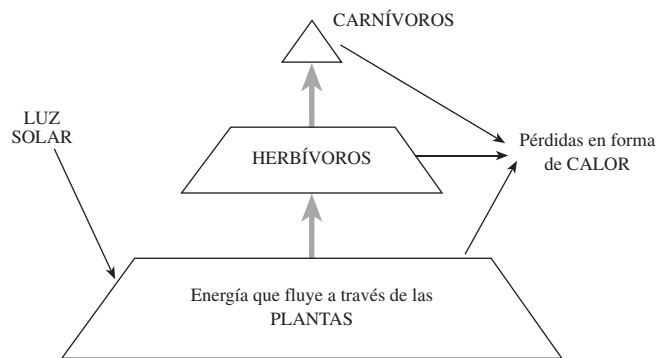


Figura 1.1. Flujo de energía a través de los distintos niveles tróficos del ecosistema. La cantidad de energía que fluye a través de las plantas siempre es mucho mayor que la que fluye a través de los herbívoros y ésta es mayor que la que llega al nivel trófico de los carnívoros. El resto se pierde en forma de calor.

Por otro lado, la materia tiende a moverse de forma cíclica dentro de los ecosistemas, pasando alternativamente por diferentes fases: los organismos, el suelo, el agua o la atmósfera. Existen nutrientes minerales como el fósforo y el potasio que no tienen una fase atmosférica en su ciclo y por tanto pueden ser escasos en determinados lugares. En estos lugares se suelen dar mecanismos que impiden o dificultan su pérdida.

Además de los flujos de materia y energía, en los ecosistemas se producen relaciones de transferencia de información, que pueden llegar a ser muy importantes, pero que son más difíciles de detectar y de medir. Estas relaciones de información se originan cada vez que un organismo detecta la presencia de otro, de un recurso o de un peligro. Todos los seres vivos están adaptados a reaccionar de diferentes maneras según la información que reciben, sea ésta verdadera o ficticia. Por esto, muchos animales tienden a adoptar colores o formas crípticas para no ser detectados por otros animales, las flores adquieren colores llamativos para atraer a los polinizadores o las aves intercambian información mediante sus cantos.

Las alteraciones de estos flujos de información pueden suponer cambios en la estructura y función de los ecosistemas: si se ilumina una zona y se cambia el fotoperiodo de las plantas, éstas pueden florecer en una época desfavorable, las polillas se desorientan engañadas por la luz de las farolas o si determinados ruidos son percibidos como señales de peligro por algunos animales, éstos adoptarán comportamientos de huida, aunque no exista un peligro real.

1.1.2.2. *Heterogeneidad espacial y temporal*

Un lugar habitable para una especie puede dejar de serlo con el tiempo, debido al agotamiento de algún recurso imprescindible o al cambio de condiciones ambientales, como la entrada de una especie invasora. Un claro del bosque puede ser un hábitat adecuado para las plantas que necesitan luz para germinar, pero según se va cerrando la vegetación, el ambiente se va haciendo inapropiado para estas especies, mientras que empieza a ser favorable para las especies de sombra. Al mismo tiempo, en otros lugares aparecen hábitats nuevos, por la

caída de un árbol grande, que permiten que aparezcan las primeras plantas, creándose un mosaico de comunidades que cambia con el tiempo.

Uno de los rasgos más importantes de los *mosaicos de heterogeneidad ambiental* es que las áreas habitables están más o menos separadas en el espacio y además cada una de ellas tiene una duración o presenta una vida media de habitabilidad determinada. Todas las especies, incluso en las poblaciones más estables, necesitan de mecanismos de dispersión que les permitan la colonización de nuevas áreas donde poder desarrollarse, tanto en el espacio, como a lo largo del tiempo (ya que las condiciones van cambiando en todas partes).

Un territorio normalmente es un mosaico de zonas habitables (donde los recursos y las condiciones ambientales son adecuados) e inhabitables, para determinadas especies. Sin embargo, no todas las especies han tenido la oportunidad de llegar a todas las zonas que en principio serían adecuadas para ellas, sino únicamente a las que su historia y *capacidad dispersiva* les han permitido.

Heterogeneidad espacial. El concepto de *paisaje* tiene una connotación valorativa, que tiene que ver con el efecto que tiene sobre las personas la información que reciben de un determinado ambiente. Sin embargo, la *Ecología del Paisaje* estudia la influencia que la heterogeneidad espacial tiene sobre la función del sistema, o lo que es lo mismo, la influencia del patrón espacial sobre los procesos. Por tanto, un *paisaje* es un ecosistema, considerado desde el punto de vista de su heterogeneidad espacial. Éste está constituido por un conjunto de *unidades paisajísticas* consideradas homogéneas y diferenciadas de otras. Otra forma de definirlo, igualmente correcta, es como un conjunto de ecosistemas (considerando cada una de las *unidades ambientales* anteriores como un ecosistema diferenciado). La definición de ecosistema permite ajustar la escala de observación a las propiedades que se quieren observar.

En cualquier caso, lo que no se debe de perder de vista es que la función del conjunto depende de las relaciones entre sus partes. Las relaciones que tendrá una parcela de cultivo con el ambiente circundante serán diferentes si las manchas vecinas corresponden a un polígono industrial (entrada de contaminantes), un bosque o un pastizal (entradas de flora, fauna y de nutrientes), o a otros campos de cultivo (plagas comunes). Un caso extremo es cuando se encuentran unidades ambientales que actúan de barreras que impiden el movimiento de determinadas especies, o de corredores que lo favorecen.

Por ejemplo, un río hace de barrera para las especies terrestres y de corredor para las especies acuáticas o incluso para las especies forestales, si se mantiene la vegetación de ribera. Una carretera o una valla son barreras infranqueables para determinadas especies.

En general, si se quiere mantener la funcionalidad de un ecosistema, es necesario mantener el patrón espacial característico del mismo.

Heterogeneidad temporal. Aunque en algunos casos se ha llegado a poner en duda la importancia de la heterogeneidad espacial de los ecosistemas, nunca se ha dudado del carácter heterogéneo de la estructura temporal de los ecosistemas. Los ecosistemas cambian según ciclos circadianos, estacionales, etc., pero también cambian de forma direccional, cuando sufren algún tipo de perturbación o en ausencia de éstas, en lo que se llama la *sucesión ecológica*.

La sucesión ecológica es un proceso de *autoorganización* del ecosistema, que se produce desde que los primeros organismos (pioneros) colonizan un primer espacio vacío, hasta

que al cabo de mucho tiempo, el ecosistema alcanza un estado de equilibrio, que no cambia o lo hace muy lentamente y que se denomina *clímax*.

La estabilidad del estado de madurez del ecosistema no es inmutable, sino que está sujeto a cambios drásticos en forma de perturbaciones (incendios, huracanes, etc.) que rejuvenecen el ecosistema llevándolo a etapas iniciales de la sucesión, o a cambios graduales producidos por variaciones lentas en las condiciones climáticas iniciales, la selección natural, etc.

Los ecosistemas constituyen siempre estructuras dinámicas y el concepto de *clímax* es una abstracción de la realidad, que se puede definir como el límite al cual tiende el proceso de sucesión. Otra aproximación diferente es considerar las perturbaciones como fenómenos regulares menos frecuentes, de ciclo largo, pero para los que las especies y los ecosistemas responden de formas concretas.

Un ejemplo típico de sucesión es el proceso de colonización de una isla volcánica recién emergida del fondo del mar, que se irá colonizando con las especies que sean capaces de llegar, pero según vaya aumentando el número de especies, aumentará la complejidad del ecosistema y éste se va haciendo más eficiente en la utilización de los recursos y en la acumulación de la energía y los nutrientes en forma de estructuras vivas. Lo mismo ocurre con una tierra de cultivo abandonada, que primero se llenará de «malas hierbas» y con el paso de los años irá evolucionando hacia un bosque.

En el proceso de sucesión las características de los ecosistemas cambian de forma direccional, de forma que aumenta la cantidad de *biomasa* acumulada y la *eficiencia* de todo el sistema, no sólo desde el punto de vista de la mejora de la fotosíntesis total, sino principalmente de la acumulación de energía y nutrientes en forma de organismos vivos. Al aumentar la cantidad total de seres vivos, aumenta la respiración del sistema (necesaria para el mantenimiento de esta biomasa) y por tanto la *producción neta del ecosistema* (cantidad de biomasa producida) disminuye, hasta llegar a cero en el hipotético estado *clímax*, en el que toda la *producción primaria* (energía acumulada mediante la fotosíntesis) se utiliza en el mantenimiento de los organismos vivos del propio ecosistema. La *tasa de renovación* de la biomasa del ecosistema (producción/biomasa) disminuye con la sucesión al aumentar la cantidad de biomasa. Al aumentar la complejidad y organización del ecosistema, aumenta también su *resiliencia* o capacidad para responder a perturbaciones externas. Se dice que durante la sucesión aumenta la *madurez del ecosistema*.

Una implicación de lo dicho anteriormente es que un ecosistema que se encuentre en una etapa avanzada de la sucesión, no puede ser explotado (extracción de biomasa) y mantener su estructura y su función. La Figura 1.2 indica cómo al extraer parte de la biomasa del sistema se disminuye la respiración global del mismo (el mantenimiento de la biomasa extraída ya no consume energía), de forma que se le revierte a una etapa anterior de la sucesión, más productiva. Por eso los ambientes explotados por el ser humano se encuentran en una etapa inicial de la sucesión y son más simples de lo que serían en ausencia de explotación.

Si la explotación es continuada, puede darse una cierta estabilidad entre la tendencia natural del ecosistema a avanzar en la sucesión y las regresiones producidas por la actividad extractiva. En estos casos es útil considerar las actividades extractivas (cultivos, pesca, extracción de madera, etc.) como perturbaciones cíclicas que mantienen la estabilidad del ecosistema, igual que lo hacen el paso de las estaciones u otros cambios cíclicos.

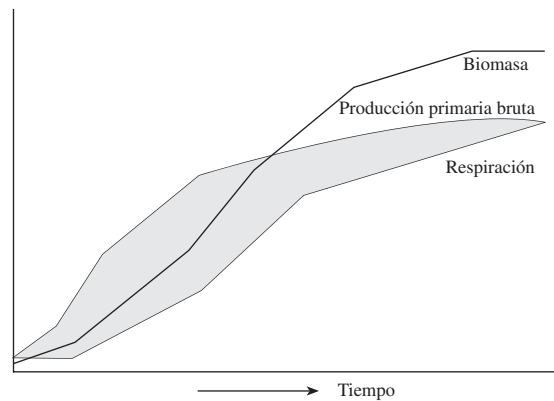


Figura 1.2. Evolución de la cantidad de biomasa, respiración y producción primaria bruta a lo largo del proceso de sucesión en un ecosistema. La productividad (en gris) es la diferencia entre la producción primaria bruta y la respiración.

cos, considerando estas perturbaciones como parte integrante del ecosistema y no como algo externo.

Las especies adaptadas a ambientes estables no pueden dominar y excluir a otras especies en un ambiente con perturbaciones cíclicas, por lo que en algunos casos aumenta la diversidad del sistema. Un ejemplo bastante ilustrativo de esto es el abandono de los usos tradicionales del monte mediterráneo (extracción de leña, madera...), que ha llevado a una disminución de la diversidad y a una inestabilidad de todo el sistema (aumento de incendios y plagas), debido a que estos ecosistemas no estaban adaptados para que cesara el ciclo de perturbaciones que se llevaba practicando durante posiblemente miles de años.

El mantenimiento de un ecosistema que está siendo explotado necesita de un suministro de recursos (agua, nutrientes...) para responder a la producción que se extrae. Esto implica que serán más fácilmente explotados los que tengan estos aportes de forma natural, como los bancos pesqueros de los afloramientos de nutrientes o los cultivos en zona de sedimentación (deltas, vegas, valles...).

Cada ecosistema es la historia de sus perturbaciones, es decir, su estructura y su función reflejan las perturbaciones que ha sufrido en el pasado y a las que se ha tenido que adaptar. En algunos casos esta historia representa un valor cultural que puede tener un ecosistema, al igual que los monumentos históricos. Estos elementos heredados tienen la característica de ser insustituibles, ya que las circunstancias en que se crearon ya no se volverán a dar y su alteración o desaparición es por tanto irreparable. Estas consideraciones tienen especial importancia en los lugares con una larga historia de uso del entorno, como es toda la cuenca mediterránea.

Los ecosistemas mediterráneos actuales son el fruto de la historia más que de la sucesión ecológica, por lo que para valorar adecuadamente las repercusiones de las acciones que se realizan sobre los mismos hay que tener en cuenta esta característica.

Algunos elementos perduran con funciones diferentes a las que tenían en ecosistemas anteriores, como los olmos de las plazas de los pueblos o los olivos o algarrobos centenarios que siguen dando cobijo a las aves en algunos campos abandonados.

1.1.3. La utilización del ambiente

Todos los seres vivos necesitan un ambiente adecuado para su correcto desarrollo, que se puede definir como un rango determinado de valores para cada uno de los factores ambientales que afectan a cada individuo, especie o comunidad. La *plasticidad ecológica* determina la capacidad de acomodarse a las variaciones que se producen en el ambiente. El punto a partir del cual, para un determinado factor ambiental, la vida o la reproducción ya no es posible, es lo que se denomina un *límite de tolerancia*. Entre el límite de tolerancia superior e inferior para cada especie y cada factor ambiental es donde se encuentran los valores óptimos para el desarrollo de ésta.

De esta forma se puede definir el *nicho ecológico* como la combinación de los rangos de valores de todos los factores ambientales entre los cuales es capaz de vivir y reproducirse una especie determinada, incluida la disponibilidad de los recursos que necesita. Todos los seres vivos son capaces de cambiar su comportamiento o su metabolismo en mayor o menor medida, para adaptarse a las variaciones de los factores ambientales, pero normalmente necesitan un tiempo de *aclimatación*. Si las condiciones cambian demasiado rápido, un organismo puede morir aunque no se hayan sobrepasado sus límites de tolerancia.

Lo anteriormente expuesto también es aplicable para el ser humano. Para poder existir y reproducirse las personas necesitan tener cubiertas, al menos, lo que se denomina las necesidades básicas, pero además, para llevar una vida «digna», tienen otras necesidades que también pueden llegar a ser muy importantes.

Normalmente sólo se es consciente de los recursos necesarios para la vida del ser humano cuando estos escasean, o de las limitaciones ambientales de determinados factores (temperatura, radiaciones...) cuando estos alcanzan valores en los que el medio resulta hostil e inhabitable. El agua dulce, por ejemplo, es un recurso natural que se ha utilizado siempre para las actividades agrícolas e industriales, pero su verdadero valor aparece cuando ya no está disponible y es entonces cuando se decide «proteger» para mantener su calidad, llegando a ponerle un precio o ciertas limitaciones para su uso. Los recursos no sólo son materiales o energéticos, sino que en muchas ocasiones son la propia información que se puede extraer del ambiente.

Actualmente se utilizan muchos recursos naturales que no se valoran ni tienen un precio en el mercado, no porque no sean importantes, sino porque hasta ahora no han escaseado. La concentración de oxígeno en el aire, la belleza de un paisaje, la diversidad, la capacidad de asimilación de los océanos, son algunos de los recursos que se utilizan de forma gratuita, aunque no por ello carecen de valor. Sin embargo, algunos de estos «recursos» están empeñando a valorarse, si no desde un punto de vista monetario, al menos como algo que puede llegar a escasear o a perder la calidad que tenía.

El ser humano no sólo utiliza los recursos del medio en forma de materias primas o de fuentes de energía, sino que una vez utilizados, estos vuelven al entorno en forma de desechos, tanto sólidos, como líquidos o gaseosos. La capacidad que tiene el medio para absorberlos es otro factor ambiental importante para su supervivencia. Un determinado lugar, cuando actúa como *soporte de infraestructuras* no puede ejercer otras funciones como puede ser la agricultura, el mantenimiento de la diversidad, la producción de oxígeno o la absorción de desechos. Esto lleva a que en muchos casos se produzcan conflictos sobre cuál es el uso adecuado que debe darse a cada territorio. Estos conflictos sólo se pueden resolver con una ade-

cuada *ordenación del territorio* o lo que es lo mismo, una visión global de las funciones que deben de ser cumplidas por uno u otro ecosistema (producción de alimentos o de otros bienes de consumo, vivienda, cultura, producción de oxígeno, absorción de desechos, etc.) y la localización de la ubicación adecuada de cada una de estas funciones en un territorio determinado.

De todos los factores ambientales necesarios para el desarrollo del ser humano, únicamente unos pocos recursos han alcanzado un carácter económico y por lo tanto de propiedad. El resto (el aire, por ejemplo) no son propiedad de nadie y por lo tanto, nadie siente la responsabilidad de cuidarlo, al menos de forma particular. Esto es debido principalmente a que no existe la capacidad tecnológica suficiente para controlar su uso o porque la aplicación de algún sistema de gestión del recurso llevaría más gastos que beneficios. En el momento en que un recurso puede ser controlado y gestionado de forma rentable, entra dentro de la economía de mercado y es adquirido en propiedad por alguna entidad estatal o privada. El resto de recursos seguirán siendo de dominio público, pero no por ello se debe permitir que se degraden para el beneficio inmediato de unos pocos.

Una forma de abordar este problema es la visión de los sistemas económicos como subsistemas dentro del sistema social y ecológico en el que se integran y no como un sistema independiente. Esto necesita de un cambio en los indicadores que se utilizan para valorar la gestión económica, que tienen que dejar de ser indicadores monetarios para convertirse en indicadores sociales o ecológicos. Así, la destrucción de un bosque no se puede interpretar como la creación de riqueza, debido al beneficio de la venta de la madera, sino como una pérdida de riqueza, al destruirse un recurso natural renovable que, correctamente gestionado, hubiese proporcionado madera y otros beneficios de forma indefinida.

Al realizar una valoración del ambiente es necesario, por tanto, tener en cuenta los *elementos sociales*, tales como las condiciones de sosiego, las relaciones económicas o el patrimonio histórico-cultural, pero no de forma contrapuesta a lo que se denominan *elementos naturales* (la gea, la flora, la vegetación, la fauna, el clima, etc.), sino aunándolos todos en el mismo análisis y teniendo en cuenta las interacciones que aparecen entre todos ellos. De esta forma se corrige la visión errónea (pero muy extendida) de que todas las actividades humanas son elementos intrusivos y por lo tanto degradan a los elementos naturales.

Desde muchos ámbitos se considera un concepto de ecosistema que excluye al ser humano y sus actividades, considerándolo como algo externo y limitando su definición a los animales y plantas y sus interacciones con el medio físico. En las evaluaciones de impacto ambiental o en cualquier otra valoración medioambiental esta definición es claramente errónea y produce un tratamiento inoperante del ambiente.

1.1.4. Problemas de escala e incertidumbre

No existe ninguna limitación ni espacial ni temporal a la hora de definir un ecosistema, pero sin embargo, para poder trabajar sobre su estructura y su función, es muy importante que estos límites estén bien definidos en cada caso concreto. Sin embargo, la propia definición de ecosistema como sistema de relaciones dificulta encontrar los límites más adecuados para cada estudio, ya que las relaciones pueden darse a veces a mucha distancia. Esto se soluciona separando las relaciones del ecosistema definido con los límites de un determinado territorio,

que se dan entre sus elementos, de las relaciones que se dan entre el ecosistema y su entorno, o entre elementos del ecosistema y elementos que se encuentran fuera del mismo.

Casi todos los ecosistemas habrá que considerarlos, por tanto, como *ecosistemas abiertos* y tener en cuenta sus relaciones con elementos exteriores a los mismos. La elección de sus límites dependerá de las características que se quieran resaltar. Algunas excepciones pueden ser los estudios de la biosfera en su conjunto (los intercambios de materia con el espacio exterior son tan pequeños que se pueden despreciar) o un ecosistema artificial, como un acuario o terrario, al que sólo se le aporte energía.

Se puede considerar una mancha de bosque como un ecosistema si las relaciones que se quieren resaltar son las que se dan dentro de la misma, mientras que las que se producen con las formaciones de alrededor serán consideradas como relaciones con el exterior del ecosistema. Sin embargo, si lo que se quiere estudiar es la forma en que se integra esta mancha de bosque en un territorio, los límites adecuados del ecosistema serán los formados por todo el territorio en cuestión.

Las características de un ecosistema cambian también según la *escala de observación*. Un ejemplo típico de este problema es el *área de distribución* de una especie, cuyas características cambian según se trabaje a una escala regional, provincial, estatal o global, de la misma forma que los factores ambientales que determinan su distribución son también diferentes según la escala del estudio.

Por ejemplo, para una planta, a una escala de micro-distribución, los factores más importantes suelen ser el microrelieve o la competencia con otras plantas, mientras que a una escala algo mayor, las características del suelo pueden ganar importancia y a una escala global las características climáticas serán las que mejor expliquen su presencia. De forma que los resultados cambiarán según el tamaño del área de estudio.

De forma similar, la *escala temporal* también afectará a las conclusiones del estudio. Si por ejemplo, se está analizando la estabilidad de una comunidad, los datos pueden ser contradictorios en apariencia, a diferentes escalas: muy inestable con una escala de tiempo pequeña y estable al ampliar la escala, o viceversa. Una comunidad de insectos en primavera puede ser muy diferente a la que se encuentre en el mismo lugar en invierno, pero si se amplía la escala de observación a varios años, puede ser una comunidad estable. Al observar la misma comunidad de insectos durante varias decenas de años pueden aparecer ciclos de varios años que aumenten la inestabilidad de la comunidad, asociados a cambios periódicos en el clima (ciclos de sequías) o de la vegetación (*vecería*).

El efecto de ciertas perturbaciones, como los incendios o ciertas plagas, también varía si se observa a una escala temporal o a otra. Un incendio o una plaga puede ser perjudicial a corto plazo, pero la eliminación de biomasa que supone puede evitar incendios o plagas mayores a largo plazo. En algunos ecosistemas una cierta cantidad de incendios pequeños pueden evitar que se acumule biomasa y se produzcan incendios catastróficos de gran extensión. De hecho, en algunas zonas de clima mediterráneo se utilizan las quemadas controladas como forma de prevenir los grandes incendios forestales.

Se afirma entonces que los ecosistemas son *jerárquicos*, es decir, que se pueden estudiar a diferentes *escalas de observación* (temporal y espacial), en las que cambian las propiedades de su estructura y función. Esto hay que tenerlo en cuenta siempre que se realiza cualquier estudio ambiental, ya que si no se especifica cuál ha sido su escala de observación, las conclusiones pueden ser contradictorias con la realidad. La escala temporal y espacial se fi-

ja en función de las características del ambiente que se estén analizando o se consideren importantes. En muchos casos es necesario realizar estudios a diferentes niveles para tener en cuenta diferentes efectos o características ambientales.

Tanto los ecosistemas como los sistemas sociales son sistemas complejos, debido a que sus propiedades cambian con la escala a la que se están estudiando y al gran número de elementos que contienen. Además, cada uno de éstos elementos son a su vez sistemas complejos (por ejemplo, un ser vivo). Esto hace que los modelos ecológicos, cuando no son modelos teóricos de dos o tres especies en un ambiente más o menos estable, se vuelvan caóticos y por tanto impredecibles. Cuando existe caos, pequeñas variaciones en la situación inicial llevan a grandes variaciones en el resultado final. Sin embargo, la definición de *caótico* no está reñida con la idea de que existan unas leyes de funcionamiento o incluso con que el funcionamiento sea totalmente determinista. En muchos casos, el carácter impredecible de los ecosistemas no se debe tanto al desconocimiento de las leyes que lo rigen, como a la imposibilidad de concretar con suficiente precisión la situación inicial en un momento determinado.

Tanto las poblaciones como las comunidades y, por tanto, los ecosistemas, son evolutivos, y debido a ello se adaptan a las características ambientales. Leves variaciones en alguna de las poblaciones de un ecosistema pueden producir grandes cambios en la estructura y función del mismo, pudiendo variar la forma de responder a las condiciones ambientales y convirtiéndose en aún más impredecibles. Esto significa que incluso en el caso de tener bien modelizado el funcionamiento de un ecosistema en un momento determinado y habiendo fijado las condiciones ambientales, el funcionamiento del ecosistema podría cambiar, obligando a actualizar el modelo constantemente.

Muchas de las características de los ecosistemas son impredecibles, pero otras son relativamente fáciles de prever, al menos con un error moderado. El conocimiento que se tiene sobre los ecosistemas es muy limitado y sin embargo, es necesario tomar decisiones a partir de él. Por supuesto, siempre es deseable aumentar la información disponible sobre todos y cada uno de los ecosistemas, pero esta tarea científica es una labor de años o incluso de siglos, por lo que si se tuviese que esperar a saber todo lo posible de una situación para tomar una decisión, no se podría tomar nunca ninguna.

De cualquier forma se deben subrayar las limitaciones que existen en el conocimiento de un determinado ecosistema a la hora de hacer una valoración. La suposición de que se sabe todo porque se tiene un modelo, incluso aunque éste funcione bien a una determinada escala de observación (normalmente pequeña), es muy peligrosa y puede llegar a tener consecuencias trágicas. Es muy importante reconocer las limitaciones de cualquier modelo que se utilice y de las conclusiones que se obtengan, ya que ésta es la única manera de poder aplicar las precauciones necesarias en el caso de que la realidad no se ajuste a lo que se esperaba. Por esta razón suele ser necesario realizar un seguimiento y ver si todo sale según lo esperado, para en caso contrario tomar medidas antes de que sea demasiado tarde.

1.2. CONCEPTO DE IMPACTO AMBIENTAL

Un *impacto ambiental* es la alteración de la calidad del medio ambiente producida por una actividad humana. Hay que tener en cuenta que no todas las variaciones medibles de un fac-

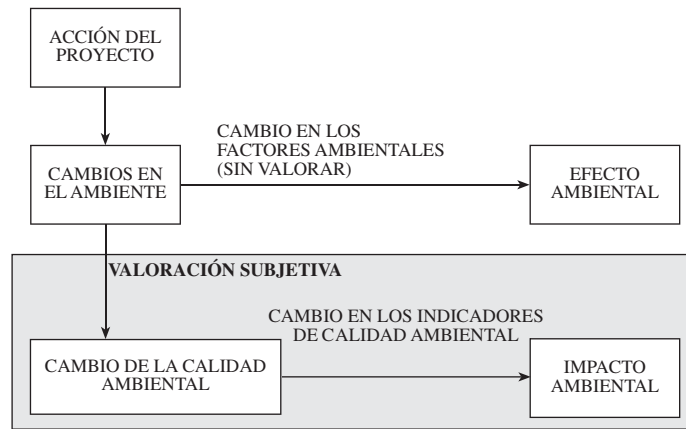


Figura 1.3. Un impacto ambiental proviene del cambio de la valoración del medio (calidad ambiental) debido a los cambios en el ambiente producidos por una acción humana.

tor ambiental pueden ser consideradas como impactos ambientales, ante el riesgo de convertir la definición de impacto en un concepto totalmente inoperante para la evaluación del impacto ambiental, ya que habría que incluir las propias variaciones naturales, producidas por las estaciones del año o por algunas perturbaciones cíclicas (incendios, terremotos, etc.).

Siempre se deberían incluir todos los elementos ambientales posibles, estudiando para cada uno de ellos, los factores ambientales que mejor definan el cambio en su calidad (véase Figura 1.3). La Demanda Biológica de Oxígeno (DBO) del agua, la concentración de un contaminante en la atmósfera o el número de especies vegetales de un pastizal son algunos ejemplos.

Una primera consideración es el origen o la causa de este cambio ambiental. Para poder hablar de un efecto ambiental o de un impacto ambiental, éste tiene que estar producido directa o indirectamente por una actividad humana, o en el caso de la evaluación de una obra o actividad concreta, el efecto ha de ser debido a la actividad que se está estudiando. Los valores de las variables ambientales en un territorio concreto cambian con el tiempo de forma natural, lo que dificulta esta determinación (véase Figura 1.4). En un segundo paso, para que este efecto ambiental se pueda considerar un impacto, es necesaria una valoración positiva o negativa de este cambio de calidad ambiental.

Si por ejemplo, se dice que la cantidad de nitratos disueltos en el agua de un río aumenta de forma significativa debido a los vertidos procedentes de una explotación ganadera que se encuentra aguas arriba, con esto no se está definiendo un impacto ambiental, sino únicamente lo que se denomina un *efecto ambiental* o la descripción de un cambio en el ambiente producido por una actividad humana. Para que este efecto ambiental se pueda considerar un impacto ambiental hace falta valorarlo y por lo tanto decir si este cambio se considera positivo o negativo y en qué medida.

La cantidad de nitratos vertidos en el río, por sí sola, no es una valoración del impacto. Algunos ríos podrán absorber mayor cantidad de nitratos que otros, sin que se vea afectada la calidad ambiental de los mismos, mientras que otros pueden ser muy sensibles, incluso a pequeñas cantidades. Por lo tanto, la definición de un impacto ambiental necesita al menos

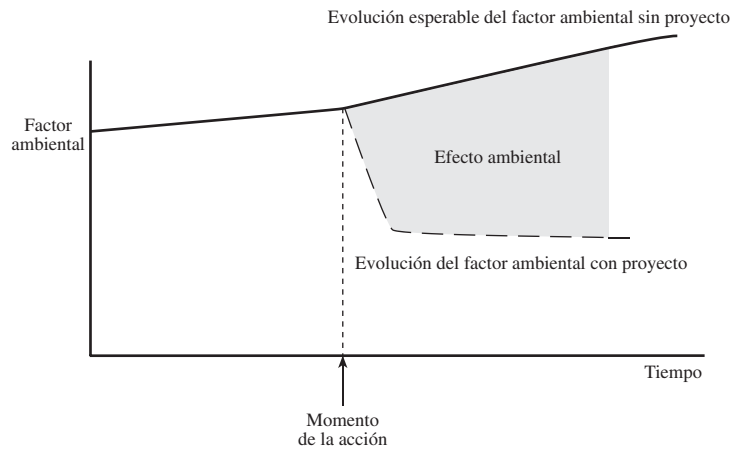


Figura 1.4. Definición de efecto ambiental como el cambio de un factor ambiental debido al proyecto.

de dos valores: 1, el cambio que se produce en el factor ambiental estudiado (magnitud) y 2, el valor que tiene este cambio con respecto a la calidad de los elementos ambientales estudiados o de la calidad ambiental desde un punto de vista más global (véase Figura 1.5). Este cambio de calidad ambiental siempre tiene que ser positivo o negativo, ya que no tiene sentido realizar una valoración neutra de un impacto.

Es importante tener en cuenta que una acción no suele tener únicamente repercusiones en un único elemento ambiental o en una única variable, sino que normalmente afectará a varios factores ambientales e incluso puede tener valoraciones diferentes para cada uno de ellos. Por ejemplo, la aportación de una determinada cantidad de estiércol en un cultivo puede tener un efecto de aumento de la fertilidad del suelo (impacto positivo), pero al mis-

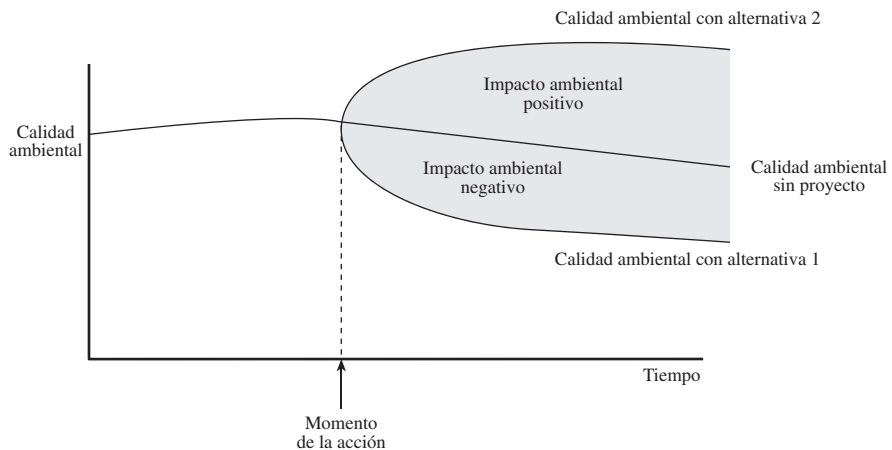


Figura 1.5. Definición de impacto ambiental como el cambio de calidad ambiental debido al proyecto. En la alternativa 1 el impacto es negativo, mientras que en la alternativa 2 se produce una mejora de la calidad ambiental y por tanto un impacto positivo.

mo tiempo puede producir un aumento de nitratos en el agua del acuífero (impacto negativo).

Algunos autores denominan erróneamente *perturbación* a lo que aquí se ha definido como *efecto ambiental*, pero el término perturbación tiene una definición muy precisa en la Ciencia de la Ecología, como un cambio sensible, con una drástica disminución de biomasa, que se produce en un ecosistema de forma inesperada (sequías, inundaciones, temporales, huracanes, etc.). Por lo tanto, para que se produzca una perturbación (en su definición ecológica) no es necesario que medie la actividad humana, por lo que este término estaría mal utilizado en este contexto.

Para poder realizar la valoración de los impactos de una acción es importante determinar la escala de observación (espacial y temporal) a la que se está estudiando, ya que en la mayoría de los casos, impactos significativos a una escala, no lo son tanto si se cambia de escala. La desaparición de unas cuantas hayas (*Fagus sylvatica*) en la Comunidad Valenciana puede ser muy importante, ya que este tipo de bosque es muy escaso en esta zona. Si esto se analiza a nivel europeo, teniendo en cuenta que el haya es posiblemente el árbol más abundante en Europa, la importancia será mucho menor. De la misma manera, la desaparición de un parque urbano puede no ser muy importante a escala regional, pero a los vecinos que viven cerca del parque puede afectarles de forma significativa.

En muchas ocasiones, para evitar un impacto a una escala se produce otro a otra escala, de forma que se hace menos visible, como por ejemplo, las emisiones de las centrales térmicas con largas chimeneas, que envían los gases a las capas altas de la atmósfera para disminuir el impacto local, con lo que aumenta la *lluvia ácida* a escala regional. Para valorar de forma adecuada la intensidad de un impacto, habrá que hacerlo a diferentes escalas.

Un impacto que no se suele tener en cuenta es el de la pasividad o del abandono. En ocasiones, no hacer nada puede tener repercusiones ambientales peores que los impactos de determinadas acciones, que se pueden valorar entonces como positivas. Un ejemplo de esto son los impactos que produce el abandono de una parcela de huerta en el área periurbana, que crea un hábitat adecuado para la proliferación de ratas, o el abandono de los cultivos aterrazados, que se caen por falta de mantenimiento, aumentando los problemas de erosión y de colmatación de embalses.

Las actuaciones humanas deben de diseñarse de forma que el impacto global de las mismas sea positivo. Cuando se realiza una obra civil, ésta debería de realzar el entorno y producir una mejora del paisaje. La creación de reservas de flora, refugios de fauna o zonas verdes en áreas urbanizadas, en los márgenes de las carreteras o en polígonos industriales, puede conseguir, en ocasiones, que los cambios globales en el entorno puedan ser considerados como positivos. Para que esto sea posible es necesario realizar un estudio previo sobre la *capacidad* de un territorio para la realización de una actividad. Ésta se define como la medida de adecuación de un determinado entorno para una actividad concreta, teniendo en cuenta la localización de los recursos necesarios para dicha actividad (*aptitud*) y los riesgos e impactos que puede producir ésta en el entorno. Este análisis se realiza a una escala más amplia que la evaluación del impacto ambiental y es útil para una primera selección de alternativas anterior al proyecto, que debería realizar la Administración, ya que el promotor de la posible actividad será diferente según el tipo de obra adecuado.

Uno de los problemas con los conceptos de efecto e impacto ambiental es que ninguno de los dos términos viene definido en la legislación. Sin embargo, sí que se enumeran los

diferentes tipos de ambos y en ellos se ve una intención más objetiva en los efectos y valorativa (y por tanto subjetiva) en los impactos, aunque en otras ocasiones se utilizan como si fuesen términos sinónimos. El párrafo 5.º del artículo 10 del Real Decreto 1131/1988 es un buen ejemplo del uso ambiguo de estos términos en la legislación:

«La valoración de estos efectos, cuantitativa, si fuese posible, o cualitativa, expresará los indicadores o parámetros utilizados, empleándose siempre que sea posible normas o estudios técnicos de general aceptación, que establezcan valores límite o guía, según los diferentes tipos de impacto.»

1.2.1. Tipos de impactos ambientales

Los efectos que las actividades humanas pueden tener sobre el ambiente y su valoración desde el punto de vista de la calidad ambiental, pueden ser muy variados. Según la legislación española es necesario tipificarlos en una serie de categorías, lo cual no significa que sean las únicas categorías posibles. Así, el Real Decreto 1131/1988 enuncia:

«Se distinguirán los efectos positivos de los negativos; los temporales de los permanentes; los simples de los acumulativos o sinérgicos; los directos de los indirectos; los reversibles de los irreversibles; los recuperables de los irrecuperables; los periódicos de los de aparición irregular; los continuos de los discontinuos.»

Los efectos mínimos dependen de una justificación adecuada de su estatus, pero una vez determinados como tal no son necesarias clasificaciones posteriores. El resto se deben clasificar en positivos y negativos. Esta valoración ya justificaría el llamarlos *impactos* en vez de *efectos ambientales*. Un impacto no puede ser neutro, es necesaria una valoración de si el cambio ambiental producido es positivo o negativo. A diferentes escalas (temporal y/o espacial) el impacto puede ser diferente y en ese caso habrá que reconocer el impacto que se produce en cada nivel y tenerlo en cuenta por separado. Por ejemplo, la eliminación de una actividad económica, puede tener un impacto económico negativo para el Ayuntamiento y positivo para la Comunidad Autónoma. En este caso habrá dos impactos diferentes a partir de la valoración a diferentes escalas de un mismo efecto ambiental.

Todo lo anterior es relativamente sencillo cuando se trata de impactos directos, es decir, los que se producen por la alteración de un elemento ambiental que se ve afectado de forma directa por el proyecto. Sin embargo, los impactos indirectos en muchas ocasiones son mucho más difíciles de detectar. La construcción de una autovía, aparte de los impactos directos debidos a la transformación del territorio, puede producir el aislamiento de los pueblos y la eliminación de la actividad económica de los bares de la antigua carretera, lo que puede llevar al abandono del pueblo y de las tierras adyacentes. Esto provocaría un cambio en

el paisaje por falta de uso, con un aumento del riesgo de incendios o de la erosión por falta de mantenimiento de los campos. Estos impactos indirectos pueden llegar a ser muy graves, pero a veces son producidos por efectos ambientales que vistos de forma aislada podrían tener una valoración de mínimos. Para detectarlos es muy importante considerar el ambiente como un sistema de interacciones, analizar las vías por las que un determinado efecto ambiental puede producir impactos indirectos. El artículo 3 de la Directiva Europea hace especial énfasis en este punto:

«La evaluación de las repercusiones sobre el medio ambiente identificará, describirá y evaluará de forma apropiada, en función de cada caso particular (...), los efectos directos e indirectos de un proyecto (...).»

Debido a la complejidad de las interacciones que tienen los ecosistemas, es improbable que una acción tenga un único efecto ambiental. Por lo tanto, es importante también determinar cómo se relacionan entre sí los diferentes efectos ambientales que se producen en el proyecto que se está analizando, teniendo en cuenta también los que producen otros proyectos que también puedan afectar al mismo entorno.

Algunos efectos ambientales se pueden considerar como *simples*, debido a que no interactúan con otros efectos ambientales, pero lo más frecuente es que los efectos o impactos ambientales tengan un carácter *acumulativo*, es decir, que cuando se producen varias veces a lo largo del tiempo o del espacio, la valoración del impacto es la suma de los impactos producidos por cada uno de los efectos ambientales por separado. En muchas ocasiones, los impactos producidos por una serie de actuaciones repetidas del mismo tipo no son sólo acumulativos, sino mucho mayores a la suma de la valoración de cada uno por separado. Esto es lo que se denomina un *efecto sinérgico*.

El efecto de un cazador sobre una determinada zona húmeda, puede ser relativamente bajo, pero la acumulación a lo largo de los años de los perdigones de plomo (efecto acumulativo), puede producir intoxicaciones de las aves y la muerte masiva de muchas de ellas (efecto sinérgico). De la misma forma el vertido de una vivienda en un río puede no producir un impacto significativo, pero cuando son muchas las viviendas que vierten, pueden llegar a cambiar totalmente la estructura del mismo y su función, haciendo que ya no sea apto para el baño o la pesca.

En la legislación española esta definición atiende únicamente a los aspectos temporales, considerando un *efecto acumulativo* a aquél que se produce al repetir varias veces la misma actividad, pero esta definición debería ser ampliada a cuando se producen varias acciones similares sobre un mismo medio, causando el mismo tipo de impactos de forma acumulada.

Para los efectos sinérgicos sin embargo, habrá que tener en cuenta también, las interacciones entre efectos que pueden ser muy diferentes entre sí. Así, una población de una especie protegida como el lince ibérico (*Linx pardina*) puede verse afectada por la construcción de carreteras en su territorio (efecto barrera y atropellos), por la presencia de cazadores o visitantes en diferentes épocas o por la escasez de conejos de los que se alimenta, debido a la mixomatosis o la fiebre hemorrágica vírica. La acumulación de estos factores puede produ-

cir un aumento de la mortalidad y un descenso de la natalidad que lleve a la desaparición de esta especie en el territorio, por lo que cualquiera de estos efectos debería considerarse un impacto crítico por su carácter sinérgico.

Según el tiempo que tardan en manifestarse los efectos y/o los impactos ambientales, se pueden clasificar en a *corto* (menos de un año), a *medio* (de uno a cinco años) o a *largo plazo* (más de cinco años). Cuando se liberan sustancias cancerígenas al medio (dioxinas, pesticidas en alimentos...) la aparición de las enfermedades se producirá a largo plazo. En general los efectos e impactos a medio y largo plazo son difíciles de predecir y detectar, siendo en muchos casos complicado determinar las actividades causantes de los mismos.

La duración del efecto o del impacto ambiental es otro de los parámetros a tener en cuenta. Según el Reglamento se distinguen los efectos *temporales* de los *permanentes*, siendo temporales, cuando tienen una duración limitada, como el ruido de las obras, y permanentes, cuando permanecen en el tiempo, como el impacto paisajístico de una carretera. También hay que tener en cuenta la forma de aparición del efecto o del impacto ambiental, que puede producirse de forma *continua* (aunque sea temporal) o de forma discontinua.

Dentro de los efectos o impactos discontinuos, se pueden separar los que son periódicos, como puede ser el ruido de las obras que se producen sólo por el día, o los que se producen de forma irregular, entre los que estarían los accidentes. En este último caso habrá que valorar tanto la probabilidad de que se produzcan como la gravedad que pueden tener.

Un incendio provocado por la maquinaria puede ser poco probable, pero si se produce puede tener consecuencias desastrosas que habrá que valorar. En algunos casos los efectos continuos producen impactos discontinuos. Un ejemplo de esto puede ser una obra que trabaje 24 horas al día en las inmediaciones de un colegio: el ruido de la maquinaria puede no producir ningún impacto en las horas nocturnas, pero tener un impacto excesivo en las horas lectivas. En una zona residencial el impacto se produciría por la noche, para el mismo efecto ambiental.

Los efectos ambientales son *reversibles*, cuando sin contar con la acción humana la tendencia del ecosistema es a volver a su estado inicial en un tiempo determinado. Lógicamente para valorar la reversibilidad de un impacto es necesaria una buena estimación del tiempo necesario y de las condiciones que tienen que darse para que ésta se produzca.

En algunos casos, el impacto no es reversible, pero se puede corregir mediante medidas viables de restauración o mediante la sustitución del elemento alterado por otro que cumpla su función. En estos casos se considera un *impacto recuperable*, y es necesario detallar los medios necesarios, la viabilidad técnica de esta restauración, posibles incertidumbres y un presupuesto más o menos detallado. Un ejemplo de *efecto recuperable* puede ser el efecto barrera en las carreteras, que se puede paliar, al menos en cierta medida, mediante pasos para fauna, aunque en la mayoría de los casos debería considerarse más como un *efecto mitigable*, es decir, que no se recupera la función inicial, sino parcialmente.

También hay que tener en cuenta la extensión que puede tener el impacto y su valoración. Para clasificar un impacto dentro de las categorías que establece el reglamento habrá que calcular, por un lado, su magnitud o el efecto producido sobre el factor ambiental afectado y, por otro, su importancia; con las características vistas anteriormente y el valor que tiene el elemento ambiental afectado. Así se pueden clasificar los impactos en *críticos*, *severos*, *moderados* y *compatibles*. En el Capítulo 8 se estudian las técnicas de valoración de los impactos ambientales.

1.2.2. Predicción y demostración de impactos

Los mismos problemas de escala y de incertidumbre que pueden aparecer a la hora de definir las relaciones de un ecosistema determinado, van a estar presentes a la hora de determinar los efectos ambientales que produce una actividad concreta, sobre todo en el caso de los secundarios o los que se manifiestan a medio o largo plazo. En la mayoría de los casos es difícil predecir cuál será el comportamiento de un determinado ecosistema en ausencia de alteraciones, por lo que puede ser difícil demostrar que los cambios que se producen son debidos a una determinada actividad.

Una de las formas de «demostrar» que una determinada acción está relacionada con un efecto ambiental es mediante un tratamiento estadístico de las variables ambientales, de forma que se mide su variabilidad natural a lo largo del tiempo y se analiza la probabilidad de que lo que se observa sea debido al azar (y por lo tanto consecuencia de su evolución natural). Si no es debido al azar (o la probabilidad de que lo sea es muy pequeña) se entiende que la causa son las acciones que se han realizado en el medio.

El segundo problema que suele aparecer una vez demostrada una *significación estadística*, y no menos importante, es el problema filosófico de la *causalidad*. Es un problema que no está bien definido pero que es fundamental desde un punto de vista práctico y jurídico. La determinación de quién es el causante de un determinado efecto ambiental (y por lo tanto del impacto asociado) es importante a la hora de determinar las responsabilidades e incluso de imponer sanciones.

Para poder establecer si un determinado efecto ambiental es debido o no a la dinámica natural del ecosistema es necesario un conocimiento suficiente del mismo, que no siempre se tiene. Sin embargo, cuando existe un impacto con graves repercusiones o conflictos de intereses es ineludible la comprobación rigurosa de que los cambios producidos no se deben al azar. Las técnicas estadísticas no pueden considerarse, sin embargo, como algo neutral, ya que el diseño de las mismas puede llevar a conclusiones diferentes.

En la investigación científica se intenta evitar los denominados *errores de tipo I*, o *nivel de significación de la prueba* (α), es decir, la probabilidad de aceptar como cierto algo que es falso. Pero en muchas ocasiones puede ser importante también determinar el *error de tipo II*, o *potencia de la prueba* (β), que determina el error contrario, es decir, la probabilidad de rechazar algo verdadero. Por ejemplo, para comercializar un fármaco se realizan pruebas que comprueben su eficacia terapéutica. En este caso, el error de tipo I es la probabilidad de que se comercialice uno que no tenga ningún efecto terapéutico, mientras que el error de tipo II es la probabilidad de rechazar un medicamento útil.

En todos los tratamientos estadísticos, cuando se reduce uno de los dos errores, se aumenta el otro, por lo que según su diseño tendrá más importancia uno o el otro. En el caso de los efectos ambientales debería darse más importancia a la demostración de que no se produce que a la demostración de que sí se produce. Es decir, la probabilidad de rechazar un efecto que sí se produce debe ser menor que la de aceptar un efecto que no se produce.

Otra cuestión es dónde se fijan estos dos parámetros, en el mundo científico suele considerarse algo como cierto, cuando la probabilidad de error es menor de 0,05, pero nada impide fijar ésta en 0,1 o en 0,001, por lo que el tratamiento estadístico puede dar unos resultados o los contrarios según el valor de estos parámetros. Estos supuestos deben estar razonados y justificados de forma defendible y aceptada por las partes que puedan entrar en conflicto.

Aunque un efecto ambiental esté claramente demostrado de forma estadística, la valoración que tenga el impacto depende del valor de los elementos ambientales afectados y por lo tanto puede ser pequeño o nulo. Pero posiblemente, el problema que tiene mayor dificultad de análisis sea la determinación de la causa de un impacto concreto. En muchos casos esto puede ser muy fácil, como el impacto paisajístico de una cantera, pero en otros casos es mucho más difícil, como en el caso de la muerte de los peces de un río donde vierten diferentes industrias o del aumento de la tasa de cáncer en una zona urbana industrial. Cuál o cuáles de todas las industrias es la causante de la enfermedad, y en qué medida cada una de ellas, es algo que puede ser muy importante a la hora de determinar responsabilidades o de buscar soluciones.

En estos casos un primer paso es la demostración estadística, pero esta demostración, en el mejor de los casos sólo demuestra una correlación espacial y/o temporal, pero no determina cuáles son las causas y cuáles los efectos. Por ejemplo, es fácil demostrar estadísticamente que el tráfico favorece la maduración de los tomates en las zonas costeras, ya que los tomates maduran en verano y el tráfico también aumenta en esta época. Esta demostración estadística es un ejemplo de lo que se denomina la *falacia ecológica*, y que hay que tratar de evitar.

La determinación de las causas es uno de los problemas que todavía está sin resolver totalmente, pero que ha sido muy trabajado en algunas ramas de la Ciencia como la Epidemiología. Para determinar lo más detalladamente posible las causas de una enfermedad se utilizan diferentes criterios adaptados a los experimentos que se pueden realizar con pacientes.

Cuando el «paciente» es un ecosistema con toda su complejidad, la determinación de la causa de una alteración generalmente es mucho más complicada. De hecho, algunos autores consideran la Ecología como una ciencia multicausal y que la asignación de una única causa para un efecto determinado es siempre sospechosa. En muchas ocasiones, descubrir las causas de un determinado efecto ambiental es prácticamente imposible.

Para determinar estas causas, lo primero es establecer una *correlación estadística*. Esta correlación tendrá una determinada *fuerza y consistencia*, es decir, el efecto tiene que estar suficientemente marcado y darse siempre que se producen las causas, tanto en observaciones naturales como en experimentos controlados (si se pueden realizar). Un criterio básico de causalidad es la *temporalidad*: la causa siempre tiene que producirse antes que el efecto. Otros criterios de causalidad que no tienen por qué producirse siempre, pero que dan credibilidad a la hipótesis son: la existencia de un *gradiente*, es decir, cuanto mayor es la causa, mayor es el efecto; la *analogía*, o la existencia de relaciones similares en casos parecidos; la *coherencia* o inexistencia de casos que contradigan esta relación; la *plausibilidad* o la facilidad de explicar la relación causa-efecto dentro de las teorías generalmente aceptadas y la *inexistencia de alternativas*, que si las hay, habrá que descartarlas mediante la observación o experimentos.

Otro problema diferente es el de los denominados *riesgos ambientales*, o impactos que no siempre se van a provocar cuando se realiza una acción determinada, pero que tienen una cierta probabilidad de producirse. Por ejemplo, la utilización de maquinaria, aun de la forma más cuidadosa posible, siempre tiene un riesgo de accidentes en los que se pueden producir vertidos de carburante o aceite al medio, o incluso un incendio forestal. En la valoración de estos riesgos ambientales entra en consideración la probabilidad de que el impacto llegue

a producirse (que hay que intentar que sea lo más baja posible), y su valoración, así como las medidas necesarias para minimizar el impacto ambiental en caso de que se origine el accidente. Así, por ejemplo, la construcción de una central nuclear tiene que llevar asociada la creación de un plan de evacuación para el caso en que ocurra un accidente y se deberían valorar las consecuencias que puede tener el mismo en caso de producirse.

1.2.3. Indicadores ambientales e indicadores de impactos

Un *indicador ambiental* es un *factor ambiental* que transmite información sobre el estado del ecosistema del que forma parte o de alguna característica del mismo. Por supuesto, la utilización de un indicador supone la aceptación del marco teórico en el que se encuadra y de ciertas hipótesis que muchas veces no están suficientemente contrastadas. Así, algunos parámetros del ecosistema, como la cantidad de biomasa acumulada o la diversidad, se utilizan normalmente como indicadores de la madurez del mismo, aceptando la hipótesis de que según avanza la sucesión ecológica, aumentan los valores de estas dos variables. También son indicadores ambientales el consumo de energía, de agua, la producción de residuos o de determinados contaminantes.

Los indicadores ambientales que se utilizan para determinar la calidad ambiental o el cambio de calidad ambiental asociado a una determinada acción, se denominan *indicadores de impacto ambiental*. La desaparición de una especie de invertebrado acuático o un cambio en los valores de diversidad, pueden ser indicadores de que está cambiando la estructura y la función del ecosistema.

A las especies que, por su presencia o ausencia, proporcionan información sobre las características del ecosistema se las denomina *especies indicadoras* o *bioindicadores*. Algunas plantas, como el carrizo (*Phragmites australis*) o algunos juncos (*Juncus spp.*) indican que el nivel freático está cerca de la superficie, así como las especies halófilas revelan el carácter salino del suelo. En hidrobiología se utilizan en muchas ocasiones las especies de invertebrados acuáticos como bioindicadores de la calidad del agua.

Dos características importantes de un indicador que tenga que ser utilizado frecuentemente son: la facilidad de medición y su relación con las propiedades del ecosistema o de algún elemento ambiental. Si es difícil de medir, será poco aplicable, pero si los resultados son difíciles de interpretar tampoco será de gran utilidad.

También se utilizan *indicadores de riesgo*, que evalúan la probabilidad de que se produzca un determinado impacto. Un ejemplo de indicador del riesgo de accidente con maquinaria podría ser la cantidad de máquinas utilizadas en la obra, multiplicada por las horas de utilización media de cada máquina (cuanto mayor sea la utilización de maquinaria, mayor es el riesgo de que se produzca un accidente).

Los indicadores se pueden clasificar según la propiedad que los define y su relación con la propiedad del ecosistema que se quiere valorar (por ejemplo, su calidad ambiental). Para un vertido, por ejemplo, se utilizan distintos tipos de indicadores:

- *Indicadores de causa*, como la presencia de mercurio o la de coliformes (bacterias del tracto intestinal) en el agua, debidos a los vertidos industriales o urbanos respectivamente.

- *Indicadores de efecto*, como la muerte de los peces del río.
- *Indicadores de calidad ambiental*, en este caso pueden ser todas las variables que estén relacionadas con la calidad del agua.

Para todos los indicadores utilizados, es necesaria una descripción detallada de su comportamiento, dejando claro los supuestos teóricos que se están asumiendo y las posibilidades de error o de incertidumbre que se pueden producir. Desde un punto de vista práctico se pueden clasificar también como:

- *Indicadores de alarma o de aviso*, variables que si superan un cierto valor, suponen un cambio apreciable de la calidad ambiental, por ejemplo, el aumento de la concentración de un contaminante por encima de los niveles permitidos por la normativa. Para todos los indicadores se debería fijar un *umbral admisible* y el límite a partir del cual se considera que el cambio ambiental es apreciable y, por tanto, es necesario actuar para contrarrestarlo.
- *Indicadores de sensibilidad*, están muy relacionados con las variables que se desea medir. Por ejemplo, el número de huellas de lince encontradas en un lugar sirve de estimación de la cantidad de ejemplares existentes. Todos los métodos de censo y muchos «métodos de medida» de variables ambientales, son en realidad indicadores de los valores reales.
- *Indicadores de integración*, son los que sirven para valorar la función de un ecosistema en su conjunto o al menos en parte. Muchas de las variables paisajísticas o medidas de diversidad entran en esta categoría.

En el Apartado 8.3: «Valoración cuantitativa», se detalla la forma de utilizar los indicadores para la valoración cuantitativa de los impactos.

1.3. LA EVALUACIÓN AMBIENTAL

La Evaluación de Impacto Ambiental es, ante todo y como su propio nombre indica, una valoración de los impactos que se producen sobre el ambiente por un determinado proyecto. Ésta nunca puede ser objetiva, ya que tiene siempre connotaciones subjetivas debido a que la referencia es la calidad ambiental, un concepto subjetivo. La Ciencia, o una visión puramente objetiva del ambiente, aunque puede proporcionar las herramientas necesarias para justificar un argumento, no sirve para realizar la valoración en sí, ya que los factores éticos se escapan del ámbito científico y por lo tanto, no pueden considerarse objetivos, aunque no por ello deban de ser arbitrarios.

Una de las primeras evaluaciones que va a tener cualquier proyecto o actividad humana, siempre va a ser una valoración económica: una actividad se considera rentable si los beneficios superan los costes de la misma. El término «evaluación», o *assesment* en inglés, tiene un significado economicista que hay que tener en cuenta para conocer la filosofía con la que se diseñó el procedimiento de evaluación de impacto ambiental. Darle un *valor* a los elementos ambientales, significa incluirlos dentro de los procesos de toma de decisiones, de los que de otra forma se verán excluidos. Este valor puede ser monetario o de otro tipo, pero tie-

ne que ser comparable, al menos con otras alternativas o actuaciones posibles, para poder influir en los análisis de costes-beneficios y en definitiva, en la toma de decisiones.

La correcta evaluación de un determinado impacto ambiental pasa necesariamente por una valoración del elemento ambiental afectado, del efecto producido en dicho elemento ambiental y del efecto que tiene este cambio sobre la calidad ambiental. La valoración, tanto del elemento ambiental como de la calidad ambiental, no puede ser objetiva, mientras que la determinación del efecto ambiental producido es posiblemente el único parámetro puramente objetivo con el que se cuenta para la valoración. Por ejemplo, si en diferentes alternativas de un proyecto se mueven 100 o 2 000 toneladas métricas de tierra, es una medición objetiva de algo concreto, pero decidir si esto es bueno o malo es claramente subjetivo, ya que depende de la opinión de diferentes personas.

Pero incluso los criterios con los que se diseña un estudio científico también son subjetivos, ya que dependen de los objetivos del investigador y de si éste quiere resaltar unos u otros efectos sobre el ambiente. De la misma manera que en un trabajo científico hay que determinar los objetivos que se persiguen al inicio del mismo para diseñarlo correctamente, en una valoración ambiental es necesario fijar los criterios valorativos que se van a utilizar y las razones de esta elección.

Para empezar, como se ha visto anteriormente, no existe una única manera de definir el ambiente y la definición del mismo no puede ser una definición científica a riesgo de dejar de ser funcional. La elección de los elementos del ambiente y la escala a la que serán estudiados, tanto espacial como temporal, será uno de los primeros juicios de valor que habrá que realizar y justificar de forma razonada. De la misma manera habrá que definir qué se considera un impacto ambiental y en qué términos se determina la calidad ambiental de cada elemento y/o del conjunto del ambiente.

En todo el proceso de evaluación de impacto ambiental se persigue un objetivo claro, que no puede ser perdido de vista durante las distintas fases del proceso: valorar adecuadamente las acciones sobre el entorno de forma que puedan encuadrarse dentro del proceso de toma de decisiones y poder decidir si la realización de un proyecto determinado es o no aceptable desde un punto de vista ambiental. Para cumplir este objetivo es importante no caer en la arbitrariedad y justificar estas valoraciones a partir de *principios éticos* generales y con un consenso lo más amplio posible, para lo que son necesarias tanto la participación como la información pública.

Otra cuestión importante a la hora de realizar una valoración ambiental es la forma de tratar la *incertidumbre* inherente a cualquier proceso ambiental. Ésta no es evitable, por lo que es necesario integrarla de alguna manera dentro del proceso de valoración. Normalmente no es posible esperar a tener toda la información necesaria para realizar una valoración adecuada, ya que esto puede llevar mucho tiempo y se paralizaría la toma de decisiones. Se trata de utilizar la información disponible para obtener las conclusiones posibles, lo que siempre será mejor que no realizar ninguna valoración o que no tomar ninguna decisión. Pero la incertidumbre no se debe de ocultar, sino todo lo contrario. Tiene que ser patente hasta qué punto las valoraciones que se hacen están basadas en supuestos o en datos incompletos, de forma que se puedan afrontar los problemas derivados de esta incertidumbre y realizar el seguimiento necesario para evitar sorpresas.

La incertidumbre que afecta a una evaluación de impacto ambiental puede ser de tres tipos:

- La *falta de conocimientos científicos* sobre la estructura o función de elementos del ecosistema, de los efectos que pueden producir determinadas acciones sobre éstos, y ausencia de modelos predictivos. La ignorancia produce la imposibilidad de un pronóstico, no sólo sobre la magnitud de los efectos, sino en muchas ocasiones sobre el mecanismo que los va a producir.
- Sobre la importancia de cada uno de los elementos ambientales: a la hora de decidir cuáles son los elementos ambientales importantes o la información que se considera relevante para la valoración.
- Sobre los *criterios valorativos* que se deben utilizar, sobre todo en el caso frecuente en el que existen conflictos de intereses legítimos.
- Sobre cuáles son las *alternativas técnicamente viables* que se deben analizar.

Muchos de los problemas ambientales actuales han sido producidos por actividades que se consideraban inocuas cuando se empezaron a realizar, como los problemas derivados de la utilización de DDT y otros compuestos bioacumulativos, la destrucción de la capa de ozono, el cambio climático, etc. Todo esto hace necesaria una cierta humildad y prudencia en las actividades humanas sobre los ecosistemas y la necesidad de una mayor investigación sobre los efectos que puede llegar a producir una actividad nueva. Un ejemplo actual es la liberación de *organismos genéticamente modificados*, que ya ha empezado a producir efectos indeseables irreversibles, como la *contaminación genética*, que hasta hace poco era un problema que no existía. La constatación de que se desconocen muchos de los efectos de las actividades tecnológicas ha llevado a la creación de un nuevo *principio legislativo*, en los años 70, que es el *principio de cautela o precaución* (véase Apartado 1.3.2.3).

Otro elemento que debería tenerse más en cuenta al realizar la valoración de una determinada acción sobre el medio, es una adecuada *selección de alternativas*, a distintas escalas de diseño y siempre teniendo en cuenta los *objetivos* que se buscan con el proyecto (véase Apartado 3.2: «La selección de alternativas»). En general, cuanto más variadas sean las alternativas analizadas para cumplir unos determinados objetivos, mejor será el resultado de la valoración.

La incertidumbre puede aparecer en muchos momentos a lo largo de la Evaluación de Impacto Ambiental y sobre todo al realizar el Estudio de Impacto Ambiental. Para resolverla o al menos para reducirla, existen metodologías basadas en la *consulta a expertos* sobre la materia o en la *participación pública*. Varias de ellas son tratadas en este libro, destacando el Método Delphi, que se explica en el Capítulo 6.

1.3.1. Los criterios de valoración

Como ya se ha dicho anteriormente, uno de los primeros criterios que se utilizan para valorar un proyecto, es su viabilidad económica a corto plazo o si el proyecto produce un bien que «vale» más de lo que cuesta su realización. Dentro de la viabilidad económica de un proyecto hay que tener en cuenta si favorece a todo el mundo por igual o si por el contrario, el proyecto es rentable para un sector de la población, mientras perjudica a otro sector. Estas valoraciones económicas pueden traducirse muchas veces en valoraciones ambientales, aunque existen valores ambientales que no se pueden traducir en dinero y esto ha llevado en muchos casos a no considerarlos importantes.

En la evaluación de impacto ambiental es necesario resaltar el «valor» de estos elementos de forma que se tengan en cuenta en la valoración de diferentes alternativas y en la toma de decisiones. Cualquier valoración que se realice, siempre estará basada en unos principios éticos, que se utilizan de referencia y según cuáles sean, los resultados pueden ser muy diferentes. Por lo tanto, siempre será necesario indicar qué principios se están utilizando al hacer una valoración. Estos principios se pueden separar en dos grupos:

- Los *principios éticos sociales* o de dignidad son los que deben de regir las relaciones entre los seres humanos de forma que todos puedan vivir dignamente.
- Los *principios éticos ambientales* o de supervivencia de la especie humana son los que deben regir las relaciones entre el ser humano y el medio en el que vive. Si no se cumplen estos principios, la capacidad de carga del planeta para la especie humana disminuye.

1.3.2. Principios éticos sociales

Las sociedades humanas están regidas por normas que se dictan generalmente en función de unos determinados principios éticos, que pueden estar basados en alguna religión o directamente en la Ética. En otras épocas (y todavía en algunos lugares), por ejemplo, se justificaban acciones como la esclavitud de determinadas razas o del género femenino, basándose en determinados principios éticos o religiosos. Actualmente, sin embargo, existe un consenso bastante amplio en que uno de los más importantes es el que se denomina *principio de equidad*, del que emanan otra serie de principios que se van a ir viendo en este apartado:

1.3.2.1. El principio de equidad

El *principio de equidad* se basa en que todos los seres humanos tienen los mismos derechos fundamentales y, por lo tanto, no es lícito que nadie realice acciones que puedan perjudicar a otro ser humano, o si lo hace, deberá compensarle de alguna forma. Dicho de otra manera, los costes y los beneficios de una actividad deberán recaer de forma equitativa entre los miembros del grupo social que la realiza.

Cuando las ganancias (monetarias o de otro tipo) de una actividad recaen sobre un determinado grupo social y los costes o los perjuicios (monetarios, pérdida de calidad de vida...) recaen sobre otro grupo social diferente, se está violando el principio de equidad, aunque el balance global de la actividad sea positivo. Este principio es el que vincula los grandes principios morales de la humanidad con la llamada *ética ambiental*.

Algunos proyectos pueden ser rentables sólo durante unos años, como es el caso de una explotación minera, que cuando se acaba el mineral deja de producir dinero y es preciso cerrar. En este momento, la empresa se irá a nuevos yacimientos y abandonará el área explotada de la forma más barata posible (su objetivo es ganar dinero). En este caso los gastos de mantenimiento de los residuos para evitar desastres los terminan pagando los habitantes, mediante los impuestos. Teniendo en cuenta únicamente el beneficio y el gasto económico, existen muchos proyectos (desgraciadamente demasiados) que producen gastos a sectores amplios

de la población, mientras que los beneficios se concentran en unas pocas empresas. Desde un punto de vista ético, el sector de población beneficiado debería compensar de alguna manera a los que salen perjudicados.

Del principio de equidad aplicado a las generaciones actuales y futuras emana el *principio de sostenibilidad*, que promueve la necesidad de mantener la calidad de vida de las generaciones futuras y no perjudicarla con las acciones humanas actuales, para lo que es necesario *mantener la diversidad* de seres vivos a todos los niveles. El *principio de responsabilidad* y por lo tanto los *de prevención, cautela e información pública*, también emanan del principio de equidad, sin el cual pierden su significado.

1.3.2.2. **El principio de responsabilidad**

Una de las primeras implicaciones del principio de equidad es que aquél que produce un daño a otra persona o a la sociedad en su conjunto, deberá compensar los daños que produce. Así, la máxima de «*quien contamina paga*», resume el *principio de responsabilidad*, que por supuesto, va más allá. Los gastos derivados de un determinado daño ambiental deberá pagarlos aquél que lo produce y no deben recaer sobre terceras personas. Este principio está presente en todo el derecho internacional y muy especialmente en la política ambiental internacional y en la particular de muchos países.

1.3.2.3. **El principio de prevención y el principio de cautela**

El *principio de prevención* puede verse reflejado, al igual que el anterior, en un dicho popular: «*Más vale prevenir que curar*». Los problemas ambientales, en muchas ocasiones tienen una solución difícil o imposible (como el caso de una extinción), de forma que la mejor forma de abordarlos es poniendo los medios para evitar que lleguen a ocurrir. La primera de las herramientas normativas en materia ambiental que refleja este principio es la propia Evaluación de Impacto Ambiental, cuyo objetivo es detectar los problemas ambientales que un determinado proyecto puede producir, antes de que se produzcan, para evitarlos. Sin este principio no tendría sentido la evaluación previa de un proyecto y el principio de equidad se podría cumplir únicamente una vez que el daño estuviese hecho, mediante indemnizaciones.

El principio de prevención es fácil de aplicar cuando se conocen las respuestas del ecosistema a una actividad determinada, pero éste es un caso inusual en la compleja realidad de los ecosistemas. Las respuestas de los ecosistemas pueden ser impredecibles, por lo que resulta difícil demostrar, sin lugar a dudas, que un determinado daño ambiental se producirá con una determinada acción. El *principio de cautela* aparece para poder hacer operativo el principio de responsabilidad y aplicando el principio de equidad, estableciendo que debe de ser el promotor de la actividad el que demuestre que ésta no va a producir daños al ambiente y se comprometa a poner los medios necesarios para no producirlos.

La aplicación de ambos principios tiene un problema fundamental en la contradicción que puede llegar a producir con otro gran *principio legislativo y ético*: la *presunción de inocencia*, es decir, «*todo el mundo es inocente mientras no se demuestre lo contrario*». Obligar al promotor a demostrar que va a ser inocente vulnera hasta cierto punto este principio, ya

que según éste debería ser la población afectada la que demostrase que es la actividad del promotor y no otra, la que le ha causado un mal una vez que ya se ha realizado, y no antes, como promueven el principio de cautela y el de prevención.

Normalmente, es igual de difícil demostrar sin lugar a dudas que no se va a producir un daño ambiental con una actividad, que demostrar lo contrario, por lo que teniendo en cuenta las incertidumbres, habrá que realizar un seguimiento de las actividades comprobando que los daños estén dentro de lo previsto y en caso contrario tomar las medidas necesarias a tiempo. El principio de cautela cada vez se aplica con mayor contundencia, llegando a obligar a los promotores a la contratación de seguros que cubran los posibles daños a determinados bienes ambientales.

A pesar de estos principios, la ignorancia sobre el funcionamiento de los ecosistemas y sus respuestas hace que las sorpresas puedan producirse (y de hecho se producen con demasiada frecuencia) lo que aconseja un nuevo *principio de modestia* o aceptación de lo limitado de la capacidad humana de predicción.

1.3.2.4. Los principios de información y participación públicas

Una valoración, sea del tipo que sea, siempre tiene una componente subjetiva. Cualquier análisis que determine si algo es positivo o negativo, siempre dependerá del punto de vista y de la escala en el que se esté realizando. Por este motivo, no sólo debe pasar por un proceso de *participación pública*, sino que cuanto mayor sea esta participación, mejor estará realizada la valoración final.

La participación pública beneficia al proceso de evaluación porque permite que cualquier persona o entidad afectada (*público*) por el proyecto, pueda expresar sus opiniones de forma que éstas sean tenidas en cuenta, lo que disminuye o elimina la conflictividad social de determinados proyectos al tener la oportunidad de responder a las demandas de la población. Esto ahorra tiempo en conflictos posteriores y aumenta la transparencia de todo el proceso, lo que contribuye a reforzar la confianza de la población en las instituciones y mejora la efectividad de la decisión. Además, se fomenta la creatividad y la innovación, ya que es posible que las ideas aportadas sirvan para realizar modificaciones que mejoren la ejecución del proyecto y de hecho, éste debería ser uno de los objetivos principales.

Una vez que se asume que la participación pública es imprescindible para realizar una evaluación, es necesario tomar las medidas necesarias para favorecerla y fomentarla. Cuanto mayor sea el número de personas que participe y su variedad, mejor se podrá realizar la valoración. Sin embargo, cuando los promotores y las administraciones realizan un trabajo de baja calidad, suelen desconfiar del público y bloquear su participación poniéndole trabas, llegando a considerarlo como un adversario más que como un aliado en el proceso de valoración.

La *información pública* es también un derecho de todos, especialmente en temas ambientales, pero además es un requisito imprescindible para que la *participación pública* tenga sentido. Para que ambas sean eficaces, se hace necesaria la utilización y defensa de tales derechos por parte de los ciudadanos. En algunas ocasiones, sin embargo, este derecho choca con el «derecho» a la confidencialidad de determinadas informaciones.

Debido a la importancia que tiene la participación pública en todo el proceso de evaluación ambiental a todos los niveles, en el Convenio de Aarhus de 1988 (*véase* CD), se obliga

a los países firmantes a cumplir con una serie de requisitos en esta materia: como el tipo de información que debe ser accesible, la duración de los plazos y otras disposiciones, que serán reflejadas en la futura Directiva Europea de Participación Pública.

Sin un adecuado proceso de información y participación pública, el proceso de evaluación del impacto ambiental, se convierte en un trámite burocrático en el que un determinado técnico o equipo de técnicos utilizan sus propios criterios valorativos (y no los de la sociedad) para elegir la escala del estudio y su alcance, lo que determina sus resultados, que en este caso son arbitrarios y por tanto contrarios a la propia filosofía de la Evaluación de Impacto Ambiental.

1.3.3. Principios éticos ambientales

El ser humano, como especie, tiene una serie de requerimientos y necesidades a los que da respuesta utilizando y modificando el ambiente en el que vive. El planeta Tierra es un ambiente limitado y por lo tanto existe un máximo en la cantidad de seres humanos (o de cualquier otra especie) que puede mantener. Las actuaciones humanas y su desarrollo social y tecnológico pueden desplazar este límite para ampliarlo o para disminuirlo, tanto a corto como a largo plazo.

Los *principios éticos ambientales* son las normas de actuación basadas en los conocimientos científicos que se tienen, que permiten ampliar, o al menos no reducir, la *capacidad de carga* del entorno del ser humano. Algunas actuaciones que llevan a la destrucción de los recursos que son necesarios para el mantenimiento de la humanidad, como el suelo fértil, o la diversidad, pueden considerarse como contrarias a la Ética, debido a que limitan el crecimiento de la especie humana.

Los principios éticos ambientales son de necesaria aplicación sea cual sea el sistema social que rijan las relaciones entre los seres humanos. Se han elegido dos principios muy importantes desde el punto de vista de la Evaluación de Impacto Ambiental, ya que siempre habrá que tenerlos en cuenta al realizar este tipo de valoración: *La conservación de la diversidad* y *la sostenibilidad*.

1.3.3.1. *La conservación de la diversidad*

La extinción de una especie, incluso a escala local, se considera como algo indeseable, debido a que se pierde una de las posibles vías de flujo de materia, energía e información en el ecosistema. Además, desde un punto de vista más utilitario, cualquier especie, aunque en la actualidad parezca que no tiene ninguna función útil para el ser humano, tiene la potencialidad de serlo en el futuro y por tanto debe de ser considerada como un recurso natural para las generaciones futuras.

La desaparición de una forma de organización humana, sobre todo si se encuentra adaptada al medio en el que vive, se considera también como una forma de extinción, ya que aparte de los dramas personales que se generan en dicha población, se pierden para el resto de la humanidad la cultura acumulada a lo largo de mucho tiempo y las técnicas necesarias para adaptarse a un medio concreto.

La extinción es un proceso natural que se produce a una velocidad baja. Cuando una especie desaparece, su función en el ecosistema suele ser desempeñada por otro o por otros organismos. De hecho la estabilidad de los ecosistemas depende en gran medida de la cantidad de «opciones» diferentes que existan para cumplir todas sus funciones. Estas «opciones» están directamente relacionadas con la cantidad de especies adaptadas al mismo y a interactuar entre ellas.

En un ecosistema diverso cada especie tiene que adaptarse a un nicho ecológico estrecho, lo que favorece el reciclaje de los nutrientes y que la utilización de los recursos disponibles sea máxima. Un ecosistema simplificado (por ejemplo, un monocultivo) siempre produce menos (desde un punto de vista de la cantidad de biomasa total) que un ecosistema diverso, debido a que la utilización de los recursos (nutrientes, luz, etc.) en el primer caso es menos eficiente. Con las comunidades humanas ocurre algo parecido. Si una comunidad humana depende de una única actividad productiva, está avocada a la inestabilidad, mientras que una comunidad con muchas actividades diferentes tendrá una economía mucho más estable, ya que tiene más opciones a la hora de cubrir sus necesidades. La diversidad de culturas favorece una utilización del medio mucho más eficiente, aparte de la riqueza moral y artística que produce.

Por todo esto, la *conservación de la diversidad* (biológica y humana), se ha convertido en una de las prioridades de la sostenibilidad. La Conferencia de Río de Janeiro de 1992 (véase CD) significó, por un lado, el reconocimiento de la importancia del mantenimiento de la diversidad y por otro, que a partir de ese momento se considere uno de los principios básicos en cualquier valoración ambiental. En esta misma conferencia se otorgó a la Evaluación de Impacto Ambiental una importancia fundamental como herramienta para el mantenimiento de la diversidad.

1.3.3.2. **La sostenibilidad y el desarrollo sostenible**

La *sostenibilidad* es otro de los criterios básicos de evaluación ambiental. Se basa en la aplicación del criterio de equidad entre las generaciones actuales y las futuras de forma que el desarrollo actual no comprometa el desarrollo y la calidad de vida de las generaciones futuras. Esta definición es muy general y un poco ambigua, de forma que es fácil de aceptar debido a que cada uno puede entenderla de diferente manera en cada situación concreta y según sus intereses realizar una definición algo diferente. De hecho, el *desarrollo sostenible* se ha definido de diferentes maneras, según los objetivos de quien realiza la definición.

En Ecología de poblaciones se define el *rendimiento sostenible* como la cantidad de individuos (o biomasa) que se puede extraer de una población de forma continuada y sin llevar a dicha población al declive. Este criterio es aplicable, no sólo a poblaciones, sino a todos los recursos renovables, que deben de explotarse de forma que sigan siendo renovables y accesibles para las generaciones futuras. De forma más general, en el Informe Brutland (CMMAD, 1988), se define el *desarrollo sostenible* como el que satisface las necesidades de las poblaciones actuales sin comprometer la capacidad de las futuras generaciones para satisfacer las suyas propias.

En los años 90 se amplió la definición de *desarrollo sostenible* a la mejora de la vida humana dentro del mantenimiento de la capacidad de carga de los ecosistemas o a la integración

del crecimiento económico y la protección ambiental. Es decir, se definen tres tipos diferentes de sostenibilidad: la *sostenibilidad social*, basada en el mantenimiento de la cohesión social (principio de equidad entre poblaciones actuales); la *sostenibilidad ambiental*, que requiere que el «capital natural» o las funciones útiles de los ecosistemas permanezcan intactas y *sostenibilidad económica*, basada en que lo anterior sea financieramente posible y rentable.

Lo difícil en estos casos es buscar los indicadores que permitan valorar si el desarrollo actual o una actividad, es más o menos sostenible.

Sostenibilidad económica. El caso más fácil son los indicadores de la *sostenibilidad económica* ya que los *indicadores económicos*, aunque pueden ser bastante complicados, llevan mucho tiempo en funcionamiento y están bastante desarrollados. Determinar si una actividad es financieramente posible o rentable a corto y a largo plazo, es algo fácil en la sociedad actual, pero un análisis de costes-beneficios *per se* no tiene sentido dentro de una evaluación de impacto ambiental. Sin embargo, es importante tener en cuenta los efectos que tienen estos costes o estos beneficios sobre los factores ambientales, incluida la población humana y las relaciones sociales. Por supuesto, hay que considerar otros muchos factores y la mejor manera de valorar un impacto (siempre que sea posible) es la valoración económica de que un impacto concreto no se produjera, o cuánto costaría reparar el daño causado si éste se produce, lo que se puede traducir en ocasiones en cantidades desorbitadas, si antes no se han tenido las precauciones necesarias.

La contaminación de un río en una determinada localidad producirá un daño económico a las poblaciones situadas río abajo, que tendrán que depurar el agua para beber, regar o bañarse. Normalmente la depuración de los vertidos antes de llegar al río es mucho más barata que la depuración de todo el río aguas abajo (para mantener la función del baño, por ejemplo). Si se destruye la flora y/o la fauna del río, se destruyen actividades económicas como la pesca y el turismo y los planes de recuperación pueden llegar a ser mucho más caros que los beneficios producidos por la empresa que produce los vertidos. En estos casos, un análisis económico de la situación, teniendo en cuenta a todos los habitantes afectados, llevaría al cierre de una actividad no rentable (a nivel regional) o a la obligación de instalar una depuradora.

Sostenibilidad social. Algo más difícil es determinar si una actividad es socialmente justa en todas las escalas posibles. Dentro de la propia empresa puede considerarse justo que los beneficios reviertan suficientemente en el trabajo, que no se exploten niños, etc.

A una escala regional habrá que buscar los perjuicios y beneficios que se causan en los alrededores y si éstos (sobre todo los posibles perjuicios) están debidamente compensados. A escala regional y nacional, esto puede estar regulado por la legislación y es importante el principio de participación e información pública, de forma que las partes que puedan sentirse afectadas sean tenidas en cuenta.

A una escala internacional o global, esto es bastante más difícil. Será necesario un análisis de dónde provienen las materias primas y a dónde van a parar los desechos de la actividad y si esto afecta a poblaciones de otros lugares.

Sostenibilidad ambiental. La *sostenibilidad ambiental* o la sostenibilidad en sentido estricto, es independiente de los criterios sociales y económicos que puedan regir la sociedad,

por lo que se puede considerar la más objetiva de las tres desde un punto de vista científico. El análisis de la sostenibilidad ambiental es el más importante en una evaluación de impacto ambiental, por lo que se va a detallar en el apartado siguiente.

1.3.4. Los indicadores de sostenibilidad ambiental

Desde el punto de vista de la sostenibilidad ambiental se hace necesario un análisis de los flujos de materias primas y de energía que se producen en cada actividad, valorar si éstas provienen de recursos renovables o no renovables y establecer los índices o *indicadores de sostenibilidad* de estos recursos. De la misma manera se pueden valorar los *índices de sostenibilidad* de dispersión en el medio de residuos, vertidos y emisiones que produzca la actividad y si ésta se produce en un entorno adecuado (análisis de capacidad y aptitud del medio). En otras palabras, un proceso productivo tipo (véase Figura 1.6) se puede disgregar en la utilización de materias primas y energía (*recursos* o *insumos*), la ocupación de un espacio y la producción de unos productos o bienes de consumo y de unos desechos (*efluentes*), que pueden ser sólidos (*residuos*), líquidos (*vertidos*) o gaseosos (*emisiones*). Los propios productos, una vez consumidos, también forman parte de los desechos, junto con los envases y otros elementos con los que se venden. El análisis de la sostenibilidad del proceso debe incluir un análisis de cada uno de los apartados o compartimentos descritos anteriormente.

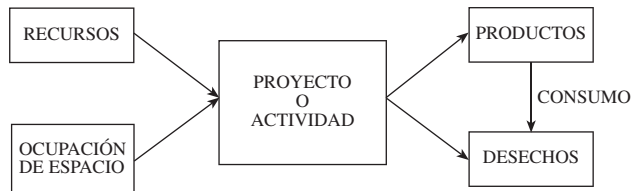


Figura 1.6. Esquema de un proceso productivo.

1.3.4.1. Los recursos

Desde el punto de vista de los recursos utilizados, éstos pueden ser renovables o no renovables. Si es renovable, debe ser utilizado como tal, manteniendo su capacidad de producir a lo largo del tiempo, sin sobrepasar lo que se denomina la *tasa de renovación* del recurso. Esta tasa de renovación depende mucho de la forma de extracción, pero siempre existe un límite a partir del cual se está utilizando el recurso de forma no renovable (insostenible) y por lo tanto se está destruyendo para las generaciones futuras. Actualmente, una de las formas de hacer frente a la escasez de recursos es considerar los residuos de otras o las mismas actividades productivas como fuentes de materias primas. Estos residuos no se pueden utilizar a una velocidad mayor a la que se producen (*tasa de producción*).

Si el recurso es no renovable, puede estar incluido en dos categorías diferentes: existen recursos no renovables que no se consumen con su uso, como puede ser un monumento (natural o artificial) no repetible, y otros que sí se consumen con el uso, como son los combus-

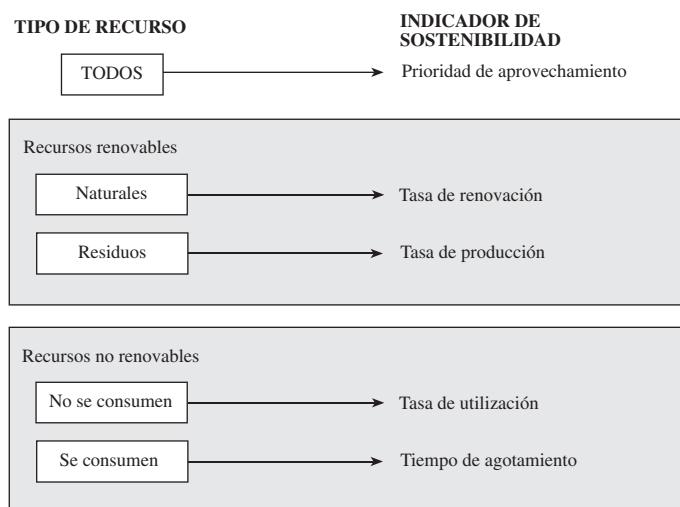


Figura 1.7. Indicadores de sostenibilidad utilizables para evaluar la utilización de diferentes tipos de recursos naturales.

tibles fósiles (petróleo, carbón, etc.) y muchos minerales. Los que no se consumen con el uso se pueden utilizar hasta una *tasa de utilización* que no comprometa su permanencia ni su calidad. Los recursos energéticos no renovables se pueden utilizar, pero a una tasa que permita que no se acaben antes de ser sustituidos por otras energías diferentes, por lo que es muy importante calcular el *tiempo de agotamiento* de los yacimientos (véase Figura 1.7).

En la actualidad, la utilización energética de combustibles fósiles no se puede considerar sostenible, debido al cambio climático que producen las emisiones de CO₂ a la atmósfera y debería tenderse a su sustitución por fuentes de energía renovables.

Los criterios de sostenibilidad de las materias primas no renovables (metales, vidrio, áridos...) deberían orientarse al cierre de su ciclo productivo, es decir, que los desechos producidos, tanto por el proceso productivo, como por el consumo de los productos, puedan volver a ser utilizados por el mismo o por otro proceso productivo. De esta forma se evita que lleguen a salir del ciclo o al menos se aumenta su permanencia en el mismo el máximo tiempo posible, como ocurre en los ecosistemas naturales. La utilización de estas materias primas de forma que se pierda la posibilidad de volverlas a utilizar (vertederos) no puede considerarse sostenible.

Por otro lado, el proceso extractivo o productivo de las materias primas debe de ser analizado a su vez como un proyecto separado en el que el producto es la propia materia prima, pero que también ocupa un territorio y tiene unos desechos y unas implicaciones sociales y económicas. Para poder considerarse sostenible, las materias primas de una actividad deben de provenir (al menos en su mayor parte), de recursos renovables explotados de forma sostenible o de residuos reciclados o reutilizados de la misma o de otra actividad.

Las materias primas no renovables no deberían salir del ciclo productivo y sólo deberían entrar cuando la cantidad disponible a partir del reciclaje no sea suficiente para cubrir la demanda. Las materias primas renovables pueden también ser recicladas y en este caso habrá que valorar el consumo energético y la producción de desechos (cantidad y calidad) de cada una de las opciones.

Para valorar un proyecto es necesario conocer dónde se van a comprar las materias primas y cuál es su proceso de extracción y los impactos ambientales que produce. En algunas ocasiones, utilizando materias primas que tienen un impacto ambiental menor, por sí mismas o por la forma en que son producidas, se puede disminuir el impacto global que produce un determinado proyecto.

1.3.4.2. Los desechos

Para valorar los *desechos* producidos por una actividad, también llamados *efluentes* habrá que tener en cuenta la *capacidad de absorción* de los mismos por parte del suelo, si estos desechos son sólidos (*residuos*), del agua, si son líquidos (*vertidos*) o del aire si son gaseosos (*emisiones*). En una *actividad sostenible* no debe acumularse ningún desecho de forma indefinida, sino que hay que buscar la forma de que todos los elementos de los desechos vuelvan a entrar en el ciclo productivo o en los ciclos de materia de los ecosistemas.

Los *indicadores de sostenibilidad* utilizables en el caso de los desechos (véase Figura 1.8) son por un lado la *capacidad de asimilación* de cada uno de los *agentes ambientales* afectados: *capacidad dispersante* de la atmósfera, *capacidad autodepuradora* del agua o *capacidad de procesado* del suelo. Estas capacidades dependen mucho de la persistencia de las sustancias contaminantes y de su posible inclusión en los ciclos ecológicos.

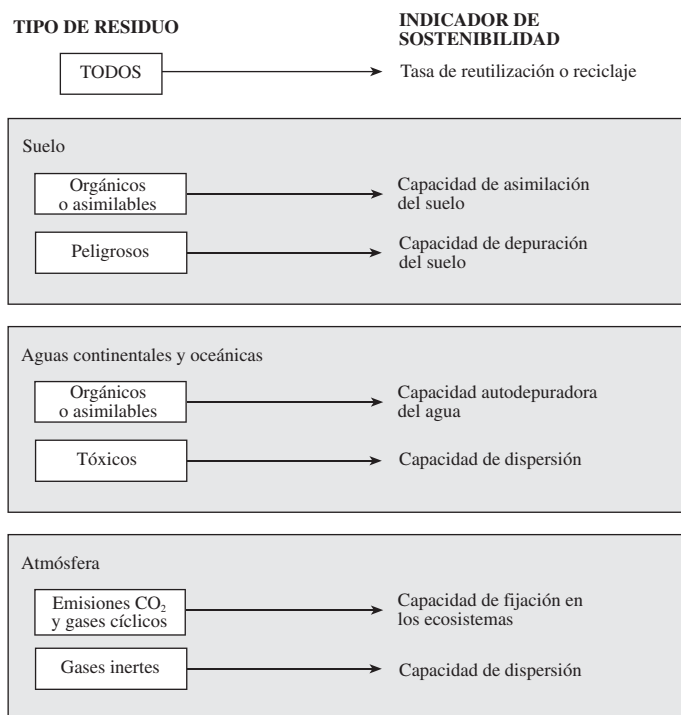


Figura 1.8. Indicadores de sostenibilidad utilizables para evaluar la liberación de diferentes tipos de desechos al medio.

Cada uno de los contaminantes se puede considerar como materia prima en otros procesos productivos (*tasa de reutilización o reciclaje*). En el caso de los residuos cabe separar los residuos orgánicos o inorgánicos asimilables por los seres vivos, que en cantidades adecuadas pueden considerarse como abonos, de las sustancias que son peligrosas porque no forman parte de los seres vivos sanos y, por tanto, es peligrosa su liberación, como las dioxinas o algunos metales pesados. En el primer caso hay que considerar la *capacidad de asimilación* del suelo, mientras que en el segundo no se puede hablar de sostenibilidad, aunque en algunos casos el suelo puede hacer de depurador (*capacidad de depuración*). En las aguas continentales y oceánicas se distinguen los mismos dos tipos de vertidos: orgánicos o asimilables y tóxicos. En el primer caso es importante no sobrepasar la *capacidad de autodepuración*, mientras que en el segundo se tendrá en cuenta la *capacidad de dispersión*.

En las emisiones se consideran los gases que forman parte de los ciclos ecológicos y que por lo tanto se asimilan por las plantas, por los océanos o en diferentes ciclos, de los gases que se acumulan indefinidamente en la atmósfera. En el primer caso se tiene en cuenta la *capacidad de fijación*, mientras que en el segundo se puede tener en cuenta la *capacidad de dispersión*, aunque sería mejor dejar de emitirlos antes de que se acumulen demasiado.

En el Apartado de «Descripción del proyecto» del estudio de impacto ambiental (véase Capítulo 4) debe hacerse especial referencia al destino que tienen los diferentes tipos de desechos producidos y las medidas tomadas para reducir los impactos que pueden producir (medidas correctoras).

1.3.4.3. La ocupación del suelo

La ocupación de un territorio por una actividad produce un cambio en las características de este territorio. Si se construye una carretera en una zona de huerta, por ejemplo, se está destruyendo un recurso sostenible de producción de alimentos a cambio de crear una posibilidad de transporte. La valoración de la sostenibilidad del llamado *impacto de ocupación* en este caso depende de que la carretera sea realmente necesaria y de que se realice con el trazado menos impactante, desde todos los puntos de vista.

Los análisis necesarios para valorar este tipo de impactos pasan por lo que se denomina un análisis de *la capacidad de acogida* del territorio, en el que se tiene en cuenta la *aptitud* del territorio de albergar el proyecto y el *impacto* que éste producirá en el entorno. En estos casos una buena *ordenación del territorio* es fundamental para poder hablar de sostenibilidad ambiental (véase Figura 1.9).

Los mismos análisis de capacidad de acogida se pueden realizar con respecto a las características sociales de un territorio para valorar la sostenibilidad social de un proyecto. En este caso hay que tener en cuenta el entorno socio-laboral en el que se encuadra el proyecto y los beneficios y perjuicios que puede causar a los diferentes agentes sociales afectados. También se analizan los efectos sociales que puede tener la producción de los recursos utilizados en el proyecto y la eliminación de los desechos del mismo, aunque no se produzcan en el mismo territorio. En el caso de que las materias primas vengan de países más pobres, para poder hablar de sostenibilidad social, habrá que ser especialmente cuidado-

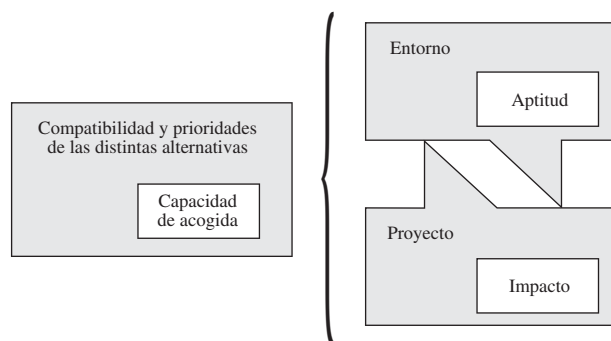


Figura 1.9. Las relaciones entre el entorno y el proyecto pueden resumirse como la aptitud y el impacto. La integración de ambas con la compatibilidad de diferentes usos da lugar al indicador de sostenibilidad que es la capacidad de acogida.

sos en la valoración «justa» de éstas y de las condiciones laborales de los que las producen.

Desde el punto de vista de la sostenibilidad económica, en muchos casos parece que la sostenibilidad ambiental y social puede estar reñida con la rentabilidad, pero esto no es cierto. Lo que no puede considerarse rentable a largo plazo es la destrucción de los recursos que serán necesarios para la actividad económica futura. Además, el cierre de los ciclos productivos, reciclando las materias primas utilizadas, abre nuevas posibilidades de negocio y de crecimiento económico, que pueden mantenerse a largo plazo.

La viabilidad financiera depende fundamentalmente de cómo se orienten los planes y los programas de desarrollo, por lo que es muy importante la evaluación ambiental, social y económica, no sólo de los proyectos concretos, sino de los planes, programas y políticas de desarrollo en los que se encuadran.

1.3.4.4. *El producto*

La propia calidad de los productos también debería ser analizada al buscar los impactos que produce una determinada actividad. Los productos, ya sean una carretera o los coches que circulan por ella, tienen una duración determinada y necesitan de un mantenimiento. Tanto la sustitución como la reparación de estos productos (además de la propia utilización de los mismos) puede generar impactos ambientales que deberían ser analizados.

En la actualidad, existen diferentes herramientas que analizan los impactos ambientales de un proceso productivo a diferentes niveles:

- El *análisis ambiental estratégico* de políticas, planes y programas y la *ordenación del territorio* son los instrumentos adecuados para determinar qué tipos de proyectos son más adecuados en cada lugar.
- La *evaluación del impacto ambiental* analiza cada uno de los proyectos por separado.

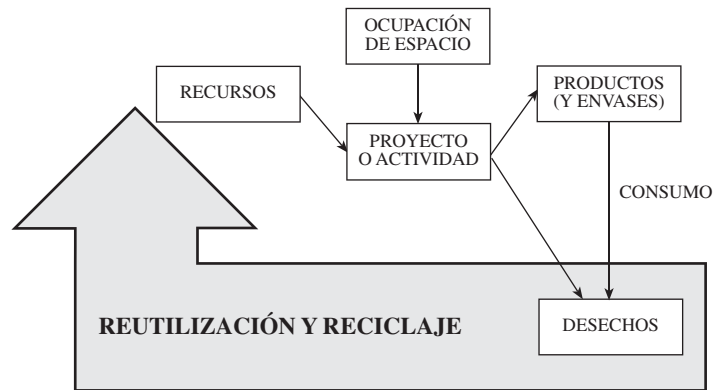


Figura 1.10. Diagrama de un sistema productivo sostenible, en el que todos los desechos son utilizados como recursos en el siguiente ciclo.

- Los *análisis de calidad ambiental* de los procesos industriales (las denominadas etiquetas ambientales) analizan en detalle cada proceso productivo.

Aun así, cuando un determinado proyecto no está encuadrado claramente dentro de un plan que ya tiene hecha su propia evaluación ambiental, habrá que realizar un estudio para determinar la *capacidad de acogida* del territorio para el mismo y siempre se debería analizar su *proceso productivo* (cómo se espera que funcione) tanto desde el punto de vista económico como ambiental, antes de llevarlo a cabo.

Cuando el producto tiene una vida útil determinada, hay que analizar su comportamiento como desecho, cuando ésta ha finalizado. Los envases y otros accesorios que se utilizan para su transporte y venta, también han de ser analizados, tanto desde el punto de vista del consumo de recursos naturales, como de producción de desechos.

El objetivo de sostenibilidad para cualquier proceso productivo es el reciclaje o la reutilización de todos sus desechos, por el mismo o por otros procesos productivos asociados (véase Figura 1.10).

1.3.5. Niveles de integración en evaluación ambiental

De la misma manera que en Ecología se puede estudiar la dinámica de un determinado individuo, una población, una comunidad ecológica o un ecosistema completo, cuando se quieren evaluar los efectos de una actividad sobre el ambiente, el análisis se puede realizar sobre los diferentes *niveles de integración*. Existen algunos organismos que por ellos mismos tienen un valor que puede ser considerado como elevado: árboles monumentales o un gorila albino. En otros casos, sin embargo, no es tan importante lo que les pase a los individuos aislados, sino que los efectos importantes se producen a nivel de población (poblaciones escasas), de comunidad (diversidad) o de ecosistema (función).

Las poblaciones se suelen valorar con criterios de rareza o de escasez y su «valor» puede ser diferente dependiendo de la escala espacial a la que se esté realizando el estudio. Hay

especies que se consideran escasas a una escala global, pero pueden ser muy abundantes en una determinada isla o especies que corren peligro de extinción a escala local aunque son abundantes a una escala mayor. Por ejemplo, sería un error decir que el oso pardo (*Ursus arctos*) de la Península Ibérica no es importante porque es abundante en otros lugares del mundo o que los árboles de una calle no son importantes sin consultar a los vecinos, por mucho que sean árboles que no estén en peligro de extinción.

Las comunidades o ecosistemas se valoran según la estructura o función de los mismos, que pueden hacerse patentes a diferentes escalas. A veces, un cambio fuerte local es percibido como poco significativo, porque la percepción de la función afectada es importante a una escala global, mientras que otras veces ocurre lo contrario, y son considerados como poco importantes los cambios producidos a nivel planetario, porque la intensidad de los mismos es pequeña a escalas inferiores.

En todos estos casos es necesario tener en cuenta la escala a la que un determinado elemento ambiental es considerado importante por todo el público o por un sector del mismo. Obviamente, diferentes personas tienen diferentes sensibilidades, todas ellas respetables, que deben ser tenidas en cuenta en la valoración. Por ejemplo, los habitantes de los alrededores de un parque natural o nacional, pueden opinar que las restricciones que se les imponen son excesivas y desearían poder construir apartamentos o realizar otras actividades dentro del parque que no son compatibles con la conservación del mismo.

En estos casos cabe preguntarse si valen más los beneficios que obtendrían estos vecinos si se les dejase actuar o los que obtiene el resto de población afectada si se mantiene la situación de protección. El problema en este caso es determinar cuál es la *población afectada*. Por ejemplo, en el Parque Nacional de Doñana, los resultados son muy diferentes si se realiza una encuesta en los pueblos de alrededor o en toda Andalucía, España o Europa. Realmente una parte importante de la población europea o española se sentiría afectada si se dejase de proteger un patrimonio tan importante, por lo que la opinión de los vecinos de alrededor, en este caso, tiene menos peso, aunque habrá que buscar soluciones al conflicto compensando de alguna manera a los vecinos del parque.

En otros casos puede ser al contrario, la población local puede querer proteger un bien que no es considerado importante por un sector de población más amplio. Puede ser el caso del trazado de una carretera que destruya un elemento natural o histórico relevante para el pueblo (árbol monumental, unas piedras sobre las que hay una leyenda, unas cuevas...).

Igual que la valoración de los elementos ambientales depende de la escala espacial y temporal a la que se estén analizando, lo mismo ocurre con los impactos producidos sobre estos elementos. Una primera valoración de una acción puede ser el cumplimiento de la legalidad vigente, por ejemplo, los límites máximos de emisión de contaminantes o de ruidos. Pero el cumplimiento de la legislación no garantiza, por sí sola, la ausencia de impactos. En todos los casos, habrá que valorar todas las opiniones y siempre que se pueda producir un impacto, a una u otra escala, valorarlo como tal y no dejarlo como si no fuese importante (*efecto mínimo*) si algún sector de la población considera este impacto como importante.

Siempre que sea posible, las *medidas correctoras* (véase Capítulo 9) deberán corregir estos impactos al menos a la escala a la que los percibe la población afectada. Para detectar esta escala, hay que insistir en la importancia de la participación pública en el proceso de evaluación.

1.4. LOS PROBLEMAS AMBIENTALES

Se consideran *problemas ambientales* a los cambios producidos por las actividades humanas y que generan una disminución de la calidad de vida de las poblaciones humanas (las mismas u otras diferentes), llegando incluso a comprometer su supervivencia. Estos problemas están muy asociados a los *problemas sociales*, como las guerras y el hambre, y en general a las políticas internacionales y a las decisiones que toman los diferentes países, en particular los más ricos.

Todos los seres humanos son vulnerables a los cambios que se producen en el ambiente, pero unos más que otros. En general, se consideran más vulnerables a los grupos más pobres debido a que tienen menos opciones para enfrentarse a estos cambios. Algunos lugares, como las llanuras aluviales, márgenes de ríos o pequeñas islas, también son más vulnerables que otros.

Para un análisis correcto de la situación actual es necesario determinar la escala de actuación del problema ambiental y por tanto el ámbito en el que este problema es importante. Para ello se separarán tres escalas: problemas ambientales globales, en Europa y en España, para estudiar en cada caso cuáles están considerados como los prioritarios o más importantes.

1.4.1. Problemas ambientales a escala mundial

Se consideran *problemas ambientales globales* o problemas ambientales a escala mundial los que afectan en mayor o menor medida a todas las poblaciones humanas y que por lo tanto su resolución es importante para toda la humanidad. Dentro de estos problemas se pueden incluir los siguientes: el cambio climático, la reducción de la capa de ozono, la pérdida de biodiversidad, la contaminación y el agotamiento de los recursos naturales.

1.4.1.1. El cambio climático

La temperatura media del planeta Tierra (de unos 15° C) está regulada por la dinámica atmosférica, de forma que se mantiene más o menos estable a lo largo del tiempo. Esta estabilidad es algo engañosa, ya que durante la era Cuaternaria, en la que aún nos encontramos en la actualidad, ha habido varios ciclos de periodos glaciares con periodos interglaciares intercalados, luego la temperatura del planeta cambia a lo largo del tiempo de forma natural. En la actualidad se está produciendo lo que se denomina *el calentamiento global* o un aumento de la temperatura media del planeta debido a las emisiones de *gases de efecto invernadero* (CO₂, metano...), con consecuencias predecibles si no se ataja a tiempo.

El efecto invernadero es un efecto natural y necesario para el mantenimiento de la temperatura en el planeta Tierra. Se basa en que estos *gases de efecto invernadero* no dejan escapar el calor que se recibe a través de la radiación solar, de forma que el planeta se calienta. Si no existiese este efecto, se calcula que la temperatura media de la Tierra sería unos 30° C inferior a la actual, por lo que sería un planeta helado. Gracias al efecto invernadero se dan los climas que existen en la actualidad, pero un calentamiento del planeta, aunque pudiese considerarse como un proceso natural, puede tener efectos desastrosos para los seres huma-

nos, por lo que hay que tenerlo en cuenta a la hora de evaluar las políticas y las actividades humanas.

Las consecuencias más desfavorables de un calentamiento global son las relacionadas con la fusión de los polos y el aumento del nivel del mar, con la consiguiente pérdida de la superficie habitable por el ser humano, que puede llegar a un 30% y que afectaría primero a las zonas costeras y llanas, donde se concentran las mayores poblaciones, que tendrían que emigrar a zonas más interiores.

Otras consecuencias son las pérdidas de cosechas, por aumento de la variabilidad atmosférica y el cambio de distribución de las especies animales y vegetales del planeta, con la extinción de las que no puedan migrar. Esta migración incluye a algunas enfermedades humanas (como la malaria, principal causa de muerte en el mundo en la actualidad), que se pueden extender a zonas de donde ya ha sido erradicada, como el Sur de Europa.

Lo único que se puede hacer para intentar frenar esta tendencia al calentamiento es disminuir la emisión de estos gases e intentar al mismo tiempo capturarlos de la atmósfera, fijando el CO₂ en las estructuras vegetales y el suelo. Estas acciones no garantizan que no se vaya a calentar el planeta, pero al menos pueden disminuir la velocidad a la que este calentamiento se producirá.

1.4.1.2. Reducción de la capa de ozono

Uno de los estratos de la Estratosfera tiene una alta concentración de ozono (O₃). Esta capa tiene la propiedad de filtrar los rayos ultravioletas de la luz solar, de forma que este tipo de radiación llega muy disminuida a la superficie terrestre. La radiación ultravioleta dificulta la fotosíntesis de las plantas disminuyendo su crecimiento y debilitan el sistema inmune de los animales, favoreciendo la aparición de cánceres.

Algunos compuestos industriales liberan cloro (Cl) o bromo (Br) a la atmósfera, y estos elementos llegan a la Estratosfera en pocos años desde su emisión. Una vez allí, cada molécula de cloro o bromo puede destruir miles de moléculas de ozono, durante los aproximadamente 20 años que puede persistir en esta capa.

Esto ha producido un gran *agujero de la capa de ozono* en el hemisferio sur y otro más pequeño en el norte. A partir de convenios internacionales se ha conseguido prohibir en todos los países la emisión de la mayor parte de estos compuestos (compuestos cloro-fluorocarbonados o CFCs, bromuro de metilo...), buscando alternativas para los mismos. Probablemente se puede considerar el mayor éxito en la actualidad en política ambiental internacional, aunque habrá que esperar muchos años para que el agujero empiece a disminuir, ya que el cloro y bromo emitido años atrás es el que está actuando ahora.

1.4.1.3. La pérdida de biodiversidad

La *biodiversidad*, a una escala global, se considera como la suma de todas las especies existentes en el planeta (animales, vegetales, hongos, protozoos y bacterias). Todas las especies tienen un papel dentro de su ecosistema, de forma que su pérdida produce una inestabilidad en la función de los mismos. Además cada especie tiene un potencial de uso por parte del ser humano que se pierde para siempre cuando la especie se extingue.

Un ecosistema puede regenerarse siempre que las especies que lo componen no se hayan extinguido. La extinción es un proceso irreversible de pérdida de recursos genéticos y de información. Se puede considerar como una pérdida de patrimonio para las generaciones futuras.

La ocupación de los ecosistemas naturales para diferentes usos y la falta de una gestión adecuada está llevando a la pérdida de muchas especies a una velocidad muy superior a la natural, lo que se considera un proceso de *extinción masiva* como el producido al final del Cretácico, cuando se extinguieron todos los dinosaurios y muchas otras especies.

1.4.1.4. La contaminación

Algunas actividades humanas producen una serie de desechos que contaminan los diferentes agentes ambientales: suelo, agua y aire. Gran parte de esta contaminación produce efectos irreversibles en los ecosistemas. Los tipos de contaminación que se consideran más peligrosos por su persistencia a largo plazo son: la contaminación radiactiva y la contaminación bioacumulativa, que persiste en los tejidos vivos, transmitiéndose de un organismo a otro a través de la cadena trófica, de forma que se acumula en cada paso llegando a tener concentraciones muy nocivas en los eslabones superiores, incluido el ser humano. Estos contaminantes bioacumulativos son muchos metales pesados (cadmio, plomo, mercurio...), insecticidas como el DDT (del que todos tenemos una cierta cantidad acumulada en la grasa), dioxinas...

Otros contaminantes tienen como efecto principal la pérdida de recursos necesarios para los seres humanos, al no poderse utilizar el suelo o el agua contaminadas.

1.4.1.5. El agotamiento de los recursos naturales

A pesar de que ya se superan los seis mil millones de seres humanos en el planeta, la población humana sigue creciendo de forma exponencial, con lo que la falta de recursos suficientes para todos ya es un hecho. Expresiones como que «no existe hierro en las minas actuales para que todos los habitantes del planeta tengan un coche», hacen pensar que la escasez de recursos es un problema grave. Da igual la cantidad total de recursos que haya, si éstos se destruyen y la población crece de forma exponencial, terminarán por agotarse, que es lo que está ocurriendo en la actualidad.

Pero el problema no es sólo el hierro, casi todos los metales están agotándose a una velocidad cada vez mayor, al igual que casi todos los recursos no renovables, mientras que muchos recursos renovables (madera, suelo agrícola, pesca...) son sobreexplotados por exigencias del mercado, destruyéndose para siempre. Con los recursos energéticos pasa algo parecido, los yacimientos de petróleo barato escasean y se producen guerras para controlar los mejores, pero esto no evitará que tarde o temprano ya no sea rentable como fuente de energía. Con el agua dulce y los recursos alimenticios el problema es similar: la seguridad alimentaria global es cada vez menor y los suelos fértiles disminuyen por erosión o contaminación.

En algunos casos la solución está en buscar nuevos recursos que sustituyan a los que se agotan, pero siempre se deberían de preservar los recursos renovables, utilizándolos de forma sostenible, para no comprometer la supervivencia de las generaciones futuras. En todos los casos, es necesario disminuir el crecimiento de la población mundial mediante el control de la natalidad para que haya recursos para todos.

1.4.2. Los problemas ambientales de Europa

Desde un punto de vista europeo, los problemas ambientales más relevantes coinciden con los problemas ambientales a escala global, aunque la importancia relativa de cada uno cambia. En Europa la perspectiva es algo diferente debido al alto grado de concienciación de la población hacia los problemas ambientales, lo que obliga y facilita la implantación de medidas ambientales en todos los ámbitos.

Se puede decir que el problema más importante es la contaminación, ya que la Unión Europea es una de las regiones del mundo con mayor densidad de vertidos industriales y urbanos del mundo, tiene contaminada la atmósfera de sus ciudades y la mayor parte de los cursos fluviales y aguas subterráneas. Existen multitud de actuaciones encaminadas a reducir o depurar estos contaminantes, con mayor o menor éxito.

Otra fuente importante de contaminación son las actividades agrícolas, por el tipo de agricultura fomentada por la Política Agraria Común, que con el objetivo de asegurar la seguridad alimentaria a corto plazo ha descuidado otros aspectos. Cada año se producen gran cantidad de excedentes que hay que incinerar y a cambio se contaminan con gran cantidad de fertilizantes y pesticidas las aguas de todas las zonas agrícolas. Las nuevas políticas ya fomentan técnicas de cultivo menos agresivas, pero las consecuencias se siguen notando en muchas zonas.

La dependencia energética ha llevado en muchas zonas a una proliferación de centrales nucleares, lo que produce una contaminación en forma de *residuos nucleares* que hay que controlar durante miles de años y que cuando hay un escape, puede eliminar vidas humanas y una gran cantidad de recursos como en Chernobil.

La pérdida de diversidad, el cambio climático y la escasez de recursos son abordados también desde las políticas europeas, con más o menos fortuna.

1.4.3. La situación ambiental en España

Desde la entrada de España en la Unión Europea se ha producido un cambio de mentalidad frente a los problemas ambientales, aumentando la concienciación de la población y la implicación de las administraciones. Muchos de los problemas ambientales se producen por la despoblación de las zonas rurales y la masificación en las grandes ciudades y zonas costeras. Los aspectos que pueden considerarse más importantes desde un punto de vista nacional son los siguientes:

La biodiversidad. El patrimonio natural español es uno de los más diversos y con un mayor número de endemismos debido a su orografía y riqueza en microclimas y suelos y a su

localización intermedia entre Europa y África. Este patrimonio se encuentra en muchos casos amenazado por actividades que sólo miran el beneficio a corto plazo, aunque cada vez se conoce y se conserva mejor.

La sobreexplotación de los recursos. Se produce tanto en los recursos pesqueros como en la agricultura. La utilización de técnicas no adecuadas y la contaminación han provocado que la producción pesquera en las costas españolas esté bajo mínimos y que no tenga posibilidades de recuperación a corto plazo.

En la agricultura, la sobreexplotación del suelo y de los recursos hídricos, ha llevado a una situación en la que la mayor parte de los suelos agrícolas están muy empobrecidos (*erosión química*) y gran parte de las aguas subterráneas tengan problemas de salinidad y contaminación por nitratos y pesticidas.

La contaminación. La contaminación producida por las ciudades y por el tejido industrial es muy importante debido a la falta de renovación de muchas instalaciones y de medidas adecuadas de depuración. Esto produce que el agua, tanto superficial como subterránea, presente problemas graves de contaminación. Esta contaminación hace que sea muy cara su transformación para poder utilizarla como agua de riego o para otros usos. La contaminación atmosférica es un problema grave en algunas ciudades.

La agricultura es en general intensiva y muy contaminante (fertilizantes y pesticidas), con un problema muy generalizado de sobredosificación y de falta de precauciones a la hora de utilizar estos productos (fumigaciones indiscriminadas, falta de información...). Con el incremento del cultivo bajo plástico, se tiene el problema añadido de la eliminación de los plásticos cuando vence su vida útil (1 a 3 años).

La ganadería intensiva también produce problemas graves de contaminación por purines en muchas zonas, que en el caso del cerdo son preocupantes debido a las altas concentraciones de metales pesados que contienen.

Los incendios y la erosión. Los incendios son posiblemente uno de los problemas ambientales más importantes en España, desde un punto de vista de emisiones de CO₂, de la erosión y pérdida de hábitats naturales. En muchos casos estos incendios son la consecuencia de una política forestal inadecuada que actualmente está cambiando, pero que ha plantado gran parte de la superficie forestal con especies que «atraen los incendios», como pinos y eucaliptos, y que eliminan otras formas de aprovechamiento tradicional del monte, por lo que fomentan el abandono de las zonas rurales. En muchos casos los incendios producen daños irreversibles por la pérdida del suelo.

España es el país con la mayor *tasa de erosión* de toda Europa, con mucha diferencia. La erosión es la pérdida del suelo, que en muchos casos ha tardado miles de años en formarse y por lo tanto se puede considerar como la pérdida de un recurso renovable. Esta erosión, además de por los incendios, se produce por el abandono de la agricultura en zonas de terrazas, que se caen por falta de mantenimiento, por las plantaciones en zonas con alta pendiente (muchas veces fomentadas por las subvenciones), y por malas prácticas agrícolas (dejando el suelo desnudo antes de las lluvias fuertes). Esta erosión produce además problemas de turbidez en los ríos y de colmatación de los embalses.

1.5. PRÁCTICAS

1.5.1. Autoevaluación

1. En el contexto de la Evaluación de Impacto Ambiental, el concepto de ambiente es:
 - a) Un concepto centrado en la naturaleza.
 - b) Sostenible.
 - c) Antropocéntrico.
 - d) Un concepto puramente económico.

2. Al valorar la calidad ambiental hay que tener en cuenta:
 - a) La integridad del ecosistema.
 - b) Todo lo que afecte a la salud de las personas.
 - c) Los dos anteriores.
 - d) Ninguno de los anteriores.

3. Un ecosistema agrícola:
 - a) Nunca tendrá una elevada calidad ambiental.
 - b) Tendrá una elevada calidad ambiental si tiene árboles.
 - c) Tendrá una elevada calidad ambiental si tiene muchos animales.
 - d) Tendrá una elevada calidad ambiental si es tradicional y sostenible.

4. La función de un ecosistema:
 - a) Depende de su estructura.
 - b) Es el flujo de materia y energía a través de los organismos.
 - c) Es el flujo de información.
 - d) Todo lo anterior.

5. Los valores obtenidos de la medición de las características ambientales:
 - a) Son diferentes a distintas escalas espaciales.
 - b) Cambian con la escala temporal.
 - c) Las dos anteriores.
 - d) No dependen de la escala.

6. Un impacto ambiental:
 - a) Depende de la percepción del público.
 - b) Indica un cambio de un factor ambiental producido por una acción humana, aunque la calidad ambiental no se vea afectada.
 - c) Puede producirse por un terremoto.
 - d) Los tres anteriores.

7. En una Evaluación de Impacto Ambiental, los factores ambientales considerados tienen que ser:
 - a) Medibles o al menos cuantificables.
 - b) No tienen por qué afectar o verse afectados por el proyecto.
 - c) Son el suelo, el aire y el agua.
 - d) Todo lo anterior.

8. En una Evaluación de Impacto Ambiental, los impactos ambientales positivos:
 - a) No se tendrán en cuenta.
 - b) Pueden ser el beneficio económico que produce el proyecto.
 - c) Pueden ser sinérgicos.
 - d) Pueden ser recuperables.

9. La sostenibilidad:
 - a) Es un concepto utópico que no hay que tener en cuenta.
 - b) Se puede valorar mediante indicadores.
 - c) Hay que tenerla en cuenta aunque no se puede valorar.
 - d) Supone mantener el ritmo de crecimiento de forma sostenida.

10. Según el principio de responsabilidad, el coste de la depuración de un vertido a un río debe pagarlo:
 - a) Los que se bañan en el río.
 - b) El que produce el vertido.
 - c) Todos los habitantes de la zona.
 - d) El Estado.

11. Según el principio de cautela:
 - a) No se puede realizar una actividad que está demostrado que produce un impacto ambiental inaceptable.
 - b) No se puede realizar una actividad potencialmente peligrosa hasta que no se demuestre que no hay ningún peligro.
 - c) Todo el mundo es inocente hasta que no se demuestre lo contrario.
 - d) Hay que tener mucho cuidado al evaluar los impactos ambientales.

12. Un efecto y un impacto ambiental se diferencian en:
 - a) El efecto ambiental siempre es subjetivo, mientras que el impacto ambiental es objetivo.
 - b) Un impacto ambiental es simplemente un efecto ambiental grande.
 - c) El efecto ambiental se puede medir de forma objetiva y sin valorarlo, mientras que el impacto ambiental necesita de una valoración y por tanto es siempre subjetivo.
 - d) No se diferencian.

13. Los principios de información y participación públicas:
- Es mejor no tenerlos en cuenta, porque la opinión del público no es comparable a la de un técnico especializado.
 - Complica el procedimiento con alegaciones innecesarias.
 - Las dos anteriores.
 - Es necesario para que la evaluación tenga sentido, por lo que hay que fomentar que el público participe todo lo que sea posible.
14. En el Estudio de Impacto Ambiental, las cosas que no se conocen:
- Es mejor no ponerlas.
 - Hay que ponerlas de forma que parezca que sí se conocen.
 - Hay que ponerlas, destacando las dudas y lagunas de conocimiento existentes y cómo pueden cambiar la valoración en cada caso.
 - Hay que conocerlas, por lo que en todos los casos hay que realizar los estudios necesarios para tener toda la información que pueda afectar al resultado de la valoración.

1.5.2. Ejercicios y dinámicas

Dinámica sobre el concepto de ambiente. Esta dinámica está pensada para hacerla en clase y sirve como motivación y como valoración inicial con alumnado de niveles muy variados. Se ha utilizado con éxito en cursos de Evaluación de Impacto Ambiental y puede ser una ayuda importante para que el alumnado aprenda el significado de los conceptos más conflictivos. Sólo son necesarias hojas de papel y sitio para que los alumnos y alumnas se sienten en grupos de entre 3 y 6 personas. Los tiempos de la dinámica y las preguntas para responder son orientativos, pues el profesorado deberá adaptarlos a sus condiciones particulares. Antes de empezar se pide a los alumnos y alumnas que individualmente cada uno de ellos escriba en una hoja de papel cuál sería su definición para los siguientes conceptos, durante 15 minutos:

- Ambiente.
- Medio ambiente.
- Calidad ambiental.

Además tendrán que enumerar los elementos del ambiente, seleccionar el que consideren más importante y buscar un ejemplo que no forme parte del ambiente.

Una vez que han tenido un tiempo para enfrentarse a estos conceptos y ver las dificultades que pueden surgir a la hora de definirlos, a pesar de ser tan conocidos, tienen que discutir en grupos las definiciones de cada uno para conseguir, por consenso, escribir una definición para cada término. El debate por grupos puede durar entre 20 y 30 minutos, durante los cuales el profesor resolverá las dudas que puedan surgir en cada grupo.

Una vez terminada esta fase, por turnos, un representante de cada grupo leerá la definición de un término cada vez, que se discutirá con el resto de los grupos.

Descripción de elementos ambientales. En este ejercicio es necesario elegir *a priori* un determinado ambiente: el aula, el edificio, la ciudad, un parque urbano, etc. Se trata de describir los elementos ambientales, realizando una valoración de la calidad ambiental de cada uno de ellos. Una primera aproximación puede ser ordenarlos de mayor a menor calidad ambiental.

Análisis de una actividad e identificación de sus efectos ambientales. Elegir una actividad que sea cercana o que el alumnado conozca bien: una obra, un cultivo... (puede ser real o inventada). Describir todos los efectos ambientales que generaría sobre el lugar en el que se ubica, analizar los consumos de materias primas, los residuos que se producen y el posible impacto de ocupación. ¿A qué escala es mayor cada impacto? Clasificar los impactos, por tipos.

Principios éticos. Para las siguientes actividades humanas, determinar cuáles son los principios éticos aplicables, de qué forma habría que aplicarlos y cuál es la importancia relativa de cada uno de ellos (ordenar de más a menos importantes):

- a. Implantación de un cultivo de maíz transgénico.
- b. Un vertido tóxico en un río.
- c. Contaminación del acuífero regional por una intensificación de la agricultura de la zona.
- d. Una repoblación forestal de *Pinus radiata*.

1.5.3. Prácticas con computador

1.5.3.1. La huella ecológica

La huella ecológica es un indicador ambiental de carácter integrador del impacto que ejerce una cierta comunidad humana (persona, país, región o ciudad) sobre su entorno, considerando tanto los recursos que necesita, como los residuos generados, para el mantenimiento del modelo de producción y consumo. Se trata por tanto de una herramienta de cuantificación ecológica.

La demanda de recursos por los seres humanos (huella ecológica) en 1961 era alrededor del 70% de la capacidad de regeneración de la Tierra. En la década de 1980 esa demanda alcanzó el total disponible, y en 1999 excedió la disponibilidad planetaria. En la actualidad, la humanidad está consumiendo el 120% de lo que la Tierra produce.

Haciendo una relación entre esta superficie y la cantidad de habitantes del planeta (casi 6 000 millones), se llega a la conclusión que en el planeta cada persona «cuenta» con 1,9 hectáreas de tierra productiva para satisfacer sus necesidades. Sin embargo, si con este mismo criterio, se evalúa la demanda sobre los recursos, los expertos han llegado a la conclusión

que cada habitante del planeta, en promedio, «gasta» anualmente la producción de 2,29 hectáreas.

El cálculo de la huella ecológica tiene en cuenta los siguientes aspectos:

- Para producir cualquier producto, independientemente del tipo de tecnología utilizada, se necesita un flujo de materiales y energía.
- Se precisan sistemas ecológicos para reabsorber los residuos generados durante el proceso de producción y el uso de los productos finales.
- Se ocupa espacio con infraestructuras, viviendas equipamientos, etc., reduciendo así las superficie de ecosistemas productivos.

La metodología de cálculo de la huella ecológica se basa en la estimación de la superficie necesaria para producir los recursos consumidos en la alimentación, productos forestales, gas-to energético y la ocupación directa del terreno. Esta superficie se suele expresar en ha/persona/año si se realiza el cálculo para un habitante, o bien, en hectáreas si el cálculo se refiere al conjunto de la comunidad estudiada.

A pesar de que la huella ecológica es un indicador que puede subestimar el impacto real de la actividad humana sobre el entorno, y que existen aún importantes limitaciones en relación a su aplicación metodológica y a la información disponible, hay que destacar la oportunidad que plantea en relación a la estrategia de la sostenibilidad.

En el CD, dentro del Apartado «Prácticas» se encuentra la Práctica «La huella ecológica», que es un programa que calcula de forma simplificada la huella ecológica de una persona. Responde a la encuesta y sabrás cuál es tu huella ecológica.

1.5.3.2. **Evaluación de riesgos: Incendios**

Dentro de los estudios sobre «*capacidad del territorio para albergar una actividad*» se debe evaluar la probabilidad o posibilidad de los diferentes *riesgos*, siendo uno de los más importantes el riesgo de incendios. Otros riesgos posibles son: el riesgo de erosión, la fragilidad visual del paisaje, riesgo de inundaciones, terremotos, etc.

Una de las formas de proceder se enmarca dentro de los métodos cartográficos de Mc Harg en los que se utilizan transparencias. El método consiste en cartografiar el terreno y dividirlo en celdas o cuadrículas de una dimensión determinada, de las cuales se conocen sus coordenadas, para luego poder representarlas en un mapa, y los valores de las variables necesarias.

Más que valorar el riesgo de que se inicie un incendio en el territorio, se va a evaluar la facilidad del propagación del fuego o la dificultad de apagarlo. Este riesgo varía según el tipo de vegetación, ya que es distinto si es un bosque de pinos a si es un prado. Por eso, según el tipo de vegetación se puntúa cada celda con un valor, desde 0 a 5. Si existe agua cerca es más fácil apagar el fuego si éste se produce. Las gargantas pueden producir un efecto chimenea. Con razonamientos similares a los anteriores pueden determinarse las variables a tener en cuenta, que se ponderarán para calcular el riesgo de incendios.

En la práctica propuesta, para simplificar, sólo se han tenido en cuenta tres variables: la pendiente, la geomorfología y el tipo de vegetación. Con las dos primeras se obtiene el com-

portamiento del terreno frente al fuego, y junto con la tercera se determina el riesgo de incendio. Naturalmente habría que tener en cuenta otras variables.

En el CD, en el Apartado de «Prácticas» está la Práctica «Evaluación de riesgos: Incendios». Al entrar en ella se abre un archivo de Word con la práctica explicada paso a paso. Con él se abre un archivo de Excel con dos hojas: La hoja «ALUMNOS» está preparada para que el alumnado se confeccione su propia hoja de cálculo y la hoja «INTERMEDIA» está iniciada, con las fórmulas implementadas, pero con los cálculos sin realizar.

Desde el archivo de Word, también se puede acceder a SOLUCIONES, con la Práctica «COMPLETA» con todos los cálculos ya hechos, en los que se determina el riesgo de incendios de cada cuadrícula.

CAPÍTULO 2

Marco legal e institucional

Antes de describir las normas que desarrollan lo que es y cómo debe realizarse la Evaluación de Impacto Ambiental, es necesario conocer de dónde provienen y qué rango tiene cada una de ellas, de forma que pueda entenderse su evolución y por qué se repiten, con variaciones, en diferentes administraciones. El objetivo del libro no es, naturalmente, realizar un tratado de derecho, pero unas ideas y conceptos básicos son fundamentales para entender el alcance de cada una de las normas implicadas en el proceso.

TIPOS DE NORMAS

A una escala nacional, la norma fundamental, en la que todas las demás deberían estar inspiradas y que no se puede contradecir con ninguna otra legislación de rango menor, es la Constitución Española de 1978. De hecho, el Estado Español no puede firmar tratados internacionales que contradigan a esta Constitución y aunque están previstos los mecanismos para cambiarla si fuese preciso, es difícil encontrar el consenso necesario para hacerlo.

Toda la legislación nacional, por lo tanto, está subordinada a la Constitución Española, lo que significa que ninguna norma puede ir en contra de lo dispuesto en la misma y el Tribunal Constitucional se encarga de velar por su cumplimiento. Dentro de la legislación nacional existen también diferentes rangos normativos, dependiendo de quién y cómo los dicte, de forma que una norma de rango inferior nunca puede contravenir lo dispuesto en una norma de rango superior.

Las normas de mayor rango, después de la propia Constitución, son las *leyes*, que tienen que ser aprobadas en el Parlamento, y dentro de éstas, las *leyes orgánicas*, que son las que organizan el funcionamiento de las instituciones y las que deben de tener un mayor consenso (Los Estatutos de Autonomía y el Código Penal, por ejemplo, son leyes orgánicas).

Por debajo de las leyes, por no haber sido votados en el Parlamento, sino redactados por el Equipo de Gobierno, se encuentran los *decretos*, que pueden ser de varios tipos: se denomina *Real Decreto*, cuando el Rey ha sido informado del mismo y *Decreto Ley* o *Decreto*

Legislativo cuando el Decreto tiene vocación de Ley y será votado por el Parlamento en un futuro próximo, alcanzando en este momento (si es aprobado) rango de Ley. Los decretos pueden ser dictados también por los órganos de gobierno de las Comunidades autónomas, pero siempre sin contravenir la Legislación Nacional.

Cuando es conveniente que una norma pueda cambiar cada año o cada cierto tiempo, regulando el funcionamiento de una actividad, se dicta mediante una *Orden*, que puede ser ministerial o de una consejería de una Comunidad Autónoma, como las Órdenes de Caza y Pesca, que determinan las fechas de vedas. Estas órdenes son las normas de menor rango y por tanto no pueden contravenir las normas de rango superior: leyes, decretos,...

Otros documentos estatales no tienen rango normativo, como pueden ser las *estrategias*, *planes* y *programas* y por lo tanto tienen que cumplir la normativa vigente, aunque en muchas ocasiones ofrecen la organización necesaria para el dictado de nuevos decretos o incluso nuevas leyes.

Desde un punto de vista internacional, el Estado Español puede asociarse con otros países, dentro de lo previsto en la Constitución Española, de forma que se obligue a cumplir *convenios internacionales*. Estos convenios no tienen rango normativo y por lo tanto no son de obligado cumplimiento para las personas físicas o jurídicas, ni para las diferentes administraciones hasta que son transpuestos con algún tipo de normativa (Ley, Decreto...). Lo mismo ocurre con las directivas europeas: desde el Parlamento Europeo no se pueden dictar normas que obliguen directamente a los ciudadanos o instituciones españolas, pero desde que se acepta estar dentro de la Unión Europea, el Estado Español se compromete a transponer la Normativa Europea en Normativa Nacional y en el momento en que lo hace, obliga a todos los ciudadanos e instituciones.

2.1. UN POCO DE HISTORIA

La intensidad de los problemas ambientales alcanzó en el siglo xx una entidad suficiente como para poner en peligro la supervivencia de la propia especie humana, por lo que a mediados de siglo, algunos analistas empezaron a dar la voz de alarma. Las tesis tecnicistas de principios del siglo xx prevén que para cuando se acabe algún recurso natural necesario para el ser humano, el genio y la técnica siempre encontrarán otro recurso capaz de sustituirlo, de forma que no hay que preocuparse por conservar los recursos, sino por mantener el progreso, ya que el mismo progreso dará las soluciones a los problemas que plantea. La aceptación sin reserva de este principio hizo que en un primer momento no se tuvieran en cuenta las voces de alarma y se continuase con las prácticas que producen la destrucción de los recursos naturales y por lo tanto disminuyen la capacidad de carga del planeta Tierra.

Uno de los ejemplos más claros lo constituye la revolución verde, que durante los años 60 cambió de forma drástica la forma de entender la agricultura, convirtiendo una práctica sostenible de producción de alimentos a partir de la energía del sol y de la fertilidad del suelo, en una práctica que consume mucha más energía de la que produce (proveniente de combustibles fósiles) y que destruye la fertilidad natural del suelo.

El deterioro del suelo agrícola supone la eliminación del medio de alimentación de las generaciones futuras, por lo que las voces de alarma se multiplicaron y se publicaron libros como «La Primavera Silenciosa» de Rachel Carson, que difundieron y propagaron lo que se

ha llamado el *movimiento ecologista* o la *conciencia ecológica*, que se basa en que los seres humanos actuales no deben deteriorar el medio de vida de las generaciones futuras, sino que se debe cuidar el medio en el que van a vivir. La idea de que, «*no heredamos la Tierra de nuestros padres, sino que la tomamos prestada a nuestros hijos*», va cambiando la forma de ver el progreso y se van tomando medidas para evitar los efectos ambientales más negativos de las actividades humanas.

2.1.1. Los años 60: del ecologismo a la NEPA

En los años 60 aparecieron las primeras legislaciones de carácter ambiental, normalmente normas sectoriales orientadas a controlar la contaminación del agua, aire o suelo, producida por las actividades industriales. Debido a las presiones de los grupos ecologistas y a un aumento general de la concienciación, se desarrollaron legislaciones nacionales para controlar algunos de los problemas ambientales que estaba produciendo el desarrollo industrial.

En la legislación española aparece el Reglamento de Actividades Molestas, Insalubres, Nocivas y Peligrosas (Decreto 2414/1961, de 30 de noviembre), que exige, para la obtención de las licencias de determinadas actividades, un estudio de las características de la actividad y de su posible repercusión sobre la sanidad ambiental, así como las medidas correctoras que se proponen, con expresión de su grado de eficacia y garantía de seguridad. En otros países se desarrollan legislaciones parecidas, pero muy variadas y normalmente sectorizadas, primando sobre todo el control sobre las actividades que estaban produciendo enfermedades, por contaminación principalmente, en la población.

En 1969 apareció la primera Normativa que trata los problemas ambientales de forma conjunta. Es la *National Environmental Policy Act* (NEPA), o la Ley de Medio Ambiente de los Estados Unidos de América, que entró en vigor el 1 de enero de 1970 y que marcó el camino a seguir para el resto de países industrializados. La NEPA es una ley muy amplia, que tiene en cuenta todos los aspectos de la conservación de la naturaleza y del medio ambiente de forma integrada. Una de las novedades de esta ley es la estructuración del procedimiento de *Evaluación de Impacto Ambiental*, en la forma en la que se realiza en la actualidad, con diferentes modificaciones, en el resto de países. En el párrafo 102 (2)c se establece que:

«Cuando una agencia federal se proponga llevar a cabo una acción importante, que tenga un efecto significativo sobre la calidad del medio ambiente humano, debe preparar una estimación detallada de los efectos ambientales y ponerla a disposición del Presidente, del Congreso y de los ciudadanos americanos»,

dejando claro, desde un principio, el carácter antropocéntrico que tiene el concepto de *medio ambiente* en el contexto de la Evaluación de Impacto Ambiental y de la necesidad de la *información pública* en el proceso.

La forma de decidir si un proyecto necesita pasar por el procedimiento de Evaluación de Impacto Ambiental es mediante el llamado proceso de *screening*, que se podría traducir como *encuadre*, pero que es utilizado generalmente con el término anglosajón. El *screening* es

un estudio que tiene que tener todo proyecto para determinar la necesidad o no de pasar por el procedimiento de Evaluación de Impacto Ambiental. Para los proyectos que necesitan evaluar su impacto ambiental establece la necesidad de que el Estudio de Impacto Ambiental lo realice un equipo interdisciplinar, con expertos en distintas áreas de las ciencias naturales, de las ciencias sociales y de gestión. Además establece la necesidad de información a la sociedad (instituciones y particulares) y de la participación de ésta en el proceso de evaluación.

Pero la NEPA no sólo es eso, es una ley integral de medio ambiente que también establece la obligatoriedad de analizar desde un punto de vista ambiental todas las Políticas, Planes y Programas que se dicten, y aglutina en una única norma toda la legislación existente sobre espacios naturales protegidos y control de la contaminación. Los objetivos generales son el mantenimiento, restauración y potenciación de la calidad ambiental en todos sus aspectos, tratándola de forma integral. Se considera medio ambiente desde la aparición de esta norma, no únicamente a los parques nacionales y reservas estratégicas, sino a todo el territorio, de forma que se hace necesaria una gestión ambiental de todas las actividades humanas desde el punto de vista del desarrollo sostenible. Es una norma muy avanzada para la época en la que se creó y que ha sido el punto de partida de todas las normativas ambientales de todos los países del mundo.

En algunos países como Canadá, se han redactado normas parecidas, y en otros, como en la Unión Europea también, aunque de forma más tardía y escalonada, aunque basándose en los mismos principios y con métodos parecidos.

2.1.2. Los años 70 y los Convenios Internacionales

En la creación de la Comunidad Económica Europea (1951-1957) no se hizo referencia alguna a una política común para proteger el medio ambiente, lo que puede ser una de las razones de la incorporación tardía de la Normativa Ambiental en el ámbito europeo. En la Comunicación de la Comisión de julio de 1971, debido a la influencia de la NEPA de los Estados Unidos y de algunas organizaciones ecologistas europeas, se planteó por primera vez la necesidad de tener en cuenta la calidad de los recursos naturales y de las condiciones de vida en la definición y organización del desarrollo económico de Europa.

En el Primer Programa Comunitario de Acción en Materia de Medio Ambiente (1973-1976) se define el marco en el que se deberán desarrollar las normativas ambientales europeas y se establece el *principio de prevención*: «La mejor política de medio ambiente consiste en evitar desde el origen la contaminación y otras perturbaciones, más que combatir posteriormente sus efectos», aunque va más allá y propone que: «Conviene tener en cuenta todo lo posible la incidencia de todos los procesos de planificación y de decisión sobre el medio ambiente». El segundo programa (1977-1981) se centró en la reducción de la contaminación y la protección de los recursos naturales.

El Convenio de Washington (1973) que regula el comercio internacional de especies protegidas, los Convenios de Bruselas (1969), Oslo (1972), Londres (1972, 1973) y Barcelona (1976) sobre contaminación del agua de mar y los Convenios de Berna (1979) y Bonn (1979) sobre conservación de hábitats y especies, hacen de los años 70 los años del surgimiento de la preocupación internacional por la conservación del medio ambiente. Esta preocupación no

es ajena a Europa, sino todo lo contrario, los países europeos fueron parte importante en la creación de estos convenios.

Mientras tanto, en España, la Constitución de 1978, influida por esta corriente ambientalista internacional, que en algunos países de Europa tiene mucha fuerza, expresa en su artículo 45.1 que:

«Todos tienen el derecho a disfrutar de un medio ambiente adecuado para el desarrollo de la persona, así como el deber de conservarlo.»

Aunque no define qué es lo que se entiende por «medio ambiente», lo orienta al desarrollo de la persona y a la conservación. En el segundo párrafo establece que:

«Los poderes públicos velarán por la utilización racional de todos los recursos naturales, con el fin de proteger y mejorar la calidad de vida y defender y restaurar el medio ambiente, apoyándose en la indispensable solidaridad colectiva.»

de forma que considera a los recursos naturales (todo lo utilizado por el ser humano) como parte indispensable del medio ambiente y que tienen que ser usados de forma racional, estableciendo, de paso, la necesidad de la *participación pública* en el proceso.

2.1.3. Los años 80 y la Normativa Europea

A pesar de todas las buenas intenciones y de las legislaciones nacionales que aparecieron en diferentes países europeos, no hubo una propuesta europea para elaborar una Directiva sobre la Evaluación de Impacto Ambiental hasta 1980, que no aparecerá hasta 1985, debido a las fuertes diferencias y a las presiones de diversos países y sectores económicos que veían en el proceso de Evaluación de Impacto Ambiental un peligro para la rentabilidad de sus empresas.

La Directiva sobre Evaluación de las Incidencias de los Proyectos Públicos y Privados sobre el Medio Ambiente (85/337/CEE) obliga a todos los países miembros a desarrollar legislaciones nacionales de Evaluación de Impacto Ambiental en las que debían verse reflejados, al menos, los supuestos básicos de la misma, aunque estas legislaciones nacionales pueden ser más restrictivas, adaptándose así a las necesidades de cada país.

Si se compara esta directiva con la NEPA de los Estados Unidos de América, desarrollada 15 años antes, sorprende que la primera Directiva Europea sobre éste tema tenga tantas carencias, como son:

- Sólo se evalúan los proyectos cómo un trámite administrativo para la obtención de las licencias de actuación. No se evalúan las políticas, estrategias, planes o progra-

- mas en las que muchas veces están encuadrados estos proyectos, por lo que se dificulta mucho una verdadera selección de alternativas.
- Sólo se evalúan los tipos de proyectos que aparecen en una lista en el Anexo I, o en algunos casos en el Anexo II, pero permite que todos los proyectos que están fuera de estas listas se puedan desarrollar sin ningún tipo de evaluación. No existe el procedimiento de *screening* o análisis de un proyecto para determinar si necesita pasar por el procedimiento de Evaluación de Impacto Ambiental.
 - En la evaluación de los proyectos, no se establece el procedimiento de la evaluación, ni el órgano responsable de la misma, no se explicita el requerimiento de información pública, ni se menciona el análisis de alternativas y no se establece el seguimiento ni la vigilancia de los proyectos.

A pesar de estas carencias, se puede considerar como un primer paso, al obligar a los países miembros a desarrollar sus propias legislaciones al respecto.

El Tercer Programa de Acción sobre el Medio Ambiente (1982-1986), establecía ya la necesidad de evaluar el impacto de las nuevas actuaciones sobre el medio, tanto de proyectos como de políticas y programas. Pero este procedimiento ha de ser unificado en toda la Comunidad Europea para evitar desequilibrios. Para esto se establecieron algunos principios, como que la evaluación debe efectuarse sobre la base de una información adecuada, proporcionada por el Promotor y completada por las autoridades y por el público susceptible de ser afectado por el proyecto. Además se crean líneas de financiación para las actuaciones propuestas.

Al concluir este Tercer Programa fue cuando España entró en la Comunidad Europea (1986), por lo que tuvo que adaptarse rápidamente a esta nueva situación. En ese mismo año se desarrolló el Real Decreto Legislativo 1302/1986, de 28 de junio de Evaluación de Impacto Ambiental, que transpone con pocas modificaciones el texto de la Directiva, aunque con algunas carencias. Falta, por ejemplo, el desarrollo de lo que debe hacerse con los proyectos del Anexo II.

En 1988 se publicó el Reglamento necesario para el procedimiento de Evaluación de Impacto Ambiental (Real Decreto 1131/1988, de 30 de septiembre, por el que se aprueba el Reglamento para la ejecución del Real Decreto Legislativo 1302/1986, de 28 de junio, de Evaluación del Impacto Ambiental) y empezaron a realizarse las evaluaciones de algunos proyectos.

Mientras tanto, en el Acta Única Europea (1987), aparecían por primera vez las normas y principios generales relativos al medio ambiente con rango de Normativa. En su título séptimo, se establecen los objetivos de:

«Conservar, proteger y mejorar la calidad del medio ambiente; (...) contribuir a la protección de la salud de las personas; (...) utilización prudente de los recursos naturales».

estableciéndose como válidos los *principios de responsabilidad*: «quien contamina paga», de *corrección del daño en la fuente* y de *acción preventiva*.

Con esta base se empezaron a realizar las evaluaciones de impacto ambiental de determinados proyectos en toda Europa, de forma que se fue adquiriendo experiencia y algunos de los fantasmas y temores más pesimistas, como que los proyectos dejarán de ser rentables con las medidas ambientales y que la economía de Europa se hundiría, se fueron disipando.

Las legislaciones nacionales, en general, no iban mucho más allá de la propia Directiva Europea, por el miedo a perder competitividad respecto a los demás países y los Procedimientos Administrativos se cumplían a medias en muchos de los casos. En otros, la profesionalidad de los técnicos que realizaba los estudios de impacto ambiental ha llevado a crear una metodología mucho más avanzada de lo que exponía la Ley y se ha ido adquiriendo experiencia e identificando los errores que tiene la Normativa.

2.1.4. Los años 90 y los problemas ambientales globales

Al principio de los años 90 ya se habían reducido la mayor parte de los temores y subsanado los problemas técnicos de la Evaluación de Impacto Ambiental. El Cuarto Programa Comunitario de Acción en Materia de Medio Ambiente (1987-1992) se concentró en la prevención de la contaminación y el control de las sustancias contaminantes, en la mejora de la gestión de los recursos naturales, hidráulicos y agrícolas (incluyendo por primera vez el análisis ambiental de las prácticas agrícolas), en el apoyo a la cooperación en materia ambiental con los países en vías de desarrollo y en la aplicación eficaz de la Directiva de Evaluación de Impacto Ambiental.

En este contexto apareció la Directiva 90/313/CE de libertad de acceso a la información ambiental y se firmó el Convenio sobre Evaluación del Impacto en el Medio Ambiente en un contexto transfronterizo (Espoo, 1991), en el que los países firmantes se comprometieron a realizar evaluaciones de impacto ambiental de las actividades del Anexo I, que afecten a otros países, pudiendo los países implicados participar en el proceso de evaluación. Este convenio tiene las mismas limitaciones que la Directiva Europea ya que establece una lista de proyectos que tendrán que someterse al procedimiento, pero los proyectos o actividades que no están en la lista, aunque puedan producir impactos transfronterizos importantes, no están incluidos.

En el mismo año se firmó el Convenio para la Conservación de las Zonas Húmedas y sus Valores (Ramsar, 1991) y un año más tarde se celebró la Cumbre de Río de Janeiro sobre Diversidad y Cambio Climático, en la que se estableció la necesidad de parar, o al menos frenar en lo posible, el calentamiento global del planeta, producido por la emisión de gases de efecto invernadero. También se discutió la forma de conservar la biodiversidad del planeta, incluyendo fórmulas que permitieran el desarrollo de los países que contienen esta biodiversidad.

El Quinto Programa Comunitario de Acción en Materia de Medio Ambiente (1993-2000) se orientó hacia el «Desarrollo Sostenible», involucrando a todos los sectores de la sociedad, con el objetivo de evitar comportamientos nocivos para el medio ambiente mediante una evolución de las costumbres.

Gracias a la experiencia adquirida en los diferentes países de la Comunidad Europea se llegó a un consenso para subsanar parte de las limitaciones que tiene la Directiva 85/337/CEE,

que fue modificada por la Directiva 97/11 CE, de 3 de marzo, que amplía sustancialmente la lista de proyectos que deben someterse a evaluación e introdujo una serie de criterios para determinar si otro gran grupo de proyectos debe de ser objeto de evaluación tras un estudio caso por caso. También explicita la necesidad de analizar diferentes alternativas técnicas del proyecto y los procedimientos por los que debe regirse no sólo la información pública, sino también la participación pública en el proceso de evaluación, e incorpora las directrices del Convenio de Espoo sobre el contexto transfronterizo de algunos proyectos. Sigue adoleciendo del problema de evaluar sólo los proyectos y no las instancias superiores (Políticas, Planes y Programas) de los que muchas veces emanan estos proyectos.

La transposición de esta Directiva a la Legislación Nacional Española se hizo esperar más incluso que la de algunas comunidades autónomas, debido sobre todo a la voluntad de aprobar una serie de proyectos sin evaluarlos antes de transponer la normativa.

En el año 2000 se publicó el Real Decreto-Ley 9/2000, de 6 de octubre, de modificación del Real Decreto Legislativo 1302/1986, de 28 de junio, de Evaluación de Impacto Ambiental, que una vez votado en el Parlamento se convirtió en la «*Ley 6/2001, de 8 de mayo, de modificación del Real Decreto Legislativo 1302/1986, de 28 de junio, de Evaluación de Impacto Ambiental*».

2.1.5. El siglo XXI

En el Sexto Programa de Acción de la Comunidad Europea en Materia de Medio Ambiente (2001-2010), se pretende intensificar las políticas medioambientales, por un lado, concienciando a la población de que sus actividades también afectan al medio ambiente, y por otro, intentando resolver cuatro problemas principales: el cambio climático, la protección de la biodiversidad, el medioambiente y la salud y la sostenibilidad (recursos y residuos).

La capacidad preventiva de las evaluaciones de impacto ambiental de los proyectos se pierde en muchas ocasiones debido a que estos proyectos son necesarios para la realización de un plan o de un programa que no ha sido evaluado ambientalmente en su conjunto. Para poder poner en marcha el mecanismo preventivo de estos impactos es necesario un análisis ambiental de las estrategias en las que se encuadran los proyectos concretos. Esto es lo que se denomina la Evaluación Ambiental Estratégica (EAE) y ha dado lugar a una nueva Directiva Europea que subsana este vacío: 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, que es el punto de partida para el desarrollo de las legislaciones nacionales que regularán la Evaluación Ambiental Estratégica. Tiene todavía la limitación de los tipos de políticas, planes y programas que son analizados ya que sólo se analizan las políticas y estrategias de los estados y las administraciones públicas, pero se deja sin analizar las políticas o estrategias del sector privado.

Realmente todas las actividades humanas deberían planificarse y realizarse teniendo en cuenta su integración ambiental, en las distintas escalas de la planificación y realización de los proyectos: estrategias, planes, proyectos, establecimiento, funcionamiento y cierre, pero por lo menos parece que, a pesar de las trabas, se avanza en la dirección correcta, al menos

desde el punto de vista normativo. Sin embargo, muchos de los problemas ambientales y sociales globales detectados en los años 90 siguen sin solución.

Nota: En el CD adjunto, en el Apartado de Legislación, se encuentra una selección actualizada de la normativa internacional, europea, nacional y autonómica y una lista de direcciones de Internet en las que se pueden obtener las últimas novedades.

2.2. LEGISLACIÓN AMBIENTAL EN ESPAÑA

Antes de desarrollar el procedimiento administrativo, es necesario conocer la forma en que se reparten las competencias medioambientales. Se puede decir que todas las competencias de gestión del medio ambiente están atribuidas a las comunidades autónomas, mientras que a la Administración Central del Estado le corresponde únicamente la elaboración y aprobación de la normativa básica, las relaciones internacionales y la coordinación y mediación entre comunidades autónomas. En la práctica esto no es exactamente así, ya que la legislación ambiental no es unitaria, sino que para cada recurso o apartado ambiental existen leyes diferentes: Leyes de Aguas, de Montes, de Minas, de Residuos, etc.

En general se puede decir que la gestión específica depende de las comunidades autónomas, siempre y cuando tengan desarrollada su propia legislación (que no puede ser menos restrictiva que la estatal) y tengan definido un *Órgano Ambiental* (Consejería de Medio Ambiente o similar). En caso contrario se aplica la legislación estatal, que también es de aplicación cuando un determinado proyecto afecta a dos o más comunidades autónomas diferentes. El *Órgano Ambiental* (el que tiene concedidas las competencias de medio ambiente) del Estado es el Ministerio de Medio Ambiente.

Los ayuntamientos también tienen sus propios órganos ambientales (Concejalía de Medio Ambiente o similar) y algunas competencias en materia de medio ambiente, como son, por ejemplo, la recogida de residuos sólidos urbanos, servicios de agua potable, alcantarillado, etc., y han ido ganando protagonismo con iniciativas como la aplicación de la Agenda 21 (gestión y auditoría ambiental de los ayuntamientos). La Federación Española de Municipios y Provincias (FEMP) tiene también una sección especializada en medio ambiente. Algunas comunidades autónomas tienen procedimientos abreviados de evaluación ambiental de proyectos pequeños que pueden realizar los órganos ambientales de los ayuntamientos.

Así, en una Evaluación de Impacto Ambiental, habrá que tener en cuenta:

- La legislación estatal de Evaluación de Impacto Ambiental.
- La legislación autonómica de Evaluación de Impacto Ambiental.
- Las normativas territoriales del área afectada por cada una de las alternativas del proyecto, sean de carácter estatal (parques nacionales, cuencas hidrográficas,...), de carácter autonómico (parques naturales u otros espacios protegidos, planes de ordenación de recursos...) o de carácter local (planes urbanísticos, parques urbanos...).
- Las normativas específicas sobre las actuaciones en los elementos ambientales afectados: Ley de Espacios y Especies protegidas, Ley de Aguas, Ley de Montes, Ley de Costas...

- Las normativas específicas para cada tipo de proyecto que se vaya a realizar: presas, repoblaciones forestales, tendidos eléctricos, carreteras...

Para poder desarrollar el procedimiento administrativo es necesario aclarar algunos conceptos. Así, se entiende por *Promotor de un proyecto* a la persona física o jurídica que es titular de un proyecto y lo presenta para su aprobación al *Órgano Sustantivo o Competente*, que es el órgano encargado de dar las autorizaciones a este tipo de proyectos. Por ejemplo, si el proyecto es una carretera nacional, el Órgano Sustantivo es el Ministerio de Fomento y para una central nuclear será el Ministerio de Industria y Energía.

Si el proyecto necesita pasar por algún tipo de valoración ambiental (Evaluación de Impacto Ambiental u otra de rango menor), ésta corresponde al *Órgano Ambiental*, que es el Ministerio de Medio Ambiente en el caso del Estado y sus equivalentes para las comunidades autónomas o ayuntamientos. Como *público* se entiende a las personas físicas o jurídicas y sus asociaciones, organizaciones o grupos, que pueden verse afectados por el proyecto (público afectado) o que está interesado en las decisiones que se tomen sobre el mismo (público interesado).

2.3. EL PROCEDIMIENTO ADMINISTRATIVO

Se denomina *Evaluación de Impacto Ambiental* a todo el *procedimiento administrativo* cuyo fin es establecer si un determinado proyecto es aceptable o no desde un punto de vista ambiental. Este procedimiento administrativo es muy similar en todos los países de Europa, ya que está basado en las Directivas Europeas. En general, se puede decir, que un procedimiento de Evaluación de Impacto Ambiental consta de los siguientes pasos:

1. **Screening, encuadre o selección:** Es la forma de decidir si un determinado proyecto tiene que someterse al resto del procedimiento de Evaluación de Impacto Ambiental. La forma de decidirlo es diferente en la zona de influencia estadounidense, en la que se realiza un estudio previo (*screening*) de cada proyecto, que en la zona de influencia europea, en la que se realizan listas detalladas de tipos de proyectos que deberán pasar por el procedimiento de Evaluación de Impacto Ambiental. Los proyectos no incluidos expresamente en estas listas estarían exentos. Una de las críticas más contundentes que se puede realizar a todo el proceso de evaluación es que es necesario tener claro el proyecto antes de poder empezar el proceso de evaluación, cuando realmente sería necesario incluir análisis ambientales en la decisión de qué tipo de proyecto puede servir para cumplir las necesidades y en la propia redacción del proyecto.
2. **Determinación del alcance del estudio:** Antes de realizar el Estudio de Impacto Ambiental, es necesaria una fase de intercambio de información entre todas las partes afectadas, incluido el público, en la que se determine el alcance que deberá tener el estudio, tanto desde el punto de vista de los elementos ambientales que por su importancia deberán analizarse más a fondo, como de las acciones del proyecto que puedan ser más conflictivas. Es necesario resaltar en este paso la posible aparición

de alternativas novedosas que tendrán que tenerse en cuenta en el proceso de evaluación.

3. **Estudio de Impacto Ambiental:** Documento único que expone de forma accesible todos los detalles importantes del proyecto, la descripción del entorno, la identificación de los posibles impactos y su valoración, para cada una de las alternativas. El Estudio de Impacto Ambiental tiene que realizarlo y financiarlo el promotor del proyecto, cumpliendo el *principio de cautela* (es el promotor del proyecto el que tiene que demostrar que no producirá daños al ambiente). Los detalles del Estudio de Impacto Ambiental se analizan en detalle en el Apartado 3.4.3.
4. **Declaración de Impacto Ambiental:** Una vez realizado el Estudio de Impacto Ambiental y puesto durante un tiempo suficiente a *información pública*, para que el público pueda presentar *alegaciones*, es necesario que un organismo independiente de carácter ambiental declare si el proyecto es aceptable o no desde un punto de vista ambiental, y en qué condiciones. El documento razonado que se produce es la *Declaración de Impacto Ambiental*, que no puede ser neutra, ya que es un elemento de decisión, por lo que tiene que ser positiva o negativa, aunque puede y debe tener condiciones.
5. **Seguimiento o vigilancia ambiental:** Una vez aprobado un proyecto, con unas determinadas condiciones de ejecución, es muy importante realizar un seguimiento o vigilancia ambiental para poder detectar si el proyecto está produciendo impactos diferentes o mayores a los previstos en el estudio y la declaración de impacto ambiental o si se están aplicando correctamente las medidas correctoras. En algunos casos están previstas actuaciones a realizar si ocurren determinados supuestos, y en otros casos puede ser necesario parar el proyecto para realizar los estudios pertinentes (por ejemplo, cuando se encuentra un yacimiento arqueológico que antes no se conocía).

2.3.1. El procedimiento administrativo en España

Todos estos pasos en el caso del Estado Español están regulados por el Real Decreto Legislativo 1302/1986, el Real Decreto 1131/1988 (Reglamento), y la Ley 6/2001, pero es el «Reglamento» el que describe los pasos a seguir en su sección tercera:

La forma de seleccionar los proyectos que necesitarán pasar por el procedimiento de Evaluación de Impacto Ambiental depende de los anexos de la Ley 6/2001: Los proyectos incluidos en el Anexo I tendrán que ser sometidos obligatoriamente a Evaluación de Impacto Ambiental, y los del Anexo II, cuando lo decida el Órgano Ambiental, decisión que dependerá de las características de los proyectos, su ubicación y las características de los impactos potenciales, según los criterios establecidos en el Anexo III (véase CD).

Se suele considerar cómo *Órgano con competencias sustantivas* u *Órgano Sustantivo* a la Administración responsable de tramitar las autorizaciones para cada tipo de proyecto o de obra. Esta administración puede ser nacional (un ministerio), de una comunidad autónoma (una consejería) o de un ayuntamiento. Se denomina *Órgano con competencias ambientales* u *Órgano Ambiental* a la Administración que tiene las competencias de medio ambiente a la misma escala que el Órgano Sustantivo al que se solicita la autorización para el proyecto. A escala nacional, el Órgano Ambiental es, por tanto, el Ministerio de Medio Ambiente.

Cuando un *promotor* o titular de un proyecto decide presentar un proyecto que debe someterse al procedimiento de impacto ambiental, el primer paso es elaborar una *memoria-resumen* que recoja las características más significativas del proyecto y enviarla al Órgano Ambiental y al Órgano Sustantivo, iniciando así, en el plazo de 10 días, la *Fase de Consultas* en la cual el Órgano Ambiental pide información a las personas o instituciones que considere afectadas o interesadas sobre:

«(...) cualquier indicación que estimen beneficiosa para una mayor protección y defensa del medio ambiente, así como cualquier propuesta que estimen conveniente respecto a los contenidos específicos a incluir en el Estudio de Impacto Ambiental, requiriéndoles la contestación en un plazo máximo de treinta días.»

Una vez terminado este plazo, el Órgano Ambiental tiene 20 días para informar al promotor del proyecto del alcance y contenidos que deberá tener el Estudio de Impacto Ambiental. En total, desde que el promotor envía la memoria-resumen hasta que puede empezar el Estudio de Impacto Ambiental habrán pasado como máximo dos meses. El Estudio de Impacto Ambiental lo realizará o financiará el promotor de la obra, generalmente contratando a un equipo de técnicos ambientalistas. En la Figura 2.1 puede verse un esquema que refleja la entidad responsable de cada actuación, el orden de éstas y el plazo máximo de cada fase.

Una vez realizado el Estudio de Impacto Ambiental, el siguiente paso a seguir es el procedimiento de *información pública* y la obtención de *alegaciones*. La forma de hacerlo depende del tipo de proyecto: Existen proyectos en los que en el propio trámite de autorización tienen que pasar por un periodo de información pública (por ejemplo, las carreteras), mientras que otros no. En el primer caso el Estudio de Impacto Ambiental se entregará junto con el documento técnico del proyecto al Órgano Sustantivo, que lo pondrá a disposición del público durante 30 días y luego remitirá todo el expediente, que al menos contendrá el documento técnico del proyecto, el Estudio de Impacto Ambiental y las alegaciones presentadas al Órgano Ambiental, para que éste realice la Declaración de Impacto Ambiental. Un esquema de esto puede verse en la Figura 2.2, en la que se indica el orden y el responsable de cada actuación, así como el plazo máximo para cada fase. Si el proyecto en cuestión no tiene que pasar por una fase de información pública, el Estudio de Impacto Ambiental se pondrá a información pública únicamente en el Órgano Ambiental, que además podrá recabar la información que estime oportuna, durante 30 días. En la Figura 2.3 se ve un esquema de esta parte del procedimiento.

Una vez vistas las alegaciones, el Órgano Ambiental puede pedir al promotor que realice correcciones en el Estudio de Impacto Ambiental, con un plazo de 20 días. Si las correcciones afectan a alguna parte importante del estudio, deberá volver a pasar por la fase de información pública (otros 30 días). Una vez terminados estos trámites, el plazo que tiene el Órgano Ambiental para elaborar la *Declaración de Impacto Ambiental* y enviarla al Órgano Sustantivo es de 30 días y ésta:

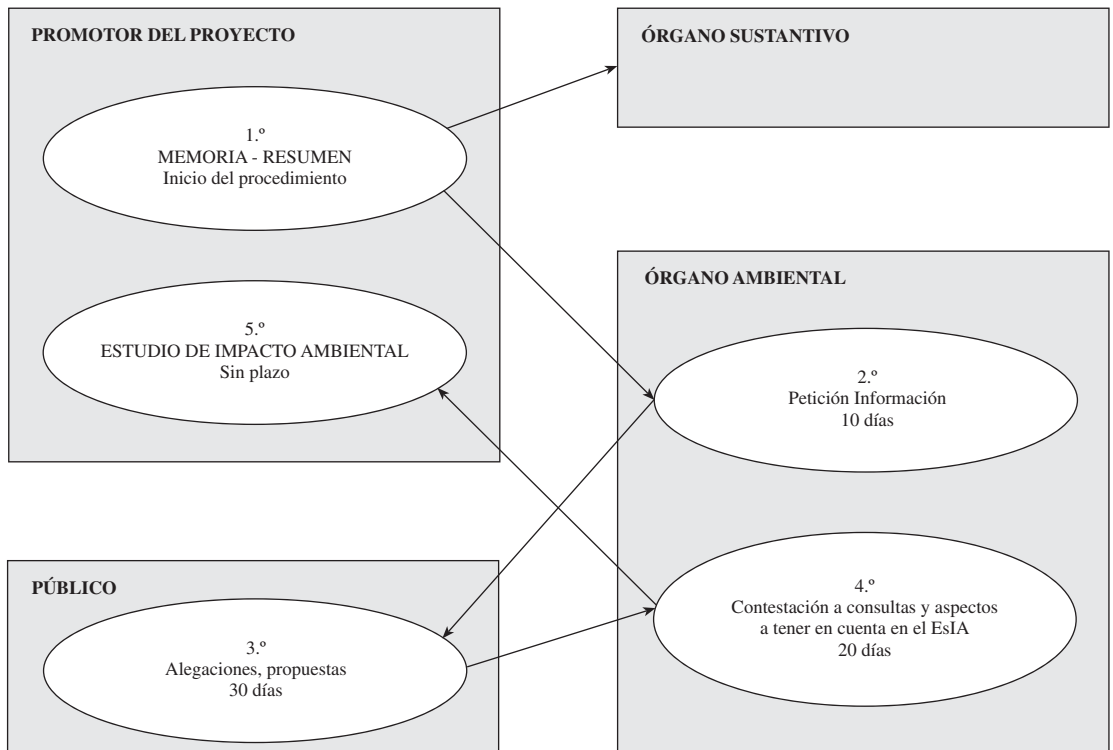


Figura 2.1. Esquema de la tramitación de las consultas previas: 1) El promotor deberá informar de su intención de realizar un proyecto, con una Memoria-Resumen, de la que enviará copia al Órgano Ambiental y al Órgano Sustantivo. 2) El Órgano Ambiental, en el plazo de diez días pedirá información al público que considere afectado. 3) El público podrá contestar en el plazo de 30 días. 4) Esta información y la información pertinente para el Estudio de Impacto Ambiental (EsIA) la remitirá el Órgano Ambiental al promotor en el plazo de 20 días. 5) El promotor, teniendo en cuenta esta información, realizará el Estudio de Impacto Ambiental.

«(...) determinará, a los solos efectos ambientales, la conveniencia o no de realizar el proyecto, y en caso afirmativo, fijará las condiciones en que debe realizarse». «La Declaración de Impacto Ambiental se hará pública en todo caso.»

El Órgano Sustantivo, con la Declaración de Impacto Ambiental y el resto de requisitos necesarios para cada tipo de proyecto, es el que decide si otorga o no la *licencia*, y en caso positivo entre las condiciones de la misma deberán estar las de la Declaración de Impacto Ambiental. También corresponde al Órgano Sustantivo el *seguimiento* y la *vigilancia* de su cumplimiento, excepto en el caso en que las comunidades autónomas designen un órgano para ello.

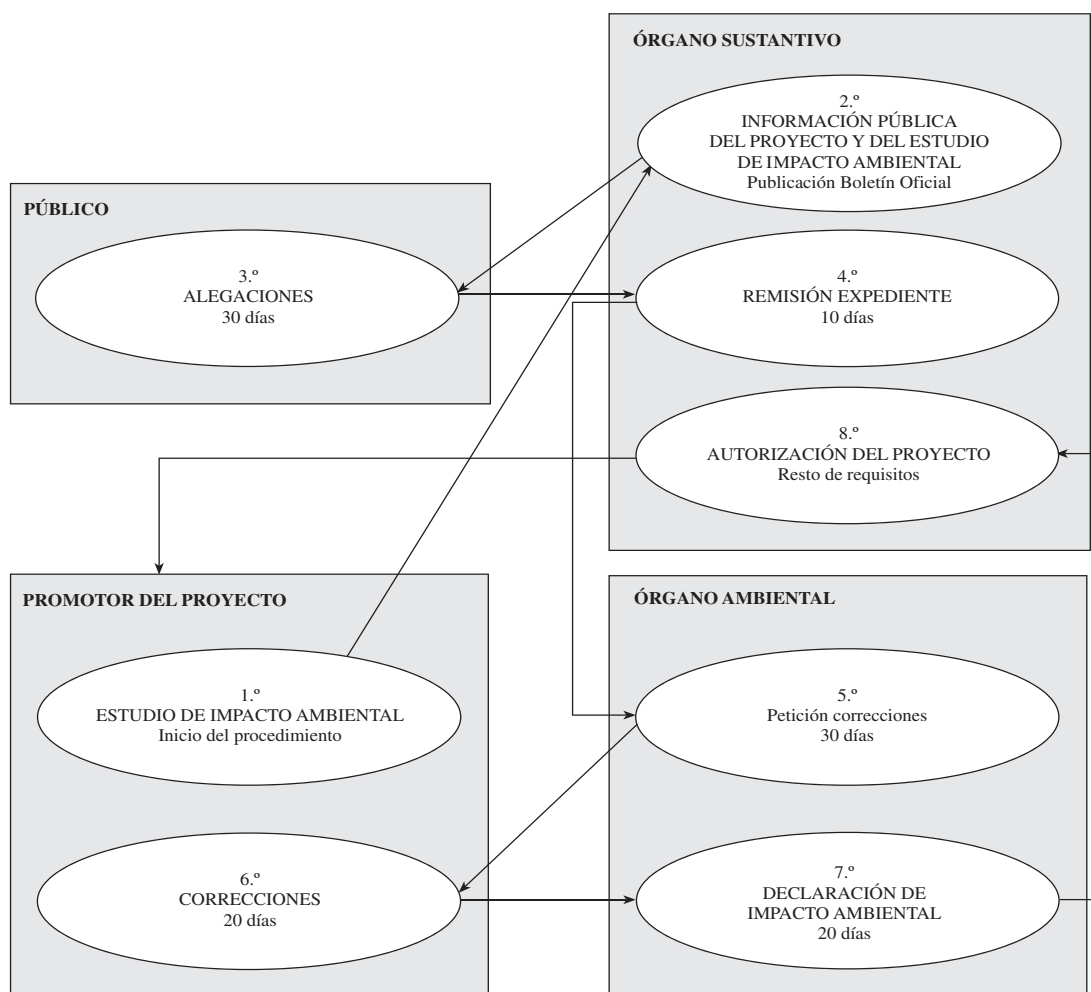


Figura 2.2. Esquema del procedimiento administrativo desde que el promotor ha realizado el Estudio de Impacto Ambiental, hasta que se autoriza el proyecto, en los casos en los que el proyecto tiene que pasar por el trámite de Información Pública.

2.3.2. Los procedimientos abreviados

Como ya se ha comentado anteriormente, la legislación autonómica sobre Evaluación de Impacto Ambiental no puede en ningún caso ser menos restrictiva que la normativa nacional, pero puede serlo mucho más. Normalmente las listas de proyectos que tienen que pasar por Evaluación de Impacto Ambiental propiamente dicha no difiere mucho de las listas nacionales, pero en muchas ocasiones, en estas normativas se establecen procedimientos abreviados que pueden ir desde un simple «Informe Ambiental», hasta procedimientos muy parecidos a los de Evaluación de Impacto Ambiental.

Estos procedimientos tienen nombres muy variados (Calificación Ambiental, Informe Ambiental, Estudio Simplificado de Impacto Ambiental, Evaluación Básica de Impacto Eco-

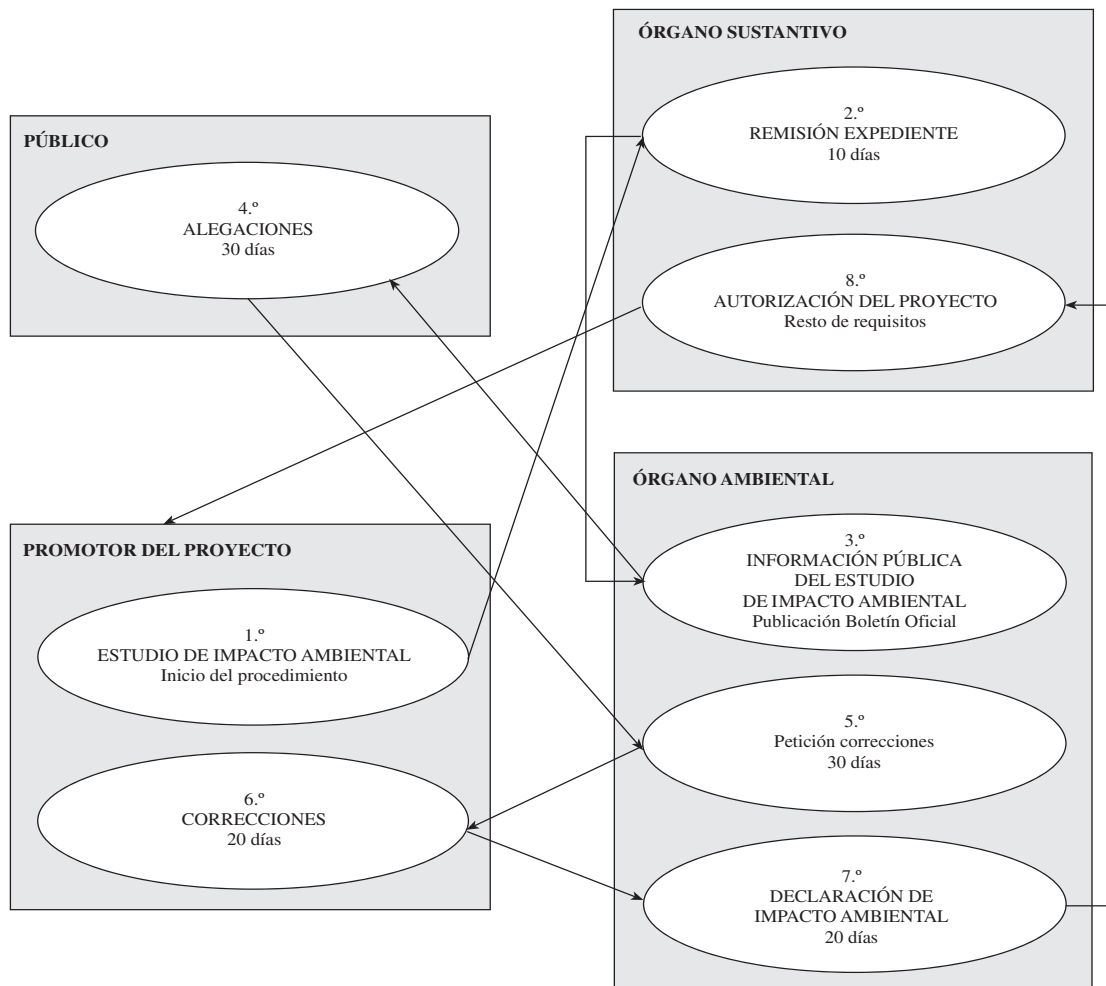


Figura 2.3. Esquema del procedimiento administrativo desde que el promotor ha realizado el Estudio de Impacto Ambiental, hasta que se autoriza el proyecto, en los casos en los que el proyecto no tiene que pasar por el trámite de Información Pública.

lógico, Estudio Sobre Afecciones Medioambientales, etc.) y metodologías variadas, llegando incluso a ser de competencia local (ayuntamientos). Las listas de tipos de proyectos que tienen que pasar por estos «procedimientos abreviados» son muy diferentes de unas comunidades autónomas a otras. Sería conveniente que existiera un cierto consenso entre ellas en cuanto a la metodología y nomenclatura utilizada en cada caso, así como en la definición de los proyectos, de forma que no se produzcan diferencias tan notables entre comunidades vecinas.

Nota: La legislación actualizada de cada una de las comunidades autónomas está en el CD adjunto, de forma que el lector que necesite o quiera conocer el procedimiento a seguir en cada una de ellas, para cada tipo de proyecto, puede consultarlo.

2.3.3. Limitaciones del procedimiento actual

Una de las principales limitaciones que tiene este procedimiento administrativo, y una de las principales objeciones que se le ha puesto siempre, es que es muy difícil realizar una verdadera selección de alternativas desde un punto de vista global. Por ejemplo, si para aumentar la cantidad de agua de riego en una zona, el promotor de un proyecto es una constructora especializada en canales, todas sus alternativas serán distintas formas de transvases, mientras que si es una empresa especializada en montar desaladoras de agua de mar, las alternativas serán diferentes diseños o localizaciones de desaladoras. El promotor de un proyecto propondrá siempre las alternativas que pueda realizar dentro de su experiencia y características, eludiendo, por razones obvias, las alternativas que implicaran cambiar de promotor. Esta selección de alternativas debería de realizarse en una planificación anterior y eso es lo que trata de mejorar, entre otras cosas, la Directiva 2001/42/CEE, de Evaluación Ambiental Estratégica.

Esta Directiva tiene por objeto que los países miembros desarrollen normativas adecuadas para evaluar ambientalmente las políticas, planes y programas. Estos cambios mejorarán además la evaluación de varios proyectos simultáneos en un mismo territorio, lo que hasta ahora es bastante difícil al analizarse cada proyecto por separado. La metodología para hacerlo se basa en algunos principios como el de participación e información pública y la transparencia en la selección de alternativas, por lo que el futuro en este campo es prometedor.

Otra de las limitaciones del procedimiento administrativo es la falta de mecanismos para fomentar la participación pública, tanto al principio del proceso como en las alegaciones finales. La participación ciudadana se considera hoy día como un elemento fundamental de cualquier política y sobre todo si se trata de temas ambientales, pero la experiencia demuestra que el marco operativo de la Evaluación de Impacto Ambiental no es el adecuado para obtener el máximo beneficio de las aportaciones de las personas interesadas o afectadas, cuando muchas decisiones acerca de la actividad ya han sido tomadas con anterioridad. De hecho, en muchas ocasiones se dificulta el acceso del público a esta información, para que el número de alegaciones sea menor. La forma correcta de disminuir el número de éstas no es dificultando el acceso a la información, sino integrando la participación pública desde el principio del proceso, de forma que las alegaciones que se hubiesen producido queden subsanadas desde el inicio.

La Directiva 90/313/CE de Libertad de Acceso a la Información Ambiental supone un gran avance en este sentido, que se completa con la firma del Convenio de Aarhus (CEPE/ONU, 1998) y con la futura Directiva de Participación Pública, que obligará a modificar toda la legislación ambiental fomentando ésta en todo el proceso. Para que este proceso se desarrolle de forma efectiva es necesaria, por otro lado, la participación del público cuando sea posible y la exigencia de participación en los casos en los que todavía no está desarrollado en la normativa.

Otro de los aspectos en los que el procedimiento de Evaluación de Impacto Ambiental es limitado, es a la hora de evaluar el efecto del proyecto sobre el llamado «cambio global» o los graves problemas ambientales que tiene la humanidad a escala global. Dentro de estos problemas se incluyen el cambio climático producido por un aumento del efecto invernadero, la destrucción de la capa de ozono, la contaminación del agua, aire y suelo, en ocasiones con compuestos bioacumulativos o muy persistentes, la crisis de la biodiversidad, etc. Estos problemas se ven directamente afectados por las políticas económicas de los países desarrollados y la incertidumbre sobre sus causas y consecuencias lleva en muchas ocasiones a no incluirlas en las evaluaciones ambientales. Sin embargo cada vez es más necesario tenerlas

en cuenta, al menos desde el punto de vista de la Evaluación Ambiental Estratégica o de los Planes de Acción Comunitarios.

2.4. PRÁCTICAS

2.4.1. Autoevaluación

1. En una Evaluación de Impacto Ambiental de una carretera, en Valencia, cuál de estas normas no es necesario que el promotor la tenga en cuenta:
 - a) Directiva 97/11 CE, de 3 de marzo.
 - b) Ley 6/2001, de 8 de mayo.
 - c) Real Decreto 1131/1988, de 30 de septiembre.
 - d) Ley 2/1989, de 3 de marzo.

2. En cual de estas normas existe un anexo con los tipos de obras que necesitan pasar por el procedimiento de Evaluación de Impacto Ambiental:
 - a) Directiva 85/337/CEE.
 - b) Real Decreto Legislativo 1302/1986, de 28 de junio de Evaluación de Impacto Ambiental.
 - c) Ley 6/2001, de 8 de mayo.
 - d) Todas las anteriores.

3. El procedimiento administrativo de Evaluación de Impacto Ambiental establece que:
 - a) El promotor deberá pagar al Estado para que realice el Estudio de Impacto Ambiental.
 - b) El promotor realizará el Estudio de Impacto Ambiental.
 - c) El promotor realizará la Declaración de Impacto Ambiental.
 - d) El promotor realizará la fase de Información Pública.

4. La Declaración de Impacto Ambiental:
 - a) Puede ser neutral (ni positiva, ni negativa), en los casos en que un proyecto tenga cosas buenas y cosas malas.
 - b) Establece si la obra puede realizarse, desde un punto de vista estrictamente ambiental.
 - c) Es el único requisito imprescindible para recibir la licencia de obras.
 - d) La realiza el órgano con competencias sustantivas.

5. La Unión Europea puede:
 - a) Sancionar a un ciudadano por incumplir una Directiva.
 - b) Sancionar a un país miembro por no cumplir una Directiva.
 - c) Sancionar a un país miembro por transponer una Directiva.
 - d) Sancionar a un ciudadano por no cumplir la legislación de su país.

2.4.2. Ejercicios y dinámicas

1. Dinámica de lectura de la legislación más importante:

El estudio de la legislación puede resultar muy árido, por lo que para facilitar su comprensión es importante su lectura por parte del alumnado. Para esto se propone hacer leer en voz alta y por turnos los artículos más importantes de la normativa de Evaluación de Impacto Ambiental, nacional y autonómica. Para mantener la atención es imprescindible sortear el próximo que va a leer (por ejemplo sacando un nombre de una bolsa), de forma que todos estén obligados a seguir la lectura. Después de leer cada artículo hay que comentarlo y responder dudas.

Por ejemplo, para el Real Decreto 1131/1988, son interesantes los artículos:

- 5-6, donde se define la Evaluación de Impacto Ambiental.
- 7, donde se especifica el contenido.
- 13-22, procedimiento administrativo.
- Anexo I, donde se definen distintos conceptos técnicos.

3. Nombra, ordenadas de mayor a menor rango, todos los tipos de normas españolas.

4. ¿Tiene algo que ver la Cumbre de Río (1992) o la de Johannesburgo (2002) con la Evaluación de Impacto Ambiental? Explícalo de forma razonada.

2.4.3. Prácticas con computador: Legislación

En el CD adjunto está recogida mucha de la legislación necesaria para realizar una Evaluación de Impacto Ambiental, que se puede completar haciendo búsquedas en Internet.

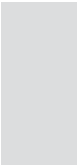
Al entrar en el CD en «Legislación» se puede seleccionar:

- Legislación sobre Evaluación de Impacto Ambiental que afecta a España.
- Otra legislación citada en el libro.

Y dentro de la legislación sobre Evaluación de Impacto Ambiental que afecta a España se puede optar por:

- Legislación Internacional.
- Legislación de la Unión Europea.
- Legislación Española.
- Legislación de las comunidades autónomas.

1. Imagina que se pretende construir una determinada obra en tu Comunidad Autónoma, como por ejemplo una gravera. Localiza en el CD la legislación necesaria: europea,



española, específica del tipo de obra y de tu Comunidad Autónoma. Busca más información en Internet. Redacta un informe explicando dicha documentación.

- 2.** Busca en Internet la normativa relacionada con la Evaluación de Impacto Ambiental de tu Comunidad Autónoma y realiza una lista, ordenada por importancia. Utiliza las páginas web del CD adjunto.

CAPÍTULO 3

La evaluación de impacto ambiental

Se denomina Evaluación de Impacto Ambiental a todo el procedimiento necesario para la valoración de los impactos ambientales de las distintas alternativas de un proyecto determinado, con el objetivo de seleccionar la mejor desde un punto de vista ambiental. Es importante decir que el significado específico cambia según los países, aunque la filosofía es siempre la misma. No se trata de no realizar obras o de rechazar su ejecución, sino de elegir la mejor opción de uso del terreno y de proponer la forma más adecuada de hacerlas, a ser posible mejorando la calidad ambiental del entorno afectado y si esto no es posible, realizándolas de la manera menos impactante.

Una de las partes más importantes del proceso de Evaluación de Impacto Ambiental es la selección de alternativas. Si las alternativas que se analizan son muy parecidas, no aparecerán grandes diferencias entre ellas, mientras que si son muy diferentes, los promotores deberían ser distintos en cada caso, lo cual complica la realización de una verdadera selección de alternativas. Por ejemplo, si se quiere mejorar la comunicación entre dos ciudades, esto se puede conseguir con una línea de ferrocarril de alta velocidad o con una autovía. Naturalmente, en cada caso el promotor sería diferente. Una vez que se ha decidido una de las dos opciones, con un único promotor, éste deberá presentar varias alternativas del trazado o de otro tipo, para valorarlas dentro del Estudio de Impacto Ambiental.

También es importante todo el proceso de *focalización*. No sirve de nada hacer una descripción exhaustiva de una alternativa inviable o descabellada, ya que con demostrar que lo es, sería suficiente. De la misma forma, no tiene sentido llenar el inventario ambiental de descripciones detalladas de los factores ambientales que no se ven afectados por ninguna de las alternativas del proyecto, o a escalas en las que no se perciben los efectos. Con esto sólo se consigue embrollar el documento y hacerlo demasiado extenso, ocultando la información realmente relevante para la evaluación.

En este capítulo se van a estudiar las metodologías usualmente utilizadas en los estudios de impacto ambiental, separando las que sirven para la ponderación de los factores ambientales y la identificación de alternativas técnicamente viables, de las de identificación y eva-

luación de impactos. Después se desarrolla la selección de alternativas y la focalización, terminando con una descripción de los documentos importantes en el proceso de Evaluación de Impacto Ambiental en España, desde la presentación de la *Memoria-Resumen*, con la que se inicia el procedimiento, hasta la *Declaración de Impacto Ambiental*, con el que termina el mismo. Las etapas del Estudio de Impacto Ambiental, por su importancia, serán desarrolladas detalladamente en próximos capítulos.

3.1. METODOLOGÍAS USUALMENTE UTILIZADAS

Para realizar una evaluación de impacto ambiental se pueden utilizar diferentes metodologías. Algunos métodos son generales, otros muy específicos, pero de todos ellos pueden extraerse técnicas, que con variaciones, pueden ser útiles para la evaluación. Se van a clasificar según la parte de la evaluación en que generalmente se usan, aunque algunos de los métodos proporcionan por sí mismos una manera completa de proceder. La mayor parte de estos métodos se elaboraron para trabajos concretos por lo que, en ocasiones, no es sencillo su uso tal y como fueron creados, pero adaptándolos a cada caso concreto, pueden llegar a ser muy útiles. Algunos de ellos, por su interés, se explican más detenidamente en su capítulo específico.

3.1.1. Métodos de identificación de alternativas

Los métodos para la generación o identificación de alternativas se pueden separar en dos tipos principales:

- Los basados en el trabajo de los técnicos (de la administración o del promotor).
- Los basados en la participación pública.

El primer grupo de métodos tiene la ventaja de que cada alternativa puede ir asociada desde el principio a un conocimiento de cómo se desarrollaría y a una valoración ambiental y económica previa. Aquí se encuentran todos los métodos basados en transparencias y sistemas de información geográfica (SIG) en los que se superponen mapas con información relevante y se seleccionan las opciones posibles a valorar.

El segundo grupo de métodos, sin embargo, tiene la ventaja de dejar abierto el abanico de posibilidades y de que puedan aparecer alternativas imaginativas que solucionen varios problemas a la vez. En general, el público afectado puede aportar soluciones que a veces se les pueden escapar a los técnicos, por demasiado sencillas o novedosas.

La participación pública es importante integrarla en el procedimiento de creación de alternativas a todas las escalas del análisis, de forma que no queden alternativas viables sin analizar que puedan aparecer al final del procedimiento, en las alegaciones, cuando ya no hay remedio.

Los métodos de identificación de alternativas se han utilizado sobre todo para localizar los lugares más adecuados para instalar un proyecto puntual o proyectos lineales como el trazado de una carretera.

Superposición de transparencias y método Mc Harg. Se trata de un sistema cartográfico en el que los mapas se realizan sobre transparencias, usando gradaciones de color, marcándose en los mismos distintos aspectos que luego pueden superponerse. Se explica con detalle en el Apartado 3.2.2.1.

Un precursor de este método es el de Mc Harg, que establece sobre mapas o transparencias la capacidad de acogida para diversos usos, integrando la aptitud del territorio y el impacto de las actividades sobre el lugar, por lo que es recomendable para la ordenación del territorio y la planificación territorial. Fue usado por Mc Harg en 1968 para seleccionar el trazado de menor impacto de una autopista.

Métodos de sistemas de información geográfica. El uso de los sistemas de información geográfica (SIG) permite realizar mapas de inventario que se pueden utilizar en el proceso de identificación de impactos de forma similar a los métodos de transparencias, pero integrando una cantidad mucho mayor de información. Tienen la ventaja añadida de que las cuadrículas o parcelas pueden tener diferentes tamaños o formas según las características del territorio.

3.1.2. Métodos para ponderar factores

Dentro del Estudio de Impacto Ambiental, es muy importante, después de confeccionar el inventario, ponderar los factores ambientales, sobre todo si se va a realizar una «valoración cuantitativa» como aconseja la normativa. En muchos casos no es fácil dar un valor concreto a un factor ambiental, por lo que se recurre a métodos de consulta a expertos, como el Método Delphi. En otros casos se ha intentado utilizar ponderaciones fijas que sirviesen para cualquier lugar, pero estos sistemas no son válidos porque en cada entorno, el valor de los distintos factores es diferente según sus características. Sin embargo, tienen la ventaja de que suelen tener listas de factores muy detalladas, que son útiles para adaptarlas a cada proyecto.

Método Delphi. El Método Delphi es un método de consulta a expertos de uso común en otros campos científicos, y que se utiliza en las evaluaciones de impacto para calibrar las variables que deben usarse para definir un cierto indicador, por ejemplo de calidad del agua, o para seleccionar una lista de factores o acciones... Uno de sus usos más frecuentes es el de ponderar los factores ambientales.

3.1.3. Métodos para identificar impactos

Los métodos para la identificación de los impactos ambientales de un proyecto son muy variados. Cuando de un proyecto no se conocen los impactos que puede producir, la mejor manera de reconocerlos es mediante algún método de matrices, como la Matriz de Leopold. Para representar los impactos secundarios y terciarios, posiblemente los mejores métodos sean los diagramas causa efecto y en los casos en los que ya se conocen los impactos que produce un tipo de proyecto son muy útiles las listas de revisión y los cuestionarios.

Listas de revisión. Es un método muy simple. Consiste en tener listas, que pueden ser de las acciones usuales de un tipo determinado de obra, listas de factores ambientales, listas de indicadores o listas de impactos. Sirven para conocer, de antemano, las acciones, los factores o los impactos más usuales, pero tienen el inconveniente de que algún impacto muy específico no quede reflejado.

Cuestionarios del Banco Mundial. El Banco Internacional de Reconstrucción y Fomento estudió distintos proyectos para los que se había solicitado financiación en los que estaban incluidos estudios ambientales. Se midieron los efectos que producían los proyectos en el medioambiente proporcionando una metodología básica para valorarlos.

Diagramas de redes y Método Sorensen. Los diagramas de redes conectan una acción impactante con un factor ambiental, y éste con otro factor, lo que permite representar de forma visual las interacciones y determinar impactos secundarios. Sorensen en 1971, realizó una lista de acciones que se relacionaba mediante diagramas de causa-efecto buscando modificaciones ambientales, y terminando con una descripción de mecanismos de control. Es un método útil para determinar efectos indirectos y para comunicar a la opinión pública.

Matriz de interacción entre factores. En una matriz se ponen, tanto en filas como en columnas, los factores marcando con un 1 si existe interacción. Al multiplicar esa matriz por sí misma se obtienen los impactos secundarios (donde aparece un 1), y al volver a multiplicar, los terciarios y así sucesivamente. Este método comienza en ocasiones con una Matriz de Leopold para obtener los impactos primarios, y mediante producto de matrices los impactos indirectos. Fue usado por el Departamento de Desarrollo y Planificación Regional del Estado de Nueva York (Estados Unidos de Norteamérica). Se utilizó para evaluar alternativas de localización de una terminal de transbordadores en Canadá en 1974.

3.1.4. Métodos de evaluación de impactos

Los métodos de evaluación de impactos sirven para poner un valor a cada impacto y al impacto total de cada alternativa del proyecto, de forma que se puedan comparar alternativas diferentes.

Matriz de Leopold. La Matriz de Leopold es el primer método que se utilizó en evaluaciones de impacto ambiental, en 1971, por el Servicio Geológico de los Estados Unidos de Norteamérica, y a pesar de su antigüedad, con variaciones, es de los que más se utilizan en la actualidad. Se basa en una matriz donde en las columnas hay 100 acciones y en las filas 88 factores ambientales. Los cruces son posibles efectos ambientales o impactos. Las cuadrículas del cruce que presenten impactos significativos se dividen con una diagonal marcando en la parte superior la magnitud del impacto, valorada entre 0 y 10, y en la inferior la importancia, también en una escala de 0 a 10. Sumando por filas se obtiene el impacto producido sobre un determinado factor ambiental, y sumando por columnas el impacto producido por una cierta acción.

Método Battelle-Columbus. Se desarrolló en los Laboratorios Battelle, de Columbus, Ohio (Estados Unidos de Norteamérica), en 1971, y proporciona un sistema de evaluar el impacto global de un proyecto. Fue uno de los primeros métodos que buscó un valor agregado del impacto para cada alternativa.

Para ponderar los factores se utilizó un Método Delphi y se definieron 78 parámetros clasificados en 18 componentes, agrupadas en 4 categorías. Entre ellos se repartieron mil unidades de importancia. Aunque no sean interesantes todos los parámetros para cualquier obra de cualquier país (uno de esos parámetros considera, por ejemplo, a los indios americanos), el método utilizado para ponderar los factores puede repetirse en otras circunstancias.

Para medir la magnitud de cada parámetro utiliza *unidades homogéneas*, usando funciones de transformación, y con la suma ponderada de los factores se obtiene el impacto global de la obra. El método propuesto en este libro está basado en éste, subsanando algunas de sus deficiencias.

Método Galletta. Nació de la evaluación de carreteras y autopistas y se basa en el método de transparencias de Mc Harg. Se diseñó en Umbria, Italia, y propone un modelo general de evaluación de impactos ambientales. Un programa de computador calcula la calidad ambiental inicial del medio y la calidad con proyecto, representando gráficamente los resultados. Se consideran 14 factores ambientales que se ponderan de 0 a 100. Se divide el territorio en cuadrículas homogéneas formando una malla, y se valora en cada cuadrícula, cada uno de los 14 factores con una puntuación de 1 a 5, obteniéndose la calidad del medio. Posteriormente se calculan los impactos producidos por el proyecto y de esta forma se obtiene la calidad final con proyecto para cada cuadrícula. Estos resultados se representan en mapas ambientales.

Análisis energético Mc Allister. Se valora, en términos de «coste-ganancia», el flujo de energía que produce cada alternativa del proyecto, pues considera que la energía mide, mejor que el dinero, la cantidad de recursos utilizados.

Guías metodológicas del MOPU. El antiguo Ministerio de Obras Públicas publicó cuatro guías: Presas, Carreteras y Vías Férreas, Reforestaciones y Aeropuertos. En ellas se indican los pasos a seguir en una evaluación de impactos ambientales, con listas de revisión de acciones, factores e impactos completas para esos tipos de obras en España. Ofrecen una valoración cualitativa y cuantitativa, y desarrollan una serie de medidas de minimización de impactos bastante completa.

3.2. LA SELECCIÓN DE ALTERNATIVAS

La selección de alternativas es posiblemente el apartado de la Evaluación de Impacto Ambiental que más quebraderos de cabeza ha dado a los técnicos que han desarrollado el procedimiento, por lo que en muchos casos han optado por obviar este apartado, que sin embargo se puede considerar cómo el más importante de todos, ya que las alternativas que no son propuestas y que no entran en la comparación (la Evaluación de Impacto Ambiental, en el fondo no es más que un instrumento de comparación y valoración de diferentes alternati-

vas, con el objetivo de elegir la mejor de ellas) no pueden ser seleccionadas, aunque pudiesen haber sido la mejor opción.

En la actualidad la selección de alternativas en la Normativa Española está considerada como un mero trámite y se deja al arbitrio del Promotor (que defiende un proyecto) la comparación de las alternativas de su elección. Lo que este método consigue, en muchas ocasiones, es que el Promotor tenga bien desarrollado un proyecto concreto y busque alternativas más o menos descabelladas de éste, de forma que la mejor sea claramente la que ya tenía elegida de antemano. Una verdadera selección de alternativas debería pasar por una fase de participación pública, en la que todos los agentes implicados (público y administraciones) pudiesen proponer alternativas diferentes que tendrían que ser tenidas en cuenta en el proceso de evaluación y posiblemente, en las obras públicas, en el proceso de adjudicación de las mismas.

3.2.1. La incorporación del componente ambiental

A la hora de determinar cuáles son las alternativas con las que se trabajará en un territorio para cumplir unos objetivos concretos, es importante incorporar el componente ambiental o «integración ambiental» en todas las fases del proceso de toma de decisiones. Todas las decisiones que dan lugar a que se proponga un proyecto se toman por una razón asociada a alguno de estos componentes: económico, técnico, social, personal o ambiental. Por ejemplo, ganar dinero, mejorar el transporte, producir energía eléctrica, aumentar la cantidad de agua de riego, etc.

Se denomina *componente ambiental* a la sensibilidad y valoración de los elementos ambientales, tanto desde el punto de vista de su efecto sobre el proyecto, como de los efectos que éste puede provocar sobre el medio.

Antes de que exista un proyecto concreto o que se haya iniciado el procedimiento administrativo de Evaluación de Impacto Ambiental, hay que tener en cuenta este componente en las distintas políticas, planes y programas, de forma que los proyectos que se propongan, tengan ya una primera evaluación ambiental en la planificación donde se encuentran inmersos.

Lo primero que se debería analizar, desde un punto de vista ambiental, es el propio *objetivo del proyecto* y sus posibles alternativas, para conseguir este objetivo (necesario) o para eliminar la necesidad del mismo. Actualmente, esto se ha separado de lo que se denomina Evaluación de Impacto Ambiental y se ha integrado en otro tipo de procedimientos relacionados: Ordenación del territorio, Planes y Programas, etc.

En estos procedimientos se selecciona cuáles son los fines a cumplir por cada una de las parcelas del territorio, con qué prioridad, y cuál es el tipo de proyectos admisibles, y compatibles entre ellos, para cumplirlos. Por ejemplo, el objetivo de conservación del lince ibérico (*Linx pardina*), pasa por mantener un área de distribución continua y por disminuir los atropellos en las carreteras. Esto es incompatible, en principio (salvo medidas correctoras), con la creación de autopistas en zonas donde pueda vivir, debido al efecto barrera que producen. Es importante que los propósitos de las distintas administraciones (Fomento, Medio Ambiente...) sean valorados en su conjunto, de forma que no se contradigan unos a otros.

Una vez fijados los objetivos, deben tenerse muy en cuenta las necesidades del proyecto, para determinar la aptitud y los impactos que produce (incluso con medidas correctoras),

para con ambas determinar la capacidad de acogida, de forma que el lugar elegido sea el mejor posible (como ejemplo, véase la Práctica 3.5.3.1: «Capacidad de un territorio para acoger una actividad»).

Por otro lado, debe tenerse en cuenta la compatibilidad con el resto de proyectos que se vayan a hacer en la zona y la valoración de los riesgos de accidentes que se pueden producir debido a las actividades que se realizan en cada parte del territorio (como ejemplo, véase la Práctica 1.5.3.2: «Evaluación del riesgo: Incendios»).

Todas estas valoraciones previas no es posible llevarlas a cabo dentro del procedimiento de Evaluación de Impacto Ambiental, tal y cómo está estructurado en la actualidad. En muchas ocasiones están contempladas en los planes de ordenación del territorio o en los planes o programas sectoriales, por lo que es de vital importancia que el análisis ambiental esté incluido dentro de estas estrategias. En estos casos es importante analizar las distintas alternativas que estén incluidas como posibles dentro de estos documentos. Las nuevas directivas europeas van en esta dirección.

En los casos en los que no existen estas valoraciones previas, debería ser imprescindible hacerlo en el proceso de Evaluación de Impacto Ambiental, debido a que en caso contrario se puede estar realizando un proyecto incompatible con la verdadera «vocación de un territorio», impidiendo una correcta gestión del mismo y en muchos casos perdiendo dinero y calidad ambiental por falta de previsión.

En la actualidad, en la Evaluación de Impacto Ambiental se compara entre las alternativas elegidas por un único promotor, de forma que éstas están muy orientadas a las posibilidades e intereses del mismo. La evaluación de un proyecto, cuando éste ya está redactado en su totalidad, con todos los detalles, por un lado es más fácil, ya que se conocen mejor las acciones del mismo, pero por otro lado, pierde efectividad porque las posibles alternativas son mucho más limitadas a pequeños detalles dentro del mismo proyecto y no a proyectos alternativos totalmente diferentes.

Lo que se denomina «*alternativas técnicamente viables*» (véase Capítulo 4: «Descripción del proyecto y sus alternativas») puede convertirse en el proyecto desarrollado por el promotor y una serie de modificaciones del mismo para hacerlas inviables ambientalmente. Para que la propuesta de alternativas fuese real, debería de ser realizada por varios promotores (cada promotor propondría su solución para un objetivo determinado) y por todo el público interesado, de forma que todas las posibles opciones puedan y deban ser tenidas en cuenta.

Una forma de mejorar el método actual, al menos para las obras públicas, puede ser la inclusión de la Evaluación de Impacto Ambiental de varias alternativas obtenidas mediante participación pública. En el caso de un concurso público para una obra o proyecto, el promotor se podría elegir a partir (entre otras cosas, por supuesto) de la valoración ambiental de su propuesta o propuestas en comparación con el resto de alternativas posibles (en las que el promotor sería diferente en cada caso). Para ello es necesario unificar en la convocatoria el método con el que se realizaría la evaluación, de forma que todos los promotores pudiesen ajustarse al mismo.

Existen casos en los que un único promotor puede tener que elegir entre alternativas reales, cómo diferentes trazados de una carretera. Estos casos son los únicos para los que realmente funciona el procedimiento actual de comparación de alternativas por parte del promotor.

Una vez que el proyecto ya está funcionando, también se puede hacer un seguimiento ambiental, para mejorar la eficiencia de los procesos que se realizan en el mismo. La entidad encargada de su explotación debería encargarse de este seguimiento ambiental, pero la validación periódica del mismo (*auditoría*) debe realizarla un organismo independiente.

Como conclusión se puede decir que cuanto antes se incluya el elemento ambiental en la selección de alternativas:

- Mayor será la variedad de alternativas posibles.
- Menor es el detalle con el que se trabaja.
- Menores serán los impactos producidos al final del proceso.

La última conclusión depende de que según se va concretando la alternativa adecuada, se realicen los análisis ambientales cada vez con mayor detalle.

3.2.2. Alternativas técnicamente viables del proyecto

Para que el Estudio de Impacto Ambiental tenga algún sentido, es necesario que se compare entre al menos dos alternativas del proyecto propuesto por el promotor, que son, en realidad dos o más proyectos diferentes con iguales objetivos, pero con modificaciones sustanciales. Aparte de estas opciones hay que considerar siempre la alternativa de no realizar ninguna actividad. El objetivo es lograr que el proyecto propuesto sea la mejor asignación de uso posible en la zona de estudio. Todas estas opciones o alternativas pueden surgir tanto del Promotor, cómo de la Administración o de los organismos consultados por ésta, en la fase de consultas previas.

A estas alternativas se las ha denominado «Alternativas Técnicamente Viables», es decir, han de ser factibles, por criterios legales y técnicos, aunque también deben ser viables desde un punto de vista económico, social y medioambiental. Estas alternativas son las que se describen y evalúan en el Estudio de Impacto Ambiental para seleccionar la más aconsejable ambientalmente hablando.

Todas las opciones del proyecto deben ser tratadas de igual forma y analizadas con la misma intensidad, para que se optimice realmente el espacio donde se ubicaría y los recursos que en él existen. Esto implica que para cada una de ellas es preciso realizar todos los apartados del Estudio de Impacto Ambiental, empezando por la Descripción del Proyecto y continuando con el Inventario Ambiental y la Identificación y Valoración de Impactos, así como el establecimiento de Medidas Minimizadoras para cada candidatura, para poder seleccionar la más adecuada en cada caso.

Las modificaciones que se plantean entre unas alternativas y otras suele ser respecto a su localización (lo que no será factible si se diseñan actividades en terrenos ya comprados para este fin y sin otra localización adecuada para el promotor). Además de la localización, las alternativas pueden ser modificaciones de cualquier otra parte del proyecto. Pueden proponerse modificaciones, por ejemplo, en los métodos de explotación o en la secuencia de las distintas fases que componen el proyecto, es decir, alternativas en la temporalización. Asimismo, son susceptibles de cambios en su planteamiento tanto las infraestructuras principales como las secundarias. También se pueden discutir distintas alternativas de restauración

de los terrenos explotados (cuando el promotor incluye esta actividad en su proyecto de ejecución). De la misma forma, la adecuación del tamaño del proyecto o las características de diseño del mismo (como la posibilidad de ampliación y/o modificación, para que llegado el caso, no tenga que trasladarse la actividad a otro lugar) y la gestión de los residuos, uso de los recursos o control de la contaminación, son susceptibles de generar alternativas.

Se debe evitar la creación de opciones irrealizables o mucho peores a la seleccionada por el Promotor, por ejemplo situar la actividad en una localización donde, según el planeamiento urbanístico, no se puede realizar. Datos como este último han de ser detectados rápidamente en la focalización del proyecto (Apartado 3.3), para no gastar tiempo y dinero en buscar y analizar información que no va a ser relevante para la evaluación ambiental de la actuación proyectada.

No sirve de nada incluir alternativas que no supongan un cambio ambientalmente relevante respecto a la solución propuesta. Las alternativas que se planteen deben partir de una visión preliminar de cuáles pueden ser los impactos principales del proyecto, es decir, que a partir de los impactos generales que suele producir cada tipo de proyecto se deben desarrollar las posibles opciones al mismo para poder eliminarlos o mitigarlos.

Una vez que se ha realizado la valoración de los impactos de cada una de las alternativas en el Estudio de Impacto Ambiental, hay que buscar las medidas minimizadoras de impactos que reduzcan los que hayan salido más significativos en cada una de ellas. La valoración final y por tanto la selección de la alternativa más adecuada, dependerá del valor de los impactos producidos con las medidas correctoras propuestas.

Dentro del Estudio de Impacto Ambiental, la «descripción del proyecto y sus acciones» se incluirán por tanto las descripciones de todas las alternativas técnicamente viables y la justificación de la alternativa seleccionada (alternativa propuesta) después de realizar todas las valoraciones del estudio.

Nota: A partir de este capítulo se considera que el tratamiento que se va a dar a todas las alternativas propuestas es completo, aunque sólo se hable de la evaluación de un proyecto.

3.2.2.1. *Método de Mc Harg*

El Método de Mc Harg es uno de los métodos precursores de la evaluación de impactos ambientales y se basa en la utilización de *mapas de capacidad de acogida del territorio* para los diversos usos que se le puedan dar al suelo. Estos mapas se realizan sobre transparencias que al superponerse permiten ver de forma clara las áreas más aptas (*aptitud*) o impactantes para una determinada actividad. Se utilizó por primera vez en el año 1968 para seleccionar el área de menor impacto en el trazado de una autopista.

En primer lugar se hace un inventario en el que se describen todas las variables que puedan afectar a las distintas posibilidades de ordenación y planificación territorial, a lo que se denomina capacidad de acogida, así como las consecuencias que puedan tener éstas sobre el medio ambiente, o impacto (fragilidad, riesgo...) que pueda producir, preocupándose especialmente de que algunos de estos impactos sobre el medio sean criterios restrictivos en dicha planificación.

Para cada uno de los factores se realiza un inventario zonificado llevando a un mapa confeccionado sobre una transparencia los valores, que se señalan con gradaciones de color, los niveles de aptitud de cada elemento para acoger la actividad y los impactos que la actividad produciría sobre el mismo. Estos mapas se obtienen para el clima, geología, hidrología, fisiografía, suelos, flora, fauna y el uso actual del suelo. Cada uno de estos mapas tendrá una escala de intensidades de un color (aconsejable el mismo para todos), siendo, por ejemplo, los tonos más claros las áreas más aptas y menos impactadas, según sea el caso, y las más oscuras lo contrario. Al superponer estos mapas (por un lado los de aptitud y por el otro los de impacto) se observan zonas más claras y otras más oscuras, que dan una información más general de estos parámetros. Una vez realizada esta tarea se crean los «mapas corregidos» de capacidad de acogida (integración de aptitud e impacto) para cada uno de los proyectos elegidos.

Paralelamente se realiza un inventario económico y del paisaje, que junto con los mapas de capacidad de acogida, permiten realizar una planificación del territorio.

Este método puede modificarse y utilizarse para la creación de alternativas de localización de un tipo de proyecto e incluso para la posterior selección de las mismas. Consiste en dividir el territorio en cuadrículas y asignar valores a cada una de ellas según sus características, tanto de aptitud para mantener un tipo de proyecto, como de impacto o sensibilidad a los impactos que produciría. Integrando los valores de las distintas cuadrículas, se puede realizar un mapa de capacidad de acogida, en el que cada cuadrícula toma un valor, de forma que se vean las mejores y peores localizaciones para el proyecto.

Las fases del método, para un determinado proyecto, son:

1. Delimitación de la zona objeto de estudio.
2. Se cuadrícula la zona o se divide en unidades homogéneas en sus características ambientales.
3. Se analiza la lista de elementos o factores ambientales adecuada para el estudio.
4. Se elaboran el mapa de transparencias para cada elemento o factor ambiental.
5. Se superponen las transparencias para identificar las áreas de mayor aptitud y se generan las distintas alternativas de localización para el proyecto.
6. Se analiza el impacto ambiental que se produciría en cada cuadrícula y se representa en un mapa de transparencias.
7. Se superponen estas transparencias, localizando las áreas con menor impacto. Si se superpone con las alternativas obtenidas en el mapa de aptitud, se pueden valorar cada una de ellas, pero también pueden surgir nuevas alternativas en este paso.
8. Se identifica el área de mejor capacidad de acogida, es decir, mayor aptitud con menor impacto, con lo que se hace la selección de alternativas.

Este método de selección de alternativas tiene la ventaja de tener en cuenta la posible mejor localización territorial y permite la comprensión clara de la información. Puede mejorarse actualmente con la utilización del computador y los sistemas de información geográfica.

Nota: Puede verse un estudio simplificado en el CD adjunto donde se estudia la capacidad de acogida de un territorio para la instalación de un campo de golf.

3.3. LA FOCALIZACIÓN O SCOPING

La focalización es equivalente al *scoping* de otros países, que se puede definir como:

«El medio, rápido y abierto, empleado tanto para determinar el alcance de las acciones de un proyecto incorporado al proceso de Evaluación de Impacto Ambiental, como para identificar los efectos significativos relativos a la actividad propuesta.»

Otra buena definición es la que hace el Departamento para el Desarrollo Internacional (*Department for International Development, DFID*):

«El propósito del *scoping* es identificar los impactos ambientales más significativos, así como el tiempo y la extensión que su análisis requiere, las fuentes de información y la recopilación de datos.»

Este término aparece por primera vez en la National Environmental Policy Act (NEPA) de los Estados Unidos de Norteamérica, en 1978 (véase CD), pero no es el único país que ha incorporado a su legislación este proceso, teniéndola otros como el Reino Unido, los Países Bajos, Dinamarca o Canadá. Su significado, proveniente del vocablo inglés *scope*, significa ámbito o alcance. En algunos textos también se le ha venido a llamar delimitación o enfoque.

En España, la fase del procedimiento administrativo de «Consultas Previas», en la que la Administración Ambiental hace una serie de consultas a entidades o particulares para que expresen su parecer con respecto al proyecto y las alternativas presentadas por el promotor, y que el equipo redactor del Estudio de Impacto Ambiental tendrá que incorporar al mismo, no tiene otro objetivo que mejorar la focalización del Estudio de Impacto Ambiental.

La focalización se hizo necesaria al desarrollarse gran número de estudios de impacto ambiental que no cuidaban su «calidad» y que eran excesivamente voluminosos y densos sin necesidad, con gran cantidad de información irrelevante para la toma de decisiones. Por «calidad» se entiende en este caso un adecuado tratamiento técnico y científico de los objetivos del estudio, para lo cual es necesario optimizar tanto los recursos como el tiempo a utilizar en los mismos.

Hay que establecer las prioridades de análisis y decidir qué metodología va a ser la adecuada para tratarlas. Estos objetivos se van a conseguir mediante un conocimiento previo de las inquietudes de los distintos grupos sociales posiblemente afectados y una identificación preliminar de los posibles impactos. El Órgano Ambiental correspondiente conoce las características de la zona donde se realizaría el proyecto del promotor, y manda copias de la Memoria-Resumen a los organismos y particulares que se verían afectados por la actividad propuesta, pero todavía no es un proceso abierto a todo el que quiera opinar y proponer nue-

vas alternativas. Es importante mantener una coherencia dentro de los distintos documentos, desde que la Administración Ambiental (Órgano Ambiental) tenga en sus manos la Memoria-Resumen del proyecto, hasta la redacción de la Declaración de Impacto Ambiental.

Para realizar una focalización adecuada es necesaria una visión global del proyecto y tener presente la filosofía de la evaluación de impacto ambiental.

Así los objetivos de la focalización son:

- Reconocer a los grupos sociales que deben ser informados y consultados para conocer cómo les afecta el proyecto, los impactos que les genera y diferenciando entre hechos, juicios y opiniones.
- Informar a expertos sobre el proyecto en curso para que ayuden en el reconocimiento de los problemas, las técnicas adecuadas, etc.
- Identificar y jerarquizar los posibles impactos.
- Identificar, de una forma preliminar, los impactos significativos.
- Razonar y justificar los impactos obtenidos.
- Localizar fuentes de información útiles.
- Disponer de la documentación necesaria para tratar esos impactos.
- Delimitar la zona de estudio para cada elemento ambiental y factor ambiental afectado e importante.
- Diseñar un plan de trabajo en el que se optimice el tiempo.
- Determinar las técnicas que se van a usar para tratar los impactos significativos.

Gracias a este mecanismo, la confección de estos trabajos se realizará centrándose en los impactos significativos impidiendo gastar tiempo y esfuerzo en puntos irrelevantes para la valoración ambiental del proyecto, evitando así los documentos extremadamente extensos y sin sentido.

Se podrían establecer unas etapas para desarrollar correctamente la focalización:

1. Ha de prepararse un informe inicial en el que se exponga de forma clara el proyecto y los posibles efectos que puede tener.
2. Se ha de crear un proceso de información pública en la que se notifique e informe a las distintas partes interesadas.
3. Se recibirán las respuestas, alegaciones y sugerencias por parte de los distintos grupos sociales y los expertos.
4. Ha de analizarse la información obtenida de la consulta pública y realizar una identificación de impactos preliminar.
5. Se deben reconocer los futuros impactos notables y considerar las alternativas al proyecto del promotor, los factores ambientales afectados y la profundidad que el estudio debe tomar.
6. Finalmente, se han de establecer unas directrices que rijan la elaboración del Estudio de Impacto Ambiental.

La búsqueda de información es lo primero que se debe hacer, aunque esta búsqueda va a ir ampliándose a lo largo de todo el Estudio de Impacto Ambiental. En primer lugar hay que saber cuáles son los Organismos de la Administración que van a tener competencias en el estudio.

Para preparar el informe que se va a presentar al público ha de disponerse al menos de la Memoria-Resumen del promotor. Además han de consultarse las políticas, planes y programas, como el planeamiento urbanístico de la zona y los proyectos que están aprobados y en estudio, para ver si la actividad propuesta es factible dentro de este marco o no. De la misma forma es necesario conocer el uso que se le está dando al terreno y a los recursos presentes en el mismo, donde se implantaría la obra, así como el de los colindantes.

Igualmente, es importante informarse sobre la legislación temática de aplicación en ese momento, del tipo de proyecto que se trate, así como la correspondiente a los temas medioambientales, para detectar las limitaciones legales que pueden existir para la actividad. Suele ser necesario realizar bases de datos, tanto de información bibliográfica como cartográfica, así como páginas de Internet útiles o lugares físicos donde se puede ampliar la información, como pueden ser las distintas bibliotecas de los ministerios, de las consejerías o las de las universidades.

Para poder poner en conocimiento el proyecto a los afectados y expertos, antes hay que localizarlos, así que se debe reconocer a los distintos grupos sociales y particulares interesados, y a los especialistas, que pueden encontrarse en las universidades, centros de investigación, consultores privados, etc. Es importante disponer de personas que puedan arrojar datos válidos sobre las respuestas del medio a las acciones del proyecto, por haber participado en estudios similares y haber visto la incidencia real de aquél tras la implantación, así como el análisis de cómo han evolucionado otros estudios semejantes. En el caso de que se hayan detectado problemas en proyectos similares, es importante conocerlos para poder resolverlos y tenerlos en cuenta en el Programa de Vigilancia Ambiental.

Hay grupos sociales no propietarios de los terrenos a los que pondrán voz algunas organizaciones como las de cazadores, ecologistas, asociaciones de vecinos, etc. Es bueno conocer aquellos acuerdos, en materia de medioambiente, establecidos por las gentes de la zona que no están escritos pero que tienen mucho peso en ese lugar, como podría ser el uso del agua.

La participación pública es la base para tener información de lo que inquieta de ese proyecto a los distintos grupos sociales y para reconocer, posteriormente, los posibles impactos significativos a los que habrá de darse un tratamiento exhaustivo. Si no se realizaran estas consultas el reconocimiento de estos impactos sería más dificultoso.

La participación de la población es un derecho marcado en la Declaración de Río de Janeiro, en 1992, firmado por el Estado Español. En ella se especificó lo siguiente en su 10.º Principio (véase CD):

«El mejor modo de tratar las cuestiones ambientales es con la participación pública de todos los ciudadanos interesados, en el nivel que les corresponda. En el plano nacional, toda persona deberá tener acceso a la información sobre el medio ambiente de que dispongan las autoridades públicas, incluida la información relativa a los materiales y las actividades que suponen peligro en sus comunidades, así como la oportunidad de participar en los procesos de adopción de decisiones... Los Estados deberán facilitar y fomentar la sensibilización y participación del público poniendo la información a disposición de todos. Deberá proporcionarse acceso efectivo a los procedimientos judiciales y administrativos, entre éstos el resarcimiento de daños y los recursos pertinentes.»

Fruto de estas consultas se suelen obtener una gran cantidad de posibles impactos, no todos relevantes, pero de discriminación complicada, ya que para unos grupos sociales unas acciones crean impactos significativos, mientras que para otros la misma acción puede no suponer un problema. A causa de esto es posible no reconocer como significativo un impacto que sí lo es. Para solucionar esto se tiende a trabajar con todos los posibles impactos de forma que así siempre estén incluidos los significativos.

La obtención de los impactos significativos conlleva el uso de una gran cantidad de variables que resultan difíciles de manejar. Para resolver este problema existen diversas metodologías que ayudan a su solución (véase Capítulo 7). Éstas se basan en estimaciones cualitativas y/o cuantitativas, como las matrices de doble entrada o matrices de cruce, diagramas de causa-efecto y las listas de chequeo. Además, se deben establecer jerarquías entre los distintos impactos hallados, mediante distintos colores, escalas numéricas o signos.

Estas herramientas van a ser útiles para los impactos directos, pero los indirectos, sinérgicos, etc., serán más difíciles de detectar en esta primera fase, ya que dependerán del proyecto concreto del que se trate y de las características del medio en el que se pretenda ubicar. Esto se estudia con más detalle en los apartados de descripción del proyecto (véase Capítulo 4) e inventario ambiental (véase Capítulo 5).

La realización de una buena focalización también va a depender de la experiencia del equipo redactor. Este parámetro va a jugar una importante baza durante la elaboración de todo el Estudio de Impacto Ambiental, vigilando que no se utilice tiempo innecesario para temas no relevantes, los cuales básicamente hay que reconocerlos como tales en el documento sin darles mayor extensión. Es claro que va a ser útil para el apartado de identificación de impactos, pero también para el Inventario Ambiental, evitando los enormes documentos que se han presentado en algunas ocasiones que no se centran en los elementos ambientales a la escala afectada por el proyecto. Asimismo, el Programa de Vigilancia Ambiental hará énfasis sobre esos impactos notables y el cumplimiento de las Medidas Minimizadoras establecidas.

La focalización es imprescindible, ya que si no se realiza desde el principio y se establecen las prioridades, resolver los problemas de enfoque cuando el Estudio de Impacto Ambiental está terminado es muy difícil.

Como resultado de una buena focalización se van a obtener una serie de beneficios en el Estudio de Impacto Ambiental:

- Tratamiento adecuado de los impactos significativos o notables.
- Reconocimiento de todas las alternativas del proyecto, dando como resultado una correcta toma de decisiones.
- Valoraciones adecuadas de los impactos.
- Convertirlo en un proceso realmente público, con participación tanto de las administraciones competentes, como de las partes interesadas.
- Recopilación de toda la legislación de aplicación al proyecto.
- Economizar tiempo y recursos.
- Mayor calidad del Estudio de Impacto Ambiental, por:
 - Presentar un tamaño adecuado.
 - Identificar claramente los aspectos significativos.

- Desarrollar una estructura clara.
- Establecer conclusiones entendibles por los interesados.

Actualmente en España la legislación básica no contempla la focalización como un proceso formal, aunque se establece la posibilidad de llevarla a cabo, pero como derecho exclusivo del promotor, con lo que éste puede decidir desarrollarla o no. Sin embargo se hace necesaria esta etapa previa en la que a partir del conocimiento de las partes del proyecto y las características del medio afectado, se concreten y discriminen los aspectos relevantes, para poder tratarlos de forma adecuada, con la extensión y rigor que merecen.

De la misma forma se evitará el análisis de gran cantidad de información que no va a ser concluyente para determinar la viabilidad o no de los proyectos, consumiendo tiempo y recursos. En definitiva, todas las partes implicadas en el proceso de evaluación de impacto ambiental (administraciones ambientales y sustantivas, público y promotor) están interesados en lo mismo, la clara exposición de los impactos que preocupan para poder evaluarlos, y para ello es necesaria una buena focalización.

3.4. DOCUMENTOS DE LA EVALUACIÓN DE IMPACTO AMBIENTAL

Como ya se ha visto en el Procedimiento Administrativo (Apartado 2.3), el proceso de evaluación de impacto ambiental tiene varios documentos que van pasando del promotor a los órganos sustantivo y ambiental y al público. Los documentos del procedimiento son:

1. La Memoria-Resumen.
2. Las especificaciones para el Estudio de Impacto Ambiental.
3. El Estudio de Impacto Ambiental.
4. La Información Pública y las Alegaciones.
5. La Declaración de Impacto Ambiental.

Cada uno de estos documentos debería de contener un tipo de información ordenada de cierta manera, que es lo que se verá en los siguientes subapartados:

3.4.1. Memoria-Resumen

La *Memoria-Resumen* es el documento que el promotor de un proyecto tiene que entregar al Órgano Ambiental (y una copia al Órgano Sustantivo), para iniciar el Procedimiento Administrativo de Evaluación de Impacto Ambiental (Apartado 2.3). A partir de los datos contenidos en el mismo, el Órgano Ambiental decidirá a quiénes considera público afectado y solicitará la información pertinente para la realización del Estudio de Impacto Ambiental.

En este documento se incluye, por tanto, una descripción detallada de las distintas alternativas del proyecto y sus posibles localizaciones. La descripción debe contener todos los datos relevantes desde un punto de vista ambiental: recursos utilizados, origen y cantidad de los mismos, localización, residuos, emisiones y vertidos que se producirán y la forma de gestionarlos, tanto en la fase de proyecto, establecimiento, funcionamiento y cierre.

El principal beneficiario de que esta Memoria-Resumen sea lo más completa posible es el propio promotor, debido a que el fin último de la misma es poder recopilar el máximo de información relevante para la realización de un correcto Estudio de Impacto Ambiental. Hay que tener en cuenta que si no se consulta previamente a las personas, instituciones y administraciones que puedan verse afectadas por el proyecto, sus observaciones y alegaciones se verán al final del procedimiento, pudiendo llevar al rechazo de todo el Estudio de Impacto Ambiental (Declaración de Impacto Ambiental negativa) y a tener que repetir todo el trabajo incluyendo la información aparecida en las alegaciones. Lógicamente es mejor contar con esta información desde un principio, para focalizar el Estudio de Impacto Ambiental y que las alegaciones no se produzcan al final.

Por esta misma razón, no está de más que esta Memoria-Resumen lleve un apartado con una lista de personas, instituciones y administraciones a las que se debería de solicitar información, de forma que se facilite el trabajo del Órgano Ambiental.

3.4.2. Especificaciones para el estudio de impacto ambiental

La Administración con competencias ambientales, cuando recibe la Memoria-Resumen, tiene un plazo de diez días para realizar peticiones de información a las personas, instituciones o administraciones que considere pertinente (Apartado 2.3: «El Procedimiento Administrativo»). En general se debería de solicitar información en todos los casos a:

- Las administraciones que puedan verse afectadas por alguna de las alternativas del proyecto: Ministerio de Medio Ambiente, comunidades autónomas, ayuntamientos y otras administraciones afectadas (excepto la administración consultante).
- Los grupos ecologistas, asociaciones de caza o de otras actividades deportivas que actúen en la zona afectada.
- Comunidades de vecinos, de regantes o de cualquier otro tipo que puedan verse afectadas.
- Expertos en medio ambiente y en la temática del proyecto propuesto.

Las entidades a las que se solicita información tienen 30 días para realizar las alegaciones, observaciones o aportes de documentación que consideren pertinente, como dice el Reglamento de Evaluación de Impacto Ambiental (Real Decreto 1131/1988):

«(...) consultas a las personas, instituciones y administraciones previsiblemente afectadas por la ejecución del proyecto, con relación al impacto ambiental que, a juicio de cada una, se derive de aquél, o cualquier indicación que estimen beneficiosa para una mayor protección y defensa del medio ambiente, así como cualquier propuesta que estimen conveniente respecto a los contenidos específicos a incluir en el Estudio de Impacto Ambiental.»

En estas indicaciones, sería conveniente que la información se presentara lo más completa posible, de forma que pueda más tarde ser tenida en cuenta en el Estudio de Impacto Ambiental.

Por este motivo, deben realizarse en este momento todas las propuestas que puedan surgir sobre nuevas alternativas al proyecto o sobre las formas de reducir los impactos ambientales del mismo, de forma que se pueda modificar el proyecto disminuyendo su impacto todo lo posible.

Toda la información recopilada, más toda la que tenga y las especificaciones que quiera hacer el Órgano Ambiental y que puedan ser de utilidad, será remitida al promotor para que sea tenida en cuenta en el Estudio de Impacto Ambiental.

3.4.3. Estudio de impacto ambiental

El *Estudio de Impacto Ambiental* (EsIA) es el documento técnico exigido por la Administración en el Reglamento de Evaluación de Impacto Ambiental (Real Decreto 1131/1988), con el fin de conocer de forma detallada cómo afectaría un proyecto dado al entorno.

Este estudio lo lleva a cabo el Promotor y debe ser redactado preferentemente por un equipo multidisciplinar de técnicos expertos que no dejen lagunas de información y que traten todos sus puntos correctamente. Así mismo, hay que hacer especial hincapié en que se debe trabajar y exponer los datos de la forma más objetiva posible, pese a la dificultad que ello conlleva. El Estudio de Impacto Ambiental es una pieza fundamental para la toma de decisiones en el proceso de evaluación, pero no hay que olvidar que solamente es una «pieza» dentro de este proceso, y que lo realmente importante es la decisión tomada en la Declaración de Impacto Ambiental aunque ésta está basada en cómo se haga el estudio.

El lenguaje a utilizar en la redacción debe ser técnico para mantener el rigor, pero también ha de ser claro, conciso y fácil de comprender y leer, evitando grandes listados de datos, que tienen su lugar en los anexos. La claridad es muy importante, dado que va a estar en manos de profesionales de diversa índole dentro del campo del medio ambiente y fuera del mismo y, tras su redacción pasará por el importante proceso de información pública en el que todo tipo de personas podrán aportar su opinión al respecto. Pero para que esto ocurra, debe poderse entender lo que en el informe está expuesto.

En este mismo Reglamento de Evaluación de Impacto Ambiental (Real Decreto 1131/1988) se concretan los apartados de los que debe constar el Estudio de Impacto Ambiental:

- *«Descripción del proyecto y sus acciones.*
- *Examen de las alternativas técnicamente viables y justificación de la solución adoptada.*
- *Inventario ambiental y descripción de las interacciones ecológicas o ambientales claves.*
- *Identificación y valoración de impactos.*
- *Establecimiento de medidas protectoras y correctoras.*
- *Programa de vigilancia ambiental.*
- *Documento de síntesis.»*

Descripción del proyecto y sus acciones. Examen de alternativas. En el artículo 8 del mismo Reglamento, se unifican los dos primeros puntos en uno sólo que se deno-

mina: «*Descripción del proyecto y sus acciones. Examen de alternativas.*» Por lo tanto, en este capítulo del Estudio de Impacto Ambiental se debe incluir la descripción de cada una de las distintas alternativas del proyecto, indicando cuál de ellas ha sido la seleccionada por su menor impacto ambiental (véase Capítulo 4).

Este apartado no es equivalente al proyecto técnico presentado por el promotor a la Administración, sino que aquí se trata de proporcionar información sobre los aspectos clave del proyecto que pueden causar efectos ambientales, sin necesidad de valorarlos. Este apartado suele ser uno de los más extensos, junto con el Inventario Ambiental, en el documento final. El Examen de Alternativas Técnicamente Viables, adquiere gran importancia al presentar opciones al diseño del proyecto «principal» o seleccionado. Estas alternativas podrían evitar o minimizar algunos de los posibles impactos negativos que se darían con la opción elegida en primer término. En algunas ocasiones no se tienen en cuenta todas las alternativas posibles, lo que hace que los resultados estén muy condicionados por las alternativas analizadas, limitando el rango de variables que se deberían tener en cuenta y anquilosando la flexibilidad necesaria de este tipo de estudios.

Inventario ambiental y descripción de las interacciones ecológicas o ambientales claves. En tercer término aparece el Inventario Ambiental (véase Capítulo 5), el cual va a dar una idea lo más amplia posible, en función del tiempo y el presupuesto asignados para su realización, de la situación en la que se encuentra el territorio donde se realizaría el proyecto, visto desde el punto de vista medioambiental, en el momento «actual», es decir, antes de que se realice el proyecto si se aprobara en la Declaración de Impacto Ambiental. Los aspectos que se tratarían en este apartado están regulados por el artículo 6 del Reglamento de Evaluación de Impacto Ambiental (Real Decreto 1131/1988):

- Fauna.
- Flora.
- Vegetación.
- Gea.
- Suelo.
- Agua.
- Aire.
- Clima.
- Paisaje.
- Estructura y función de los ecosistemas presentes en el área previsiblemente afectada.
- Patrimonio histórico-artístico.
- Relaciones sociales.
- Condiciones de sosiego público.

Agrupándose normalmente los tres últimos en el llamado «*medio socioeconómico*».

En la mayoría de Estudios de Impacto Ambiental es absolutamente necesario hacer salidas a la zona de estudio para conocer la realidad del lugar, que deben complementarse con la documentación bibliográfica y cartográfica recopilada desde la mesa de la oficina, siendo insustituibles tanto unas como la otra.

De este apartado se obtienen valoraciones, pero estas valoraciones no son las de los impactos (los cuales aún no se han deducido), sino de la calidad del medio.

Identificación y valoración de impactos. Para poder realizar la cuarta fase del Estudio de Impacto Ambiental, la identificación y valoración de impactos, es necesario haber realizado antes las fases anteriores. Esta fase es la que lleva el peso metodológico del estudio (véase Capítulos 7 y 8).

Haciendo aquí un paréntesis hay que comentar que estos cuatro apartados deben estar íntimamente relacionados, de tal forma que la realización de cada uno de ellos dependa de la información dada por los demás. Tanto es así que se podría decir que hasta este punto el Estudio de Impacto Ambiental se desarrolla en dos líneas separadas que confluyen en el apartado de identificación y valoración de impactos.

Una de esas líneas va a analizar el proyecto (Descripción del Proyecto y Examen de Alternativas) desembocando en la identificación del *árbol de acciones* de cada una de las alternativas del proyecto a estudiar, susceptibles de producir impactos (véase Capítulo 4), mientras que la otra va a analizar el entorno afectado mediante el Inventario Ambiental (véase Capítulo 5), a partir del cual se va a construir el *árbol de factores* del medio presumiblemente alterados por aquellas acciones. Ambas líneas confluyen en la tarea de identificación de *efectos* mediante el cruce de acciones y factores, labor desarrollada en el apartado de identificación de impactos (véase Capítulo 7). Además de identificar los impactos, se van a valorar los mismos definiéndolos y estableciendo jerarquías entre los más graves y los más leves (véase Capítulo 8).

Establecimiento de medidas protectoras y correctoras. A partir de esos impactos ya reconocidos se van a establecer una serie de medidas de minimización de impactos (medidas paliativas, preventivas o protectoras, correctoras y compensatorias), que se estudian con detalle en el capítulo 9. Este apartado tiene mucho peso ya que es el que normalmente más influye en la decisión de aceptar la realización de un proyecto o denegarlo, ya que cuando se acepta, se hace bajo la condición de realizar esas medidas de forma efectiva y obligatoria por el promotor del proyecto.

Con estas medidas se intentan solucionar o paliar impactos concretos que no han podido ser resueltos en las distintas alternativas técnicamente viables. Pueden estar relacionadas, por ejemplo, con la creación de pasos para fauna que mitiguen el «efecto barrera» de una infraestructura lineal o con realizar algunas actividades ruidosas en momentos que no afecten a la reproducción de las aves. Un ejemplo de medida compensatoria sería para un proyecto de construcción de una carretera en un terreno que en el momento «actual» es utilizado como lugar de recreo, la medida compensatoria podría ser realizar jardines colindantes que puedan ser incluso mejores para este uso, a la vez que se realiza la obra de la carretera.

Programa de vigilancia ambiental. En sexto lugar consta el Programa de Vigilancia Ambiental, que se ocupa de describir la forma en que se va a vigilar la correcta realización del proyecto y de las medidas de minimización de impactos si éste se lleva a cabo (véase Capítulo 11).

Documento de síntesis. El Documento de Síntesis, como su nombre indica, es un informe que resume el resto del Estudio de Impacto Ambiental en unas 25 páginas a lo sumo.

Debe estar escrito con un lenguaje comprensible para todo el mundo, dado que es el documento que con más probabilidad se consultará en el proceso de información pública y a partir del cual se expondrán las posibles alegaciones al proyecto (véase Capítulo 12).

3.4.4. Fase de información pública

Una vez entregado el Estudio de Impacto Ambiental, éste tiene que pasar por una fase de información pública de treinta días, publicándose en Boletín Oficial la fecha de inicio y el lugar donde se puede consultar. Entonces cualquier persona del público que quiera consultar el Estudio de Impacto Ambiental y realizar alegaciones, puede hacerlo. Lógicamente, cuanto más amplias hayan sido las consultas previas, menor será el número de alegaciones posteriores.

Es importante que el estudio esté escrito en un lenguaje comprensible para cualquier persona del público y que cuente con todos los datos necesarios, tanto del medio, cómo del proyecto, para poder entender cada paso de la evaluación. Si un Estudio de Impacto Ambiental ha tenido en cuenta todos los factores importantes y ha propuesto medidas correctoras para todos los impactos, las alegaciones podrán ir a detalles concretos, pero no a rechazar el estudio completo. Sin embargo, si el estudio tiene fallos de forma y no cumple la normativa, las alegaciones serán (en general), muchas y consistentes, dando motivos para una declaración negativa.

Todas las alegaciones tienen que ser tenidas en cuenta en la Declaración de Impacto Ambiental, por lo que es muy importante que estén correctamente razonadas y estructuradas, aportando pruebas o estudios paralelos de lo que se argumenta. Si no se aportan pruebas y no es algo obvio que el Órgano Ambiental pueda descubrir, es difícil que sea tenida en cuenta. Sin embargo, una alegación correctamente razonada, con pruebas de que no se han tenido en cuenta apartados importantes del proyecto o del ambiente y/o con referencias a la normativa y a estudios contrastados, es posible que por sí sola obligue a corregir estas deficiencias, aunque la última palabra la tiene el Órgano Ambiental.

3.4.5. Declaración de impacto ambiental

Pasados los treinta días de información pública, y teniendo en cuenta, tanto el Estudio de Impacto Ambiental y el Documento Técnico del Proyecto, cómo las informaciones previas que se aportaron al promotor y las alegaciones producidas, el Órgano Ambiental tiene veinte días para pedir al promotor que corrija partes del Estudio de Impacto Ambiental en un plazo de veinte días, o para realizar la Declaración de Impacto Ambiental (véase Figura 2.2). En el caso de que pida correcciones y éstas sean de un carácter notable, puede ser necesaria una segunda fase de información pública (treinta días), en la que pueden producirse nuevas alegaciones.

La Declaración de Impacto Ambiental debe ser ante todo una declaración positiva o negativa, es decir, que acepte o rechace el proyecto, por sus características, desde un punto de vista ambiental. No debe en ningún caso ser una declaración neutra, ya que entonces pierde su significado, tal y como expresa el Reglamento de Evaluación de Impacto Ambiental (Real Decreto 1131/1988):

«La declaración de impacto ambiental determinará, a los solos efectos ambientales, la conveniencia o no de realizar el proyecto, y en caso afirmativo fijará las condiciones en que debe realizarse.»

Debe tener siempre en cuenta y por escrito todas las alegaciones producidas, aunque las que sean parecidas se pueden agrupar en un mismo apartado.

En caso de ser una declaración positiva debe detallar las condiciones necesarias para la realización del proyecto, así como especificar la forma en que se va a realizar el seguimiento de las actuaciones, de conformidad con el Programa de Vigilancia Ambiental e integrándolas en su caso con los planes ambientales existentes.

Las declaraciones de impacto ambiental son públicas y por lo tanto aparecen publicadas en los boletines oficiales, de forma que cualquier persona pueda consultarlas. Por esto es muy importante que las valoraciones realizadas sean claras y fáciles de entender por el público en general (en el CD adjunto pueden consultarse algunos ejemplos de estas declaraciones).

La vigilancia para que se cumplan las condiciones de la declaración es competencia del Órgano Sustantivo, aunque el Órgano Ambiental tiene el derecho a recabar información y realizar las comprobaciones necesarias para verificar dicho cumplimiento.

3.5. PRÁCTICAS

3.5.1. Autoevaluación

1. ¿Cuál de estos documentos no corresponde al procedimiento de Evaluación de Impacto Ambiental?
 - a) Documento Técnico del Proyecto.
 - b) Inventario Ambiental.
 - c) Declaración de Impacto Ambiental.
 - d) Alegaciones.
2. La selección de alternativas:
 - a) La realiza el Órgano Ambiental.
 - b) La realiza el Órgano Sustantivo.
 - c) La realiza el promotor.
 - d) La realiza el público.
3. Cuanto antes se incluya el elemento ambiental en la selección de alternativas:
 - a) Más caro saldrá el proyecto.
 - b) Menor es el detalle con el que se trabaja.
 - c) El procedimiento no funciona.
 - d) Mayor será el número de alegaciones.

4. La elección de la alternativa más adecuada:
 - a) Se realiza antes de comenzar el Estudio de Impacto Ambiental.
 - b) Se realiza antes del Inventario Ambiental.
 - c) Es uno de los objetivos de la Valoración de Impactos.
 - d) No tiene en cuenta las Medidas Minimizadoras que se propondrían para cada una de ellas.

5. Para establecer nuevas alternativas:
 - a) Se ha de contar con los técnicos de estudio.
 - b) Debe proponerlas la Administración competente.
 - c) Es importante la participación pública.
 - d) Las tres soluciones anteriores son correctas.

6. La focalización:
 - a) Es orientar el proyecto al máximo beneficio.
 - b) Es poner en cada documento sólo la información relevante.
 - c) Consiste en desarrollar al máximo todos los apartados.
 - d) Sólo se aplica en el Inventario Ambiental.

7. En la fase de consultas previas:
 - a) Se consultará a las administraciones, pero sin que se enteren los ecologistas.
 - b) Se consultará a los ecologistas, pero no a las sociedades de cazadores.
 - c) Sólo se consultará a gente experta.
 - d) Se consultará a todas las instituciones que puedan estar interesadas.

8. La participación de la población en la Evaluación de Impacto Ambiental:
 - a) Es un derecho.
 - b) Produce demoras innecesarias.
 - c) Sólo es posible con la gente que es experta en el tema.
 - d) Es sólo de tipo informativo, pero no se suele tener en cuenta.

9. La Memoria-Resumen:
 - a) Es un resumen del proyecto, por lo que no se tiene que decir el sitio ni las partes comprometidas del mismo.
 - b) Tiene que tener una descripción detallada del proyecto, con todas las acciones susceptibles de tener impactos y el lugar concreto donde se instalará.
 - c) Debe tener toda la información del proyecto, incluso la de carácter reservado.
 - d) Es responsabilidad del promotor.

10. Un método de ponderación de factores es:
 - a) El Método Delphi.
 - b) El Método Galletta.

- c) La Matriz de Leopold.
- d) El Método de Mc Harg.

11. Las listas de revisión sirven para:

- a) Identificar impactos.
- b) Ponderar factores.
- c) Valorar impactos primarios.
- d) Realizar mapas de impactos.

12. La Declaración de Impacto Ambiental:

- a) Debe de ser neutral y objetiva.
- b) Debe ser positiva o negativa.
- c) Puede ser positiva, negativa o neutra, según los impactos del proyecto.
- d) Siempre es positiva, porque si es negativa no se produce.

3.5.2. Ejercicios

1. Busque en la legislación las partes que componen el Estudio de Impacto Ambiental. Escríbalas y cite el artículo en el que aparece.
2. Lea con detenimiento una declaración de impacto ambiental del CD o buscada en Internet y escriba un comentario sobre lo que se ha tenido en cuenta para decidir si es positiva o negativa.

3.5.3. Prácticas con computador: capacidad de un territorio para acoger una actividad

Para valorar la *capacidad* del medio para acoger una actividad es preciso conocer la *aptitud* que tiene para acogerla y el *impacto* que ésta puede producir. A más aptitud, mayor capacidad, pero con un impacto mayor la capacidad disminuye.

El método propuesto se basa en los métodos cartográficos de Mc Harg, donde el territorio en estudio se divide en celdas de unas dimensiones determinadas de las que se conocen sus coordenadas cartográficas, y de las que se obtienen los valores de las variables requeridas para el estudio, que posteriormente se pueden representar en un mapa o en transparencias.

Los estudios de *ordenación del territorio*, usando métodos similares al propuesto, permiten conocer la *capacidad de acogida* para cada una de las posibles actividades.

La capacidad se puede valorar teniendo en cuenta distintas variables. En el caso práctico propuesto se ha pensado en una actividad muy concreta, un campo de golf. Está claro que no se puede situar en una zona muy agreste, con relieves muy pronunciados, es deseable que se pueda acceder con una cierta facilidad y se va a precisar agua para mantener el césped. De forma organizada se va confeccionando una lista de los requerimientos de la actividad estudiada y asignando unos valores a dichas necesidades con lo que se puede determinar la capacidad de cada una de las celdas.

La capacidad se obtiene calculando la aptitud del territorio y el impacto de la actividad. Para cada una de las celdas se obtienen las variables requeridas para el estudio de la aptitud: dificultades para la construcción, disponibilidad de agua, condiciones bioedáficas y atractivo social.

De igual forma se valora el impacto. Está claro que una zona de alto valor ecológico no debe ser destruida para construir un campo de golf, es preciso considerar distintos riesgos y analizar el impacto sobre las aguas, el suelo... Las consideradas en la práctica propuesta para valorar el impacto son: impacto sobre el agua superficial, impacto sobre el agua subterránea, impacto sobre la vegetación e impacto sobre el suelo.

Con ellas se deducen la aptitud del territorio y el impacto de la actividad sobre él. Mediante una tabla de doble entrada, aptitud e impacto, se valora la capacidad, y se calcula la capacidad de cada celda.

En el CD, en «Prácticas», seleccione la práctica «Capacidad de un territorio para acoger una actividad». Con ella se entra en un documento de *Word* que explica la práctica paso a paso y enlaza con una hoja de cálculo, con dos hojas: «ALUMNOS» para iniciar la práctica desde el principio e «INTERMEDIA» en que algunas fórmulas están implementadas pero es preciso completar. Mediante el enlace «SOLUCIONES» se accede a un nuevo documento con todos los cálculos totalmente realizados, lo que permite comprobarlos.

CAPÍTULO 4

Descripción de las alternativas del proyecto y sus acciones

En el Estudio de Impacto Ambiental es necesario plasmar las características de las actividades que se proponen, para poder estudiar cómo afectarían éstas al medio. Esta descripción del proyecto es el primer apartado que hay que escribir en el documento de Estudio de Impacto Ambiental, según el orden marcado en la Normativa, pero eso no significa que haya que seguir ese orden de forma estricta al hacer el estudio, aunque sea orientativo, pues al mismo tiempo que se realiza éste también se comienza con el Inventario Ambiental (véase Capítulo 5). Ambos son la base para poder desarrollar la identificación y evaluación de impactos posterior (véase Capítulos 7 y 8).

El nombre que recibe en la legislación este apartado es: «Descripción del Proyecto», pero este título induce a error, ya que en realidad no debería haber una única opción de proyecto, sino que deben existir varias: las alternativas técnicamente viables (véase Apartado 3.2.2). Por lo tanto, esta parte del Estudio de Impacto Ambiental se debería titular «Descripción de las Alternativas del Proyecto».

Cada una de estas alternativas ha de ser tratada de forma completa a lo largo de todo el estudio para, al final del mismo, seleccionar la más adecuada. Por eso es necesario realizar una descripción detallada de cada una de ellas, de las que se extraerá una lista de las *acciones* susceptibles de producir impactos. Estas acciones se ordenarán de forma jerárquica en un *árbol de acciones*. De entre todas las acciones del proyecto se van a seleccionar únicamente aquéllas que puedan causar efectos ambientales, tanto de signo negativo como positivo, ya que se utilizarán para enfrentarlas a los factores ambientales, extraídos del Inventario Ambiental, y así identificar y valorar los posibles impactos.

Según la legislación se ha de justificar en este apartado la alternativa adoptada, es decir, que a pesar de que la selección de la mejor de ellas se realiza al finalizar el estudio, se ha de plasmar esta información en las primeras páginas del documento de Estudio de Impacto Ambiental. Con lo que se entiende que este apartado va a comenzar al iniciarse el estudio pero no finaliza su redacción hasta que concluye éste y se pueda justificar la solución propuesta.

4.1. DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO

En este apartado, cuando se habla de «el proyecto» se incluyen todas las alternativas y todas deben ser tratadas con la misma intensidad.

La descripción del proyecto no consiste en repetir el Proyecto Técnico que el promotor presenta a la Administración, sino en describir los elementos y procesos del mismo en términos medioambientales, es decir, que en este punto del Estudio de Impacto Ambiental se deben exponer todas las acciones de éste que pueden llegar a ser causantes de un futuro impacto en el medio.

Hay que describir sólo los datos necesarios, para evitar recargar con información banal el documento, ya extenso de por sí. Para ello se ha de evitar en lo posible hacer descripciones detalladas de aspectos del proyecto que no vayan a tener relevancia posteriormente en la determinación de impactos, y viceversa, no se debe omitir información técnica de importancia ambientalmente hablando.

Esta última situación se da en ocasiones con los posibles impactos paisajísticos que tienen las instalaciones en el lugar donde se sitúan. Esto ocurre porque en el proyecto técnico sólo aparecen datos en relación al funcionamiento de la explotación por lo que pasan desapercibidos este tipo de impactos si no se tienen en cuenta el volumen, tamaño, color, etc. de las infraestructuras o por ejemplo, la cercanía a una vía transitada de una explotación minera a cielo abierto. Otro impacto encubierto es el que se generaría sobre el medio socio-económico al utilizar los viales preexistentes, que pueden quedar saturados por el aumento de tráfico que produciría la actividad. Este tipo de datos también van a tener una influencia en la modificación de la calidad ambiental de la zona.

En este apartado hay que abordar por separado la descripción de las acciones susceptibles de provocar impactos en las distintas *fases* por las que va a pasar el proyecto, ya que éstas afectan al medio de forma distinta:

- Fase de construcción.
- Fase de funcionamiento (también llamada de explotación u operación).
- Fase de abandono.

El contenido que tiene que tener la Descripción del Proyecto se expone en el artículo 8 del Reglamento de Evaluación de Impacto Ambiental (Real Decreto 1131/1988, de 30 de septiembre):

«La descripción del proyecto y sus acciones incluirá:

- Localización.
- Relación de todas las acciones inherentes a la actuación de que se trate, susceptibles de producir un impacto sobre el medio ambiente mediante un examen detallado tanto de la fase de su realización como de su funcionamiento.
- Descripción de los materiales a utilizar, suelo a ocupar, y otros recursos naturales cuya eliminación o afectación se considere necesaria para la ejecución del proyecto.
- Descripción, en su caso, de los tipos, cantidades y composición de los residuos, vertidos, emisiones o cualquier otro elemento derivado de la actuación, tanto sean de ti-

po temporal durante la realización de la obra, o permanentes cuando ya esté realizada y en operación, en especial, ruidos, vibraciones, olores, emisiones luminosas, emisiones de partículas, etc.

- *Un examen de las distintas alternativas técnicamente viables, y una justificación de la solución propuesta.*
- *Una descripción de las exigencias previsibles en el tiempo, en orden a la utilización del suelo y otros recursos naturales, para cada alternativa examinada.»*

Es importante destacar que la legislación obliga a desarrollar la descripción de las partes de proyecto más problemáticas desde el punto de vista de la sostenibilidad, que son:

- El impacto de ocupación.
- La gestión sostenible de los recursos.
- La contaminación.

Estos tres son los tipos de impactos clave de cualquier proceso productivo, pero para que la descripción del proyecto ofrezca la información adecuada a la hora de conocer las acciones susceptibles de causar trastornos en el medio ambiente hay que tratar más apartados. Si no se ampliara la información se caería con toda seguridad en el error de no contemplar como acciones relevantes, ambientalmente hablando, aquellas que lo son, y el Estudio de Impacto Ambiental, y por lo tanto la Declaración de Impacto Ambiental, no estarían acertadas en sus conclusiones.

Un tema muy importante es la forma de enfrentarse a las lagunas de información, la incertidumbre. Ésta va a estar presente durante gran parte del proceso del estudio de impacto ambiental, pero no es aquí donde más problemas va a plantear, ya que en este apartado se cuenta con la información presente en el documento técnico y con el promotor del proyecto, el cual puede resolver gran parte de las dudas que se generen. Pero, en el caso de que las dudas no se resuelvan es conveniente describir las acciones que las generen en vez de obviarlas, ya que posteriormente pueden resultar importantes a efectos de impacto ambiental.

Como ejemplo de guión para desarrollar el presente apartado se propone el siguiente:

- Introducción y antecedentes.
- Justificación del proyecto.
- Plan de explotación.
- Plan de trabajo en las distintas fases.

Introducción y antecedentes. Como en cualquier informe, lo primero es realizar una introducción, en la cual se expliquen los objetivos del proyecto en cuestión, la localización del mismo, los antecedentes que haya tenido esa obra o la concesión de la misma, la existencia de explotaciones similares por parte de ese promotor, la adecuación y cumplimiento de las leyes, la inclusión de la obra dentro de los planes, programas y políticas en vigor, etc.

La necesidad de especificar la localización de la obra, ya se hace constar en primer término en el artículo 8 antes expuesto, del Real Decreto 1131/1988, de 30 de septiembre. A este respecto se hace imprescindible la inclusión de cartografía de situación y de detalle a la escala que sea necesaria en función del tipo de proyecto, en la cual ha de situarse de forma

precisa el emplazamiento de la actividad. De la misma forma deben ser cartografiadas todas las infraestructuras secundarias que sean necesarias. Por ejemplo, hablando de un parque eólico, no sólo habría que situar las distintas turbinas del mismo, sino también la casa del operador o, en el caso de que exista, la subestación eléctrica. Además de ello habrá que describir las vías de comunicación preexistentes así como las de nueva creación, tendidos eléctricos, conducciones de agua, poblaciones cercanas en un radio de 20 km, etc.

Tratando los antecedentes, se debe indicar si ha habido modificaciones en el proyecto, si se intentó instalar primero en otra zona y fue denegado y por qué causas, si ha habido detractores del proyecto y qué alegaban, etc. También hay que explicar claramente cómo se adecua la obra a la legislación, los planes, políticas y programas existentes de medio ambiente y del sector del que se trate.

Es conveniente incluir un breve currículum de las actividades que desarrolla la entidad promotora de la obra, así como el de la entidad ejecutora, en el caso de que sean distintas.

Justificación del proyecto. Es importante que se de una justificación a la obra que se quiere realizar para no caer en un uso indiscriminado de los recursos. Hay que recordar que el proceso de Evaluación de Impacto Ambiental es un proceso optimizador de la gestión del espacio, por lo que no deben ser concedidos proyectos «caprichosos». Deben indicarse las ventajas que va a procurar la futura actividad en el caso de ser concedida. Estas ventajas no deben ser necesariamente económicas, también deben ser sociales y principalmente ambientales si las hay.

Por ejemplo, en una actividad extractiva que se quiere situar en un lugar donde ha habido anteriormente pequeñas excavaciones que han dejado la zona llena de galerías y socavones que constituyen en la actualidad un peligro, el que se eliminarían al aprobar la obra en cuestión, pudiéndose recuperar de forma homogénea la zona mediante el plan de restauración propuesto en el proyecto, y que de otra forma esos terrenos serían difícilmente rehabilitables.

Otro ejemplo es el caso de algunas repoblaciones forestales que se proyectan en zonas donde el suelo tiene riesgo de perderse por los procesos erosivos que se estén dando en la actualidad. En ese caso se mantendría el sustrato y además la nueva vegetación cumpliría importantes funciones ecológicas, de contención del suelo, como hábitat de fauna o la retención de nutrientes.

Plan de explotación. Este apartado es equivalente a la descripción del proceso productivo de la actuación que se trate, el cual irá desde el inicio de la construcción de la actividad hasta el momento de realizar las restauraciones necesarias, describiendo todas las acciones del proyecto susceptible de causar impactos ambientales. También se explican en este apartado los movimientos de tierras necesarios, el uso del agua, el consumo eléctrico y su forma de suministro y la necesidad de otros recursos naturales para la ejecución de la obra.

De la misma forma hay que especificar claramente los residuos, vertidos y emisiones generados por la actividad y los sistemas de recogida y gestión de los mismos, indicando cuál va a ser su destino.

Plan de trabajo en las distintas fases. Aquí se indica el programa de trabajo que se va a realizar, la maquinaria necesaria, las labores de mantenimiento y los recursos humanos que van a ser precisos. Todo ello hay que especificarlo para cada fase del proyecto.

La profundidad de estas descripciones debe ser proporcional a la de los contenidos y el esfuerzo del resto del estudio y debe estar en relación con el tipo de proyecto de que se trate.

4.2. ÁRBOL DE ACCIONES DEL PROYECTO

Una vez que se han descrito las distintas alternativas del proyecto en relación con su afeción al medio, ha de confeccionarse el árbol de las acciones que puedan causar impactos para cada una de las alternativas. Esta discriminación ya empezó a verse al hacer la focalización del proyecto (véase Apartado 3.3), donde se dan pautas para optimizar al máximo la realización del Estudio de Impacto Ambiental.

Las acciones de los proyectos son las actuaciones últimas que se van a realizar en una obra.

Dentro de estas acciones sólo interesan las que pueden causar un efecto ambiental, tanto negativo como positivo, es decir, sólo interesan las acciones que sean **relevantes** desde un punto de vista ambiental. Además de cumplir con esta característica, las acciones que se pongan en estos listados o árboles deben ser **simples** y **concretas** y **causar efectos directos** (los indirectos se deducirán posteriormente).

Asimismo, es importante que sean **independientes**, es decir, cada acción debe ser la causa de un efecto directo y no implicar a otras en su definición, como podrían ser el movimiento de tierras y las excavaciones, pues en este caso se duplicarían los resultados de obtención de impactos, y al darles un valor, parte del asignado al primero correspondería al segundo. La falta de independencia en las acciones de la lista produce un aumento artificial en su magnitud.

En ocasiones dos acciones pueden causar el mismo tipo de efecto ambiental. En estos casos hay que destacar ambas, ya que no implican la una a la otra y la combinación del efecto de ambas acciones puede dar lugar a un efecto acumulado o sinérgico mayor que el de una de ellas. Por ejemplo, esto puede ocurrir al sumar las emisiones de una cementera y el tráfico rodado que se produce durante la fase de funcionamiento de ésta.

Las acciones, además, deben ser **fácilmente determinables**, lo que implica que se las pueda localizar en un plano y físicamente en una zona, donde causarán su efecto, así como en el momento temporal en que se desarrollan. También han de ser describibles sin problemas y que su comprobación sea sencilla.

Por último, las acciones que se elijan deben poder ser **medidas**, mediante indicadores si es preciso y en las unidades que corresponda, para conocer de forma cuantitativa el efecto ambiental que van a causar.

Los árboles de acciones son representaciones sintéticas de la obra propuesta, y se les denomina «árboles» por dividirse y subdividirse en distintos niveles de actuación. Esas divisiones se componen siempre, dentro de cada nivel concreto, de actividades independientes entre sí.

Los distintos niveles que aparecen en los árboles de acciones son:

- En primer lugar las **fases** del proyecto que corresponden a las diferentes etapas temporales.

- En segundo lugar están las **labores** que se realizan dentro de cada fase y que describen apartados de la actuación, como la labor de construcción de un edificio (auxiliar o principal), actividad muy común en muchos proyectos.
- Por último aparecen las **acciones** del proyecto propuesto susceptibles de causar impactos en el medio.

Dentro de las fases se consideran:

- Fase de construcción o instalación.
- Fase de funcionamiento o explotación.
- Fase de abandono o desmantelamiento.

Las labores están en función del tipo de obra de que se trate, pero existen algunas genéricas que tratan temas como:

- El uso de los recursos naturales, destacando su sobreexplotación y su subexplotación, ya que en ambos casos se pueden producir efectos notables sobre el entorno. En el primer caso se conocen los efectos, el agotamiento de los recursos, pero los resultados de la situación, de darse el segundo, son más desconocidos. Por ejemplo, al dejar de mantener un uso del suelo se puede modificar el paisaje y por lo tanto la estructura, y probablemente la función, del ecosistema.
- La emisión, vertido o generación de residuos contaminantes.
- El almacenamiento, recogida, gestión y tratamiento de los anteriores.
- La modificación del territorio, respecto a:
 - La alteración del terreno donde se realice la obra, incluido el paisaje.
 - Los cambios en el medio socio-económico-cultural, destacando el uso de la red viaria, la transformación de infraestructuras preexistentes y las expropiaciones si se tienen que hacer por ser un proyecto de la Administración y de interés público.

Las acciones dependerán igualmente del proyecto concreto que se plantee. En el caso de la construcción de una edificación, algunas de las acciones que se podrían destacar serían: excavación, explanación (que se suelen unir en la acción de movimiento de tierras), cimentación, etc.

Para realizar el árbol de acciones, la herramienta más útil es el propio árbol o diagrama de procesos del proyecto, es decir, la planificación del trabajo que ha de hacerse para llevarlo a cabo.

De aquí se obtendrán gran parte de las acciones susceptibles de causar impactos, pero para saber cómo de relevantes son, en ocasiones, hay que acudir a las consultas a expertos del tipo de actuación que corresponda y en el ámbito del medio ambiente. Estas consultas se pueden realizar mediante entrevistas, cuestionarios o métodos más complejos como el Método Delphi (véase Apartado 6.3).

Unas metodologías muy utilizadas para elaborar este apartado son las listas o matrices publicadas sobre proyectos parecidos o genéricas para muchos distintos. También se utilizan diagramas de redes para relacionar las acciones del proyecto con los factores ambientales del medio, y buscar causas de posibles efectos generados sobre éstos. Pero éstas sólo van a servir para realizar una primera aproximación al árbol de acciones final, ya que hay que ajust-

tarse a la actividad y a la zona donde se implantaría ésta, y para lograr este fin hay que complementarlas con las ya nombradas consultas a expertos y el diagrama de procesos.

Nota: Estas metodologías se van a desarrollar en profundidad en el Capítulo 7: «Identificación de impactos ambientales.»

Ejemplo. Un ejemplo de un árbol de acciones para una cantera aparece en la Tabla 4.1.

Tabla 4.1. Ejemplo de árbol de acciones de una actividad extractiva

Fase	Labor	Acción
CONSTRUCCIÓN	Construcción de edificios	Excavaciones Cimentación Construcción de la edificación
	Construcción de las redes de infraestructura (agua, electricidad)	Excavación de zanjas Colocación de tubos y protecciones
	Resto de acciones	Ocupación del suelo por las instalaciones Ocupación del suelo de la zona de extracción Tránsito de maquinaria de obras
EXPLOTACIÓN-RESTAURACIÓN	Extracción	Perforación y voladuras Emisión de ruido Emisión de polvo Arranque y carga de materiales Transporte de materiales (interno) Acopio-almacenamiento de materiales
	Trituración	Machaqueo-selección de materiales Emisión de ruido Emisión de polvo Transporte de materiales seleccionados Almacenamiento de materiales seleccionados Transporte de materiales (externo)
	Mantenimiento de las instalaciones	Limpieza de las instalaciones Mantenimiento de la maquinaria
	Labores de restauración	Relleno de huecos y adecuación morfológica Control de la erosión Aporte de tierra vegetal y revegetación
	Resto de acciones	Tráfico de vehículos exterior Generación de residuos sólidos Generación de aguas residuales
ABANDONO	Desmantelamiento de instalaciones	Desmantelamiento de instalaciones Restauración de terrenos
	Uso del suelo	Cultivo agrícola Áreas revegetadas


4.3. PRÁCTICAS

4.3.1. Autoevaluación

1. De las alternativas técnicamente viables del proyecto:
 - a) Se analiza sólo una llamada Proyecto, y las demás con justificar por qué no son adecuadas es suficiente.
 - b) Todas deben tratarse de igual forma y analizarse con la misma intensidad.
 - c) No hay que dar importancia a ninguna, pues son propuestas inviables que hace el promotor para cumplir con la ley y que se elija su propuesta, que es la única viable.
 - d) A la llamada «alternativa principal» es de la que hay que obtener las acciones susceptibles de causar impactos, a las demás no.
2. La descripción del proyecto debe incluir:
 - a) Un examen de las distintas alternativas técnicamente viables y una justificación de la solución propuesta.
 - b) Todos los detalles técnicos y económicos del proyecto.
 - c) Sólo las partes del proyecto no conflictivas ambientalmente hablando.
 - d) Los detalles del proyecto referentes a patentes y a la propiedad intelectual.
3. En la «descripción del proyecto» hay que describir:
 - a) Sólo la alternativa propuesta por el promotor del proyecto.
 - b) Todas las alternativas, relacionando todas las acciones de las mismas susceptibles de producir un impacto ambiental.
 - c) Los materiales que se utilicen y los residuos que se generen durante las distintas fases de realización de la obra.
 - d) La b) y la c) son correctas.
4. En el árbol de acciones del proyecto hay que enumerar:
 - a) Todas las acciones del proyecto.
 - b) Las acciones que son dependientes unas de otras.
 - c) Las acciones susceptibles de afectar al medio y que están agrupadas en labores.
 - d) La a) y la c) son correctas.

4.3.2. Ejercicios

1. Elige un tipo de proyecto (por ejemplo, una carretera, una granja de cerdos, una cantera...) y establece alternativas de localización sobre un mapa.
2. De la obra elegida en el Ejercicio 1, desarrolla el árbol de acciones de una alternativa, teniendo en cuenta las distintas fases del proyecto, construcción, explotación y en su caso abandono, y las labores que habría que realizar en cada fase.

- 
3. En cada una de las acciones del Ejercicio 2, busca los efectos que puede producir sobre el medio ambiente y realiza el árbol de acciones sólo con las que cumplan las características de relevantes, medibles, independientes y fácilmente determinables.

CAPÍTULO 5

El inventario ambiental

Según el Reglamento de Evaluación de Impacto Ambiental (Real Decreto 1131/1988, de 30 de septiembre), el Inventario Ambiental debe incluir:

«Estudio del estado del lugar y de sus condiciones ambientales antes de la realización de la obra, así como de los tipos existentes de ocupación del suelo y aprovechamientos de otros recursos naturales, teniendo en cuenta las actividades preexistentes.

Identificación, censo, inventario, cuantificación y, en su caso, cartografía, de todos los aspectos ambientales que puedan ser afectados por las actuaciones proyectadas.

Descripción de las interacciones ecológicas clave y su justificación.

Delimitación y descripción cartográfica del territorio o cuenca espacial afectada por el proyecto, para cada uno de los aspectos ambientales definidos.

Estudio comparativo de la situación ambiental actual y futura, con y sin la actuación derivada del proyecto objeto de evaluación, para cada alternativa examinada.»

En el artículo 6 del mismo Reglamento se especifica lo que se entiende por elementos ambientales, que son:

«(...) fauna, flora, vegetación, gea, suelo, agua, aire, clima, paisaje, estructura y función de los ecosistemas presentes en el área previsiblemente afectada, patrimonio histórico-artístico, relaciones sociales y condiciones de sosiego público.»

La legislación marca, como se ve, los apartados con los que hay que trabajar, pero no puntualiza el enfoque que hay que darle. El Inventario Ambiental es una herramienta para poder identificar y valorar los posibles impactos que vaya a provocar la actividad que se está evaluando. Para que ese objetivo quede cubierto adecuadamente han de conocerse las características del medio y su calidad ambiental antes de que se realice la obra, para valorar cómo variaría ésta si se llevara a cabo la actuación proyectada.

Por lo tanto, es necesario realizar una descripción del estado actual, una interpretación de dicho estado a la luz de las causas históricas que lo han propiciado y una predicción de su evolución «sin» proyecto, para tener una referencia con respecto a la cual se puedan estimar los efectos de éste.

Hay que tener en cuenta que el medio biofísico no es estático y sufre cambios, debido a la existencia de procesos que subyacen en él. Estos procesos, pueden ir más o menos rápido pero siempre generarán modificaciones en la forma y el fondo, estructura y función, de los distintos ecosistemas presentes en la zona de trabajo. Es importante conocerlos, ya que según cómo evolucionen éstos, el medio y su calidad cambiarán aun sin haber implantado una actividad humana. Por ejemplo, si con la actuación proyectada se produce erosión y pérdida del suelo, pero debido a los procesos erosivos que se dan en el lugar, también ocurre lo mismo de forma natural y éste ya está en un estado de degradación importante, sin existir medidas minimizadoras posibles para paliar esa pérdida, en el Inventario Ambiental habrá que describir todo el proceso y los agentes implicados, de forma que se justifiquen estos efectos.

Así, en el Inventario Ambiental ha de describirse:

- el estado actual del ambiente,
- y de los procesos que actúan sobre el medio en ausencia del proyecto.

Estas descripciones van a variar en función del tipo de actividad que se quiera realizar.

Para que sea una representación lo más veraz y objetiva posible del medio biofísico debe ser elaborado por un *equipo multidisciplinar*, compuesto por profesionales especializados en distintas disciplinas: geólogos, ingenieros, sociólogos y economistas, biólogos, etc., para que se obtenga una visión integrada del medio y su funcionamiento, sin sesgos.

Por otro lado, en este apartado del Estudio de Impacto Ambiental, se busca conocer la calidad del medio, que debe ir enfocada al conocimiento de los valores que tiene para su conservación, tanto respecto de su estructura como de su función. Por tanto no son descripciones neutras, sino que buscan los valores más importantes de la zona para que la gestión del territorio jerarquice sobre cuáles son las zonas que se pueden modificar y las que no.

Esa decisión se lleva a cabo tras realizar una valoración conjunta del territorio en la que se integran todos los elementos ambientales que se han tratado, con sus jerarquías particulares de calidad, y dar un valor global de la zona, aunque sea de forma cualitativa.

Pero lo anterior no sería útil si no se ha hecho previamente una focalización para saber qué elementos y qué factores de los mismos van a estar afectados por las acciones del proyecto.

De nada sirve trabajar con los mejores especialistas en cada tema y recopilar gran cantidad de información, bien contrastada y veraz, si no se hace en función de cómo va a afectar el proyecto al medio biofísico. El resto de información que se exponga será superflua y ocupará espacio innecesario en el Inventario Ambiental, ya que lo que se precisa es, principalmente, proporcionar los datos del medio que permitan evaluar los posibles impactos que pueda

causar el proyecto. Es decir, hay que diferenciar entre los *factores relevantes* y los que no lo son para la evaluación del proyecto concreto con el que se está trabajando.

Un elemento o factor ambiental se considera como **relevante** para un estudio de impacto ambiental cuando cumple dos características:

1. Puede ser afectado por el proyecto
2. Se considera valioso por criterios culturales, históricos, científicos, etc.

Solamente cuando se cumplen estos dos requisitos a la vez tiene sentido describir profusamente un elemento, ya que será útil esa información a la hora de identificar y valorar los impactos previsibles de la actividad. Sin embargo, si no cumple alguno de los dos, el elemento al que se haga referencia no es relevante a efectos de evaluación de impacto ambiental, y su tratamiento en el Inventario Ambiental, como mucho se debe reducir a constatar este hecho.

Cuando se detectan elementos o factores relevantes, éstos deben ser objeto de un tratamiento en profundidad. Su descripción debe basarse en las razones que lo hacen significativo, el valor intrínseco que tiene y en cómo será afectado por el proyecto. Esta información debe ser completada con la explicación de por qué tiene ese valor.

El valor de un elemento ambiental puede deberse a su funcionamiento en el ecosistema, si resulta beneficioso, directa o indirectamente para la sociedad, o si está catalogado como un elemento singular o raro. Además es aconsejable definir los motivos que hacen que sea vulnerable a las acciones del proyecto.

Esta información debe guiar toda la realización del Inventario Ambiental y se evitará, por tanto, dar información no relevante a efectos de detección de los posibles impactos que genere el proyecto.

Los resultados que hay que obtener de este apartado del Estudio de Impacto Ambiental son varios:

- De cada elemento ambiental se deben obtener una serie de **unidades ambientales internamente homogéneas** (a veces sólo hay una *unidad ambiental* en todo el territorio, como suele suceder con el clima). Para cada una de ellas todos sus puntos responden igual ante las acciones del proyecto.
- Es conveniente expresar esas unidades ambientales en la cartografía, realizando al menos un **mapa para cada elemento ambiental**. Cuando los resultados no se pueden expresar en mapas, se han de confeccionar **tablas** en las que se puedan ver los resultados, fácil y rápidamente.
- Esas unidades ambientales, tablas y mapas son el producto de una parte clave del Inventario Ambiental, las **valoraciones de la calidad ambiental** de cada elemento y de todo el medio en su conjunto, con vistas a su conservación.
- Por último se ha de confeccionar un **árbol de los factores susceptibles de ser afectados por el proyecto**.

5.1. ETAPAS DEL INVENTARIO AMBIENTAL

Para realizar correctamente un inventario ambiental dentro de un estudio de impacto ambiental es conveniente seguir una serie de pasos para llegar a cumplir los objetivos finales.

Algunas de las etapas que aparecen aquí reflejadas serían parte de la focalización, la que se hace al iniciar el proceso de evaluación de impacto ambiental, pero ya que no es un apartado formalmente definido en la legislación española y es posible que no se realice, es conveniente optimizar el tiempo y otros recursos en este apartado, ya que aquí se va a trabajar con gran cantidad de información y es muy adecuado la organización y el orden.

Las fases en las que se realiza un Inventario Ambiental, y que se analizan en los siguientes apartados, son:

- Definición de los objetivos.
- Documentación.
- Salidas a la zona de estudio.
- Almacenamiento de la información.
- Valoración de los elementos o factores ambientales relevantes.
- Resultados.

5.1.1. Definición de los objetivos

El objetivo principal de cualquier Inventario Ambiental es la descripción del medio donde se va a desarrollar una determinada actividad, de forma que sirva de base para valorar los efectos e impactos ambientales que esta actividad puede producir. Es importante destacar que el objetivo no es determinar las limitaciones que presenta el medio para realizar el proyecto, sino todo lo contrario, los efectos que éste producirá en el medio.

Para esto es necesario fijar el área de estudio, los elementos y factores ambientales relevantes que se deben estudiar en profundidad, las limitaciones técnicas y temporales que existen, la metodología a utilizar y la forma en que se van a presentar los resultados. Lo primero que hay que hacer es establecer la metodología con la que se va a desarrollar el inventario y las premisas de actuación, ya que según cómo se realice este apartado dependerá el desarrollo de los siguientes.

En primer lugar hay que delimitar cuál es el área de estudio. Este tema es más complicado de lo que parece a primera vista, ya que variará con cada elemento ambiental debido a que los efectos sobre algunos de ellos no se limitan a la zona en la que está prevista realizar la obra.

El área de estudio para la Geología, la Geomorfología, la Edafología e incluso la vegetación, normalmente puede reducirse a la zona afectada directamente por el proyecto (aunque valorándolas en relación con lo que tienen alrededor), ya que son fijas y se verán afectadas sólo sobre el lugar donde se encuentran, no mucho más lejos. Sin embargo, otros elementos, como el clima, la hidrología, la fauna, el medio perceptual (paisaje) y el medio socio-económico, no se pueden restringir al espacio concreto del proyecto, ya que éste puede causar efectos en zonas más lejanas, así que hay que definir muy bien cuáles serían los límites para cada elemento y proyecto concreto. No hay normas fijas para determinar estas áreas de estudio, ya que van a depender, no sólo del proyecto con el que se esté trabajando, si no también de las características del medio en el que se quiere ubicar.

El clima varía según sea la morfología de la zona que circunda el lugar de localización de la actuación y de si se generan contaminantes (orgánicos, químicos, físicos, acústicos o

luminosos). En el caso de la hidrología, el área de estudio se mide en función de los tipos de masas y puntos de agua que aparezcan en la zona y el uso que se les pretende dar, incluidos los vertidos.

La fauna de la zona necesita de un área de estudio generalmente muy extensa, sobre todo si se sospecha la existencia de grandes vertebrados con amplios territorios. Para el paisaje, se delimita su zona de estudio en función de los lugares desde donde se estime que se verá la actuación propuesta.

El medio socio-económico puede abarcar sólo a los distintos núcleos de población cercanos a la nueva obra, o ser mucho más extenso, debido a que afecte a poblaciones alejadas de la zona.

Como se ve, no es sencillo definir el área de estudio. Además, esos límites no pueden muchas veces fijarse definitivamente al principio del inventario, debido a que puede que cambien a lo largo del estudio por haber encontrado datos nuevos, por lo que es mejor elegir áreas de estudio amplias, de forma que si hay que modificarlas sea para reducirlas y no para ampliarlas, lo que conllevaría una reorganización económica y temporal de los muestreos.

Además del área inventariada, hay que determinar también cuáles son los elementos y factores ambientales significativos con los que se ha de trabajar y a cuáles no hay que darles demasiada importancia. Esto se analizará con la ayuda del árbol de acciones del proyecto junto con el uso del criterio de relevancia: la posibilidad de que se vean afectados y que tengan un valor. En muchos casos se utilizan índices que ayudan a cuantificar los factores y su funcionamiento.

Una forma de simplificar el trabajo es utilizando listas de elementos y factores ambientales, que se pueden encontrar en la Bibliografía. Estos elementos y factores deben tenerse en cuenta en cualquier estudio, realizando una discriminación en la que se eliminan los que no pueden verse afectados por el proyecto o no existen en el área de estudio. Se obtendrían de forma preliminar los factores más relevantes, pero sólo después de hacer el inventario es cuando se puede obtener el árbol de factores final.

Otra cuestión importante es conocer las limitaciones técnicas, económicas y temporales que existen, para poder ajustar el nivel de detalle del estudio a ellas. Ese nivel de detalle crecerá con el aumento de la dotación económica, así como con el tiempo de trabajo y éstos dependen de la importancia y la magnitud del proyecto.

Se analiza qué información es necesaria obtener, documental y en el lugar de estudio, y en relación a éste cómo se recogerá, si mediante consultas cartográficas o muestreos. Respecto a la forma de tratar la información obtenida, en la documentación inicial y en los trabajos de campo, la metodología que se utilice dependerá de nuevo de las limitaciones temporales y económicas fijadas. No será la misma en el caso de que el trabajo abarque gran cantidad de datos y de espacio físico, donde será conveniente usar los sistemas de información geográfica, a que se recojan unos pocos datos en un área de estudio reducida, manejables sin necesidad de sofisticadas tecnologías.

Es preciso determinar, igualmente, los criterios de valoración que se van a utilizar para cada elemento ambiental.

Y por último, se ha de fijar la manera en que se presentarán los resultados, es decir, si va a ser mediante cartografía temática de cada unidad ambiental, en cuadros, en mapas de jerarquías de conservación parciales y/o globales, etc.

5.1.2. Documentación

La búsqueda de información bibliográfica y cartográfica es un apartado que consume gran parte de los recursos del inventario, ya que los datos suelen estar muy dispersos. En ocasiones, como las fotos aéreas, no se obtienen en el momento, teniendo que encargarse y por tanto esperar a que estén listas. Por ello, es importante haberse organizado previamente para saber cuál es la información que se necesita. Ésta va a ser:

- Documentación bibliográfica.
- Cartografía, de la zona de estudio y de los elementos del medio que se van a considerar, cuando existan, y tanto de situación como a escala de proyecto, es decir, a escalas 1:50 000 o 1:25 000 y 1:10 000 o 1:5 000, respectivamente.

La información que hay que obtener tiene que ser fiable y de calidad, y para ello hay que buscarla en los lugares adecuados:

- Departamentos de documentación y publicaciones de los organismos oficiales.
- Departamentos universitarios.
- Tesis doctorales.
- Revistas científicas.

Además de estas fuentes de información, también se puede consultar a expertos en las distintas materias para completar el conocimiento sobre los elementos de los que exista poca documentación adecuada.

Igualmente se considera una fuente de información a:

- El Proyecto Técnico, del que se habrán obtenido, en la fase de descripción del proyecto, las acciones de la obra que afecten previsiblemente de una forma significativa a cualquiera de los elementos del medio que se hayan determinado como con valor de calidad alto.
- Las contestaciones obtenidas por el Órgano Ambiental en las consultas previas a la realización del Estudio de Impacto Ambiental, hechas por los organismos, asociaciones, instituciones, Administración y grupos sociales afectados por la actuación.
- El Promotor del proyecto, que puede aclarar dudas referentes a la ejecución, emplazamiento y funcionamiento del mismo.

Otra información muy deseable es la consulta de estudios similares, sobre todo si en ellos se incluye el seguimiento de los efectos ambientales mediante el Plan de Vigilancia Ambiental, y de la eficacia o adecuación de las *medidas minimizadoras de impactos* realizadas en el mismo, para poder extraer las conclusiones y aplicarlas al proyecto actual.

Es necesario utilizar la legislación vigente sobre:

- Protección de espacios y especies, muy importantes para conocer el valor de éstos.
- Específica de la actividad que se quiere realizar.
- Gestión de residuos y otras de acciones indirectas del proyecto.
- Planes, políticas y programas aprobados que afecten a la zona.

Para obtener toda esta documentación es fundamental una organización adecuada, para evitar que se duplique información por parte de los distintos técnicos que traten los diferentes elementos ambientales, como por ejemplo, puede ser la frecuencia de uso de los viales próximos al lugar del proyecto, información útil para el estudio del paisaje y del medio socio-económico.

Durante esta etapa del Inventario Ambiental suele encontrarse información importante que no se conocía de antemano, y por tanto no se había podido tener en cuenta hasta ese momento. En estos casos puede ser necesario enfocar a partir de ese momento el estudio también hacia ella.

En realidad esta etapa no termina cuando empieza la fase de salidas al campo, ya que se va a seguir buscando información al poder encontrar características del medio que no estaban reflejadas en la documentación obtenida hasta ese momento.

5.1.3. Salidas a la zona de estudio

Tras haber hecho una aproximación documental del área de estudio queda la comprobación y complementación de esos datos *in situ*. Estas salidas son necesarias para los inventarios de todos los elementos ambientales, por lo menos una vez, para comprobar que los datos obtenidos en la fase de documentación concuerdan con la realidad y que la cartografía topográfica y las fotografías aéreas son lo suficientemente actuales para representar adecuadamente las características de la zona.

Una vez completada la fase de documentación y la de trabajos de campo, han de obtenerse las unidades ambientales internamente homogéneas de cada uno de los elementos ambientales. La determinación de éstas es uno de los resultados que hay que obtener del inventario ambiental, pero su elaboración empieza cuando se marcan los objetivos y se tiene documentación gráfica, aunque necesitan ser reconocidas también en el campo.

En el caso de la vegetación es clara la necesidad de conocer de primera mano el emplazamiento de la actividad, ya que aunque se distinguieran en las fotografías las distintas unidades de vegetación más o menos bien, el trabajo no termina ahí, teniendo que realizar muestreos de la flora del lugar concreto. Pero en otros inventarios, como los de clima, medio socio-económico o geomorfología, que aparentemente se pueden hacer documentalmente, cuando el nivel de detalle es bajo, también hay que acercarse y ver si, por ejemplo, por pérdida de la cubierta vegetal en las pendientes se está produciendo una erosión importante, si la disposición de las cuerdas montañosas crea un mesoclima especial, o si en la zona existen restos arqueológicos que no se conocían hasta ese momento.

Una vez que se ha fijado el nivel de detalle en el que se va a trabajar y se ha decidido qué cantidad y calidad de información se debe recoger para describir la *situación preoperacional*, en la zona de estudio han de realizarse una serie de muestreos, para hidrología, vegetación, fauna, suelo y geología, así como encuestas a la población, que conllevan, en ambos casos, organización, tiempo y esfuerzo, que es necesario tener presupuestado. Sin estos muestreos, muchas veces los inventarios no tendrían valor, ya que estarían incompletos.

Por otro lado, algunos de estos muestreos, como los de la vegetación o la fauna, no se suelen poder realizar en las condiciones idóneas, ya que ambos elementos tienen ciclos anuales y en los estudios de impacto ambiental los inventarios suelen tener un mes o dos para llevarse a cabo.

Las encuestas se hacen para conocer las características de la población de los municipios afectados y otros grupos sociales y deben prepararse de antemano en el gabinete para que estén focalizadas y traten los temas más relevantes en relación al estudio concreto.

Se insiste en que hay que recoger sólo la información que aporte algo relevante, definitivo, para el estudio que se está realizando, y para ello hay que tener perfectamente clara la jerarquización de los objetivos y los temas a desarrollar.

En ocasiones se presentan dudas durante esta fase que son difíciles de resolver con los datos existentes, la solución suele ser la consulta a expertos, utilizando, desde la simple entrevista a el Método Delphi (véase Apartado 6.3).

La correcta realización del Inventario Ambiental tiene una gran importancia para todo el Estudio de Impacto Ambiental, ya que esta información va a ser la base, junto con la descripción del proyecto, para el resto de apartados del mismo.

Por otro lado, tras llevar a cabo todos los apartados de documentación y muestreos, ha de empezar a redactarse esa información, que debe estar expresada de una forma sencilla y de fácil comprensión, dado que este tipo de estudios son documentos públicos. Además del texto, es conveniente realizar:

- La cartografía corregida de cada uno de los elementos ambientales del medio biofísico analizados.
- Listados y fichas de los aspectos más relevantes de la zona de estudio. Estos últimos, según el caso, pueden estar georreferenciados para un posterior análisis.

Toda esta información debe ser expuesta, de forma clara, dando lugar a:

- Unos mapas de fácil comprensión, que no estén a una escala ni demasiado detallada (no hay que dividir el medio en unidades ambientales muy pequeñas, que compliquen el análisis), ni con demasiado poco detalle (tampoco hay que considerar como homogéneas zonas que no lo son);
- y que, tanto estos mapas como el resto de la información, sea de fácil comprobación, mediante técnicas comunes de gabinete o, en su caso, de campo.

De cualquier forma, estos resultados tienen que estar abiertos a la posibilidad de ser modificados, ya que puede ser necesario ponerlos al día o aumentar o disminuir los niveles de detalle por algún cambio en los planteamientos del estudio.

En el caso de tener que eliminar información, hay que procurar que lo que se suprima:

- No modifique el contexto general.
- No haga perder contenidos importantes para el fin del estudio.

5.1.4. Almacenamiento de la información

Una vez que se ha obtenido toda la información necesaria para realizar el inventario ambiental del medio biofísico debe quedar adecuadamente almacenada, tanto en papel como en

los medios informáticos disponibles: bases de datos y ficheros, para que pueda ser consultada posteriormente, en las fases más avanzadas del estudio o en estudios similares, de forma sencilla, o bien, para que pueda ser actualizada si se necesita. Aparte de la información específica de la metodología seguida en el estudio y los datos obtenidos, es importante tener bien organizados y localizados los siguientes datos:

- Citas bibliográficas.
- Nombres, direcciones, teléfonos y faxes de personas o entidades relacionadas con el medio y los expertos consultados.

Cuando hay poco volumen de datos, la información se acumulará de forma sintética en tablas, gráficos, mapas, etc., pero cuando ocurre el caso inverso es bueno contar con la ayuda que proporcionan los sistemas de información geográfica.

Al almacenar adecuadamente toda la información importante, ésta quedará disponible para futuros usos sin necesidad de tener que volver a elaborarla desde el principio.

5.1.5. Valoración de los elementos o factores ambientales relevantes

Las unidades ambientales internamente homogéneas de cada uno de los elementos ambientales que forman parte del medio han de ser valoradas según su calidad, dando un significado ambiental a esos datos. Para ello existen una serie de métodos y criterios adecuados, aunque suelen dar resultados que no son comparables unos con otros para obtener una valoración global, ya que para según qué variables, se usan métodos cualitativos o cuantitativos. Esto genera un problema que se suele resolver con una normalización de las unidades de medida hasta ese momento no confrontables (metros, hectáreas, kilogramos, etc.), mediante funciones de transformación u otros métodos, y una ponderación de la importancia que tienen los distintos elementos y factores del medio para cada proyecto concreto (todo esto se estudiará con mayor detalle en los Capítulos 6 y 8).

La valoración de los elementos ambientales es un apartado muy importante dentro del Inventario Ambiental, ya que el objetivo último en estos estudios es ayudar en la toma de decisiones a partir de una correcta evaluación ambiental del medio.

Las valoraciones se realizan desde que se da mayor importancia y se describe con mayor profusión y detalle un elemento o factor ambiental en detrimento de otro, es decir, desde que se empieza a focalizar, y por tanto a discriminar entre elementos relevantes y los que no lo son. Pero también existe un momento concreto para recapitular y dar una opinión lo más objetiva posible, al final de todo el trabajo de recopilación de datos y redacción de los mismos.

Como ya se ha comentado hay una serie de criterios que hacen que un factor ambiental tenga un valor o una calidad mayor que otros, y estos se pueden agrupar en:

- Criterios científicos.
- Criterios de productividad.
- Criterios culturales.
- Criterios de percepción sensorial.

Pueden usarse todos ellos para dar el valor final a un elemento ambiental, aunque algunos pueden ser más importantes que otros en determinados elementos. Por ejemplo, para el paisaje se usan preferentemente los del último grupo.

Dentro de los criterios científicos destacan:

- Diversidad.
- Representatividad.
- Rareza.
- Grado de endemidad.
- Fragilidad.
- Naturalidad.

Los criterios productivos se basan en el rendimiento que pueden producir en temas como:

- Cultivo.
- Turismo.
- Extracción mineral.

En los criterios culturales sobre todo se tiene en cuenta la singularidad. Y en los perceptivos:

- Contraste de colores, formas, texturas, líneas, etc.
- Dominancia de alguna de esas características.
- Proporción de agua, vegetación y pendientes que hay en un lugar.

Como ya se ha dicho la valoración de cada elemento del medio es distinta pero, por ejemplo, la correspondiente a la de la vegetación y la fauna se hace teniendo en cuenta fundamentalmente los criterios científicos y culturales (conservacionistas) de las distintas especies, y para obtener la información necesaria sobre las características de éstos hay que consultar la:

- Presencia de esas plantas o animales en:
 - Normativas comunitarias (Directiva Hábitats).
 - Normativas estatales (Ley 4/89).
 - Normativas autonómicas (Catálogo Regional de Especies amenazadas).
- Presencia en Libros Rojos o similares.
- Ser objeto de declaraciones de:
 - Organizaciones.
 - Expertos.

Aunque también se observaría si hay especies con un valor productivo o cultural importante en la zona, de forma que tengan «méritos» para ser conservadas.

Hasta ahora sólo se han visto criterios cualitativos, pero algunos de éstos pueden convertirse en cuantitativos utilizando indicadores, funciones de transformación o creando escalas de valor (de 0 a 10, por ejemplo). Esto no se puede hacer en todos los casos, pero cuanto más razonadas estén las valoraciones, más sencilla será posteriormente la toma de decisiones.

Por otro lado, no hay que olvidar que el Inventario Ambiental busca, no sólo conocer el estado preoperacional del medio y valorarlo, si no también hacer predicciones de cómo evolucionarán esas medidas de calidad al incorporarse la actuación proyectada en la zona.

Para ello se ha realizado una focalización previa que da información de los posibles impactos que generará la obra, y una vez que las alteraciones probables del medio son conocidas y caracterizadas, lo siguiente que se tiene que realizar es la valoración del estado del medio con el proyecto, es decir, hay que determinar el cambio de calidad del medio entre la situación con y sin proyecto. Unas herramientas útiles para conocer cómo evolucionaría el medio con la actuación son algunos modelos como los de difusión atmosférica de los contaminantes, cuantificación de la erosión potencial o propagación de ruidos.

La combinación de los datos de calidad actual y los de previsible modificación de la misma darán como resultado valoraciones del tipo de:

- Grado de adaptación a la actividad.
- Fragilidad del medio a las acciones del proyecto.
- Niveles de conservación de las distintas unidades ambientales.
- Recomendaciones de uso.

5.1.6. Resultados

Hasta este momento las valoraciones se han hecho de cada elemento ambiental, pero como resultado final del Inventario Ambiental es preciso llevar todas esas valoraciones a una sola.

Pero para ello es necesario pasar todos los resultados, cartográficos y de datos, a la misma escala para poder hacer ponderaciones y obtener resultados generales para toda la zona, de forma que realmente esté integrada la información, y se pueda conocer el funcionamiento del ecosistema y su respuesta al proyecto. Sólo entonces se podrán confeccionar los mapas de conservación, fragilidad del medio y sensibilidad al proyecto de cada elemento, así como los globales y los que puedan resultar útiles.

La enumeración de las distintas unidades ambientales y la identificación de los factores particulares que corren el riesgo de ser afectados gravemente por las acciones del proyecto, han de reconocerse y expresarlo en el documento para que en fases más avanzadas del Estudio de Impacto Ambiental se den posibles soluciones compatibles con la realización del proyecto y su conservación, es decir, que se tengan en cuenta al estudiar las medidas minimizadas de impactos y el Plan de Vigilancia Ambiental.

5.2. ELEMENTOS DEL MEDIO

En los inventarios ambientales, tal como ya se explicó anteriormente, hay que identificar, censar, inventariar y cartografiar todos los elementos del medio afectados por las acciones del proyecto planteado. Estos son:

- El *clima*.
- La *geomorfología*.
- La *geología*.
- El *suelo*.
- El *agua*.
- La *vegetación y la flora*.
- La *fauna*.
- El *paisaje*.
- El *medio socio-económico*.

A estos elementos en ocasiones se les suman otros como la calidad del aire (olores, sustancias en suspensión, etc.) o la cantidad de ruidos (*véase* Apartado 8.3.4). Concretamente estos dos últimos se van a tratar en actuaciones que requieran movimiento de tierras o en las explotaciones mineras por un lado y en vertederos o mataderos por otro, pero de cualquier forma la lista anterior de elementos es la que suele utilizarse en todos los inventarios ambientales. Todos los elementos ambientales que se traten deben estudiarse con una intensidad adecuada para evitar problemas de falta de información y posteriores errores debidos a ello.

Cada uno de ellos hay que describirlos a la escala y extensión en la que serían afectados por el proyecto propuesto, y por tanto, es necesario que el equipo redactor del mismo, tenga acceso al documento técnico del proyecto para poder adecuar el inventario a las características del mismo.

5.2.1. El clima

El clima se define como el conjunto de condiciones atmosféricas que se registran de media a lo largo de un estándar de 30 años en una zona dada. Este término no hay que confundirlo con el de tiempo atmosférico, que corresponde a las condiciones atmosféricas que se dan en un momento concreto en un área determinada. Las variables que caracterizan a este elemento ambiental son: temperatura, humedad, viento, precipitaciones, insolación, periodo de heladas, etc.

Para que se puedan considerar fiables esos registros deben realizarse a lo largo de un estándar de 30 años, pero hay estudios que afirman que el número mínimo de años de medición varía con la variable a tomar. Ese periodo de años se denomina periodo óptimo, y se representa en la Tabla 5.1.

Tabla 5.1. Periodo óptimo, medido en años, para que una estimación de las características meteorológicas de una zona sea fiable.

	Islas	Costas	Llanuras	Montañas
Temperatura	10	15	15	25
Precipitaciones	25	40	40	50

Estos datos se obtienen en las *estaciones climatológicas o meteorológicas*. Existen varios tipos:

- Las *Estaciones de 1.º orden o completas*: llamadas así por realizar un gran número de registros distintos y estar dotadas con maquinaria muy precisa en sus mediciones. Además, tienen una frecuencia de observación constante.
- Las *de 2.º orden o termopluiométricas*: toman datos sólo de temperaturas, humedad absoluta y relativa del aire y precipitaciones, teniendo a su disposición *termómetro, sicrómetro, higrómetro o pluviómetro*. Las mediciones son realizadas una vez al día, aunque en algunos casos se realizan dos diarias.
- Las *de 3.º orden o pluviométricas*: solamente hacen registros de las precipitaciones, con lo que sólo constan de pluviómetros. Sus medidas son todas una vez al día.

Por otro lado, el clima suele variar en función de la escala geográfica en la que uno se encuentre, y se denomina de formas distintas:

- *Macroclima*: cuando se hace referencia al clima de una zona muy extensa. Es el clima general, correspondiente a las distintas zonas climáticas de la tierra y grandes regiones.
- *Mesoclima*: más restringido, corresponde a zonas más locales en las que hay variaciones del clima general por la presencia de modificaciones en el paisaje, bien sean ciudades, cordilleras, la propia altitud, etc.
- *Microclima*: es el perteneciente a espacios más restringidos en los cuales hay una serie de modificaciones del mesoclima, del tipo de humedad relativa o insolación, que hacen de las zonas que tienen esos microclimas lugares muy frágiles, a veces portadores de especies vegetales singulares.

La importancia del clima es muy elevada, ya que según cómo sea el de un área concreta, el tipo de suelo y sus usos, la vegetación, la flora y la fauna que van a aparecer en ese lugar variarán con respecto a otras zonas que presenten el resto de condiciones semejantes. Su influencia es muy importante en proyectos en los que haya que utilizar la tierra, como puesta en cultivo, repoblaciones o la implantación de un vivero forestal. En este último caso hay que conocer las características climáticas básicas para asegurarse la productividad del mismo, como son las temperaturas, las precipitaciones y la insolación, pero es necesario saber también la frecuencia de heladas.

Algunas de las variables climáticas, como la insolación o el régimen de vientos, se encuentran muy relacionadas con la topografía, y según cómo sea la misma se modificará el mesoclima de un determinado lugar. El clima y la topografía conjuntamente, son responsables en gran medida de la distribución de las poblaciones de los seres vivos, incluidas las humanas. De hecho, el clima afecta a las actividades desarrolladas por el hombre estimulándolas o desfavoreciéndolas. Asimismo, hay que tener en cuenta, que aquéllas que están relacionadas con la vegetación o la fauna (como repoblaciones de especies cinegéticas, granjas, parques zoológicos, etc.) se supeditan al tipo de clima existente donde se quieran realizar. También es esencial conocer bien este factor ambiental para la instalación de algunas plantas de energías renovables como las de energía solar y eólica. En el caso de la implantación de un par-

que de aerogeneradores está claro que hay que tener en cuenta la frecuencia de tormentas eléctricas que se producen en la zona, dado el riesgo que las mismas entrañan sobre las turbinas al estar situadas éstas a alturas considerables.

Las variables que se suelen medir en el inventario de este elemento ambiental ya se han expresado anteriormente (temperatura, humedad, precipitaciones, etc.), y se obtienen en las estaciones climatológicas, pero al realizar este inventario surge el problema de cuáles recoger en la información, ya que no todas son útiles por lejanas o por no encontrarse en un lugar con características climáticas semejantes. Normalmente se recopilan los datos de varias y su número aumentará en relación directa al tamaño del área de estudio.

No siempre se tiene una de estas estaciones, y menos una de primer orden, en la zona de estudio, con lo que hay que recurrir a las que existan. Para poder extrapolar lo más adecuadamente posible al territorio objeto de estudio han de seleccionarse las estaciones climatológicas en función de una serie de criterios:

- La proximidad (a más cercanía más similitud).
- La altitud (es un parámetro que afecta mucho al clima de una zona, con lo que debe ser lo más parecida posible a la de la zona de trabajo).
- La orientación (debe ser equivalente a la del área de estudio, dado que las condiciones climáticas varían enormemente si un área se sitúa en orientación sur o norte).

A partir de los datos obtenidos en estas estaciones meteorológicas se puede representar el clima de la zona de una forma sencilla mediante un *climodiagrama* u *ombroclima*. De esta forma se pueden ver rápidamente las similitudes y diferencias del de la zona con el de espacios cercanos.

Pero a la hora de realizar el inventario de este elemento ambiental, no siempre la zona de estudio presenta el clima general o macroclima, o bien las estaciones meteorológicas están demasiado separadas para dar una información adecuada de cómo son las características climáticas en el área de estudio, por lo que es preciso conocer el terreno *in situ* para ver si existen variaciones a los datos obtenidos hasta el momento. Este problema se suele resolver haciendo estimaciones indirectas mediante el conocimiento de cómo algunos elementos del medio modifican las características del clima general. Los que más afectan son la topografía y la vegetación, destacando entre otros:

- Condiciones del relieve: Las variaciones en el relieve de una zona con respecto a otras cercanas va a generar la aparición de vientos muy concretos. El viento se define como: «*la corriente de aire resultante de las diferencias de presión en la atmósfera, provocada, en la mayoría de los casos, por variaciones en la temperatura*», y el viento, como cualquier otro fluido, se va a mover siempre de zonas en las que su presión sea alta a zonas en las que sea baja. Dentro de este fenómeno se pueden distinguir algunas variantes:
 - Las barreras montañosas y laderas (Figura 5.1): Al encontrarse las masas de aire con una barrera de este tipo sube el aire y se descomprime y enfría, produciendo nieblas y precipitaciones. Al pasar la barrera montañosa el aire se vuelve a comprimir y calentar, reseca el ambiente. Esto es el denominado *Efecto Foehn*, un

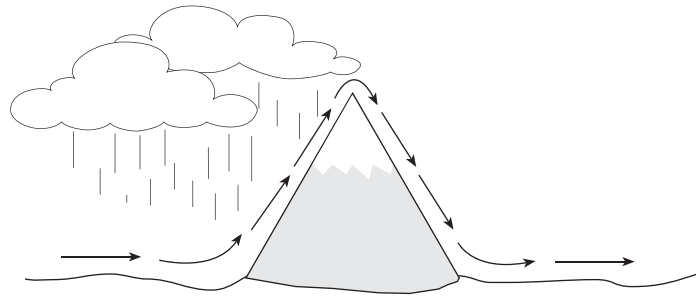


Figura 5.1. Efecto de las barreras montañosas y laderas sobre el clima.

ejemplo del cuál se puede apreciar dentro de la Península Ibérica al pasar el «túnel del Nublao», que separa Asturias (generalmente con nieblas o lluvias y muy frondosa) de León (sin apenas vegetación arbórea). Esto se ve acentuado si en la ladera de origen se ha estado calentando el suelo gracias a la irradiación solar, ya que en ese caso las masas de aire pegadas al sustrato se van a calentar y perder presión, elevándose por tanto y dejando un vacío que se rellena con las capas de aire que se encuentran por debajo.

- Valles y depresiones (Figura 5.2): Lo mismo que pasa en las laderas ocurre en los valles, especialmente en aquellos orientados en sentido norte-sur, dado que la continua irradiación solar de las mismas hace que el suelo se caliente y que éste, a su vez, caliente las capas de aire inmediatas a él y éstas se eleven dejando un vacío a cubrir. Este fenómeno es el que ocurre durante el día, porque al llegar la noche la situación se invierte al enfriarse el aire, especialmente el de las zonas altas, y descendiendo por las laderas del valle.
- Brisas marinas (Figura 5.3): En este caso el factor importante es la diferencia en la transmisión del calor entre la superficie terrestre y la del agua, ya que durante el día la tierra se calienta más rápido y por lo tanto calienta el aire que se encuentra sobre ella, rellenándose el hueco creado por el aire más fresco proveniente del mar, pero por la noche sucede lo contrario, ya que la tierra igual que gana temperatura rápidamente también la pierde a gran velocidad si no se la está irradiando, mien-

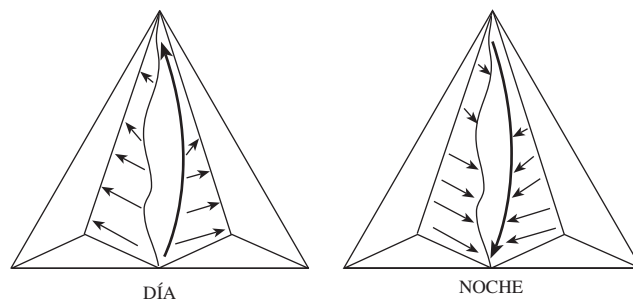


Figura 5.2. Efecto de los valles y depresiones sobre el clima.

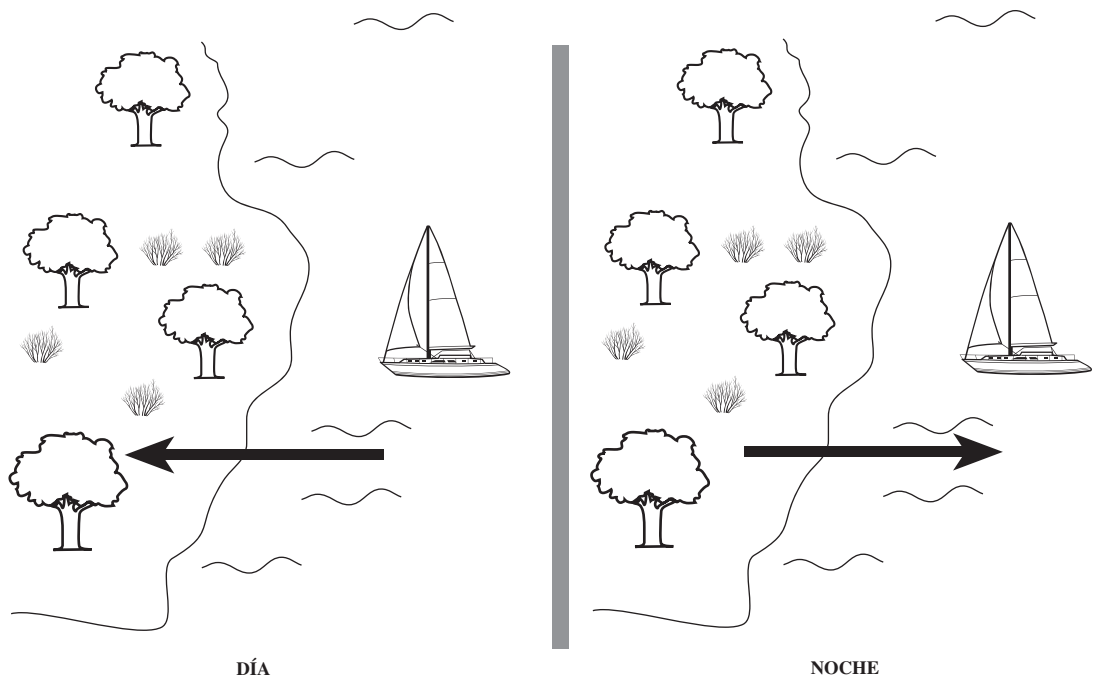


Figura 5.3. Efecto de las costas sobre el clima.

tras que el agua se encuentra algo más caliente que durante las horas diurnas ya que conserva mejor el calor acumulado a lo largo del día.

- Exposición y orientación (Figura 5.4): Por exposición se puede entender el grado de accesibilidad de los factores climáticos a una zona, bien sea la radiación solar, las lluvias, los vientos, etc., mientras que por orientación se considera la disposición de la

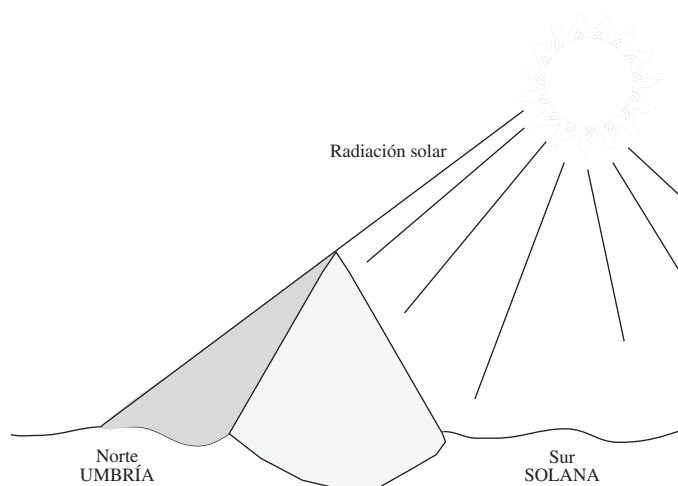


Figura 5.4. Efecto de la exposición y la orientación sobre el clima.

zona de estudio en relación con los puntos cardinales. Estos dos factores conjuntamente o por separado van a ser responsables de grandes cambios en el clima general de una zona, aunque hay que decir que casi toda su influencia es causa de la radiación solar que incide en el lugar objeto de interés, y a partir de ella se desarrollan otros fenómenos, como ya se ha visto con el viento.

- Altitud: Esta característica tiene gran importancia al ser algo conocido que a mayor altitud las temperaturas descienden y, hasta un determinado límite, las precipitaciones también.
- Cursos y masas de agua: El que aparezca una cantidad de agua importante en las áreas a estudiar hace que se modifiquen las características climáticas de la zona al aportar mayor humedad. Asimismo, va a reducir la temperatura de la zona cuando ésta se evapora.
- Tipo de superficie y de cubierta vegetal: En función de cómo sea la superficie de la zona habrá una mayor o menor absorción de la luz y, por tanto, el calor proveniente de la radiación solar y un mayor o menor reflejo de ambos, esto último es el denominado *albedo*, el cual va a modificar en cierta medida la temperatura a escala local. Las zonas que tienen una superficie clara reflejan mayor cantidad de luz de la que absorben, y viceversa.
- Núcleos urbanos: Las ciudades son un ejemplo de mesoclima, en las que, la movilidad del viento, en primer término, y derivadas de ella la temperatura, la visibilidad y la contaminación del aire se diferencian en gran medida de las existentes en las zonas rurales.

Otra forma de conocer cómo es el clima en el lugar preciso de actuación, es mediante el uso de índices climáticos. Con ellos se puede dar una valoración de este elemento con pocos datos y de forma simple y generalizada. Hay muchos tipos pero ninguno tiene una validez global, con lo que hay que elegir el más apropiado para cada situación. De cualquier forma, algunos autores proponen como el mejor indicador del clima a la vegetación (siempre y cuando aparezca de forma natural y sin intervención humana), la cual integra todas las variables climáticas.

Por otro lado, los parámetros del clima a seleccionar en los inventarios ambientales dependerán de la actividad que se pretenda implantar. No en todos los estudios tiene la misma importancia el régimen de vientos o la cantidad de insolación, esto tiene que haber sido determinado previamente en un chequeo inicial de los posibles impactos que puede generar el proyecto.

En los estudios de impacto ambiental lo que más interesa es ver cómo afecta el proyecto a las características climáticas para compararlo con la situación preoperacional. En algunos casos las actividades realizadas por el hombre son causa de la modificación del clima, al menos en la escala del área de trabajo. Se puede ver esto en la creación de embalses, donde la presencia de niebla aumenta en gran medida debido a las diferencias de temperatura entre la lámina de agua y el aire circundante. Las nieblas ocurren cuando el aire se encuentra más frío que el agua y la humedad relativa es muy elevada, entorno al 90%. Por ello, la frecuencia de nieblas es mayor en los climas oceánicos que en otras zonas climáticas, y sobre todo durante la estación fría y al anochecer y amanecer. Además, está demostrado que los grandes embalses influyen tan intensamente en este elemento ambiental, en la zona donde se incorporan, que la frecuencia de lluvias aumenta con respecto a cuando no estaban los mismos.

Otro factor relevante respecto al clima de la zona de estudio es la capacidad que tiene éste de dispersar algunos contaminantes que se pueden producir a lo largo del proceso de construcción y funcionamiento. Este parámetro sirve para ver cómo cambian las características climáticas del lugar al incorporar una actividad que pueda generar malos olores. Por ejemplo, cuando se instala un vertedero o un proyecto que libere gases contaminantes, es importante conocer el régimen de vientos de la zona. Asimismo en proyectos tan conflictivos como centrales nucleares, no sólo han de conocerse exhaustivamente las características climáticas del punto concreto de colocación de las mismas sino que se hace necesario conocer también los procesos de transporte de la atmósfera dentro de un radio de 80 km, previniendo así los posibles riesgos que conllevan estas centrales.

En estos estudios hay que localizar las zonas más frágiles a los cambios y eso también afecta al clima, existen determinados mesoclimas y microclimas muy especiales para que se mantenga un tipo de vegetación relictica o unas especies faunísticas en peligro de extinción. Son por tanto, éstos tipos de clima singulares los que hay que detectar en un inventario y darles el valor de calidad ambiental adecuado para que se puedan conservar.

En muchos inventarios ambientales también se analizan parámetros como la *evapotranspiración*, que constituye la base del cálculo de las necesidades hídricas de las plantas, ya que esta variable da información sobre la capacidad del lugar para acoger actividades agrícolas, y dada la actual escasez de suelos fértiles se ha de priorizar este tipo de actividades en esas zonas a otros de tipo constructivo.

Esta información también puede ser útil si se tiene en cuenta que en muchos proyectos se realiza una restauración del paisaje, bien en la fase de abandono, o a la vez que se explota, como puede ocurrir en las canteras a cielo abierto. En ambos casos va a ser necesario conocer las características climáticas del lugar para que las revegetaciones sean viables. También son necesarios estos datos cuando existe la posibilidad de que se produzcan pérdidas de sustrato por erosión, debido al viento, al hielo o a las precipitaciones.

5.2.2. La Geomorfología

La Geomorfología se puede definir como el estudio del modelado del relieve terrestre.

Esta ciencia tiene mucha importancia por sí misma en muchos estudios de impacto ambiental, pero además está absolutamente relacionada con las características de otros elementos ambientales.

Este es el caso de:

- El clima.
- La erosión de los suelos.
- La hidrología.
- La flora.
- La fauna.
- El paisaje.
- La distribución de los asentamientos humanos.

Así pues influye de forma contundente en casi todos los elementos ambientales que se tratan en el Inventario Ambiental pero también es función de algunos de ellos.

Que el clima modifica las formas del relieve es algo bien conocido, pero también hay que tener en cuenta que las actividades humanas, antiguas y modernas, lo modifican en ocasiones bruscamente. Un caso muy particular es el ocurrido en varias zonas de la Península Ibérica, que mediante el método de explotaciones mineras *ruina montium* por parte de los romanos asentados aquí, nos encontramos paisajes muy especiales y muy abruptos como los de Las Médulas en León o Cabárceno en Cantabria.

Al realizar el Inventario Ambiental de la Geomorfología, en primer lugar ha de hacerse una descripción de forma clara y visual del terreno donde se vaya a ubicar el proyecto que se esté evaluando en cada caso. Estas descripciones van a basarse en el conocimiento de la zona en función de:

- La topografía.
- La pendiente.
- La exposición.
- La altitud.

A partir de estos datos se definen las distintas unidades geomorfológicas, que deben responder homogéneamente a las acciones del proyecto que se plantee, y han de ser representadas cartográficamente.

Al describir la geomorfología de la zona de estudio, hay que tener en cuenta que se parte de la realidad física presente, con lo que, aunque hay que considerar la evolución que han sufrido esas formas, lo realmente útil es analizar la época actual y no remontarse a épocas pasadas de la historia geológica, aunque sean la causa de la presente.

Para llevar a cabo este estudio se hace imprescindible cartografía topográfica de la zona a distintas escalas, dependiendo ésta de la extensión de la zona de estudio, pero normalmente se tiende a usar escalas de 1:50 000 o 1:25 000 para mapas de situación y 1:10 000 o 1:5 000 para expresar los resultados. Otra herramienta muy útil son las fotografías aéreas, lo más actuales posibles, las cuales van a utilizarse también para la descripción de otros elementos ambientales como la vegetación.

Además, las fotografías aéreas tienen la ventaja de que si se ponen varias secuenciales puede verse el relieve de terreno con la ayuda de un *estereoscopio*, que ayuda sustancialmente a su descripción.

Para poder realizar valoraciones adecuadas, uno de los parámetros que hay que analizar en estos estudios, es la estabilidad de los sistemas geomorfológicos, y así comparar con la situación que se crearía una vez instalado el proyecto, pues hay que estimar cómo respondería el terreno tras su implantación. Por ejemplo, los procesos erosivos que se dan en una ladera, se van a potenciar y acelerar tras implantar un cultivo de herbáceas, creando riesgos diversos.

Algunas formaciones, como dunas, circos glaciares, dolinas, simas, ..., dan información sobre procesos concretos y pueden ser *singulares* por motivos culturales, científicos, educativos, recreativos, etc.

Otros criterios de valoración que se pueden utilizar para este apartado son también usados para otros elementos ambientales:

- *Representatividad*: da información sobre algunos procesos geomorfológicos. A mayor representatividad, mayor valor de calidad ambiental.

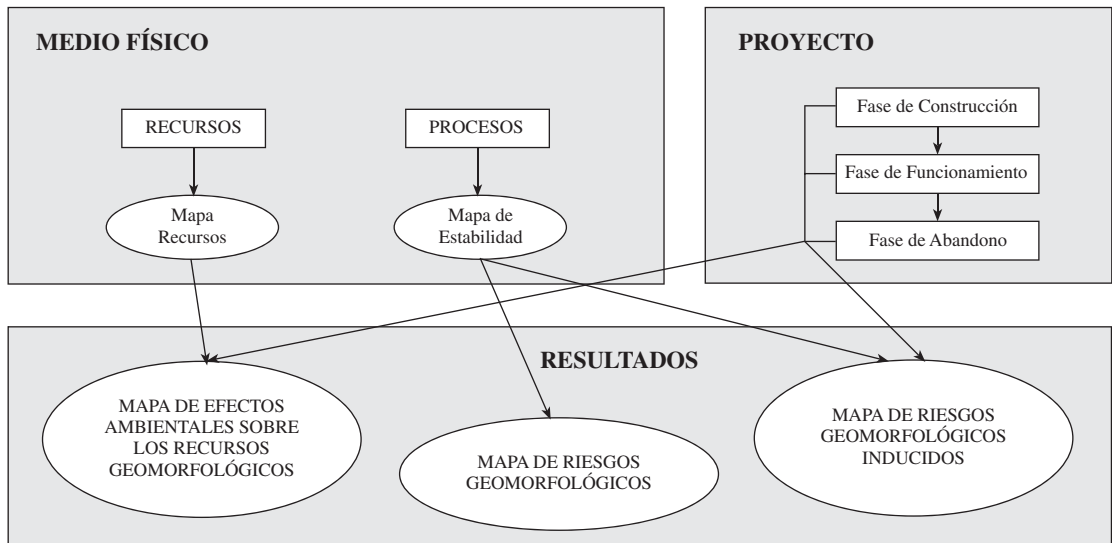


Figura 5.5. Esquema del tratamiento de la geomorfología en los Estudios de Impacto Ambiental.

- *Rareza*: se usa cuando esa formación es escasa. Cuanto mayor sea la rareza mayor será el valor.
- *Condición*: habla del estado de conservación, o *integridad*, de una formación del relieve. Cuando la conservación es alta el valor también lo es.

Al concluir las valoraciones se obtienen unidades ambientales, basadas en cualquiera de los criterios anteriores, que se han de jerarquizar. Posteriormente es recomendable pasar esa información a un mapa que informe visualmente sobre ello.

La cartografía de las unidades geomorfológicas puede tener, por lo tanto, distintos enfoques: respecto al grado de estabilidad, a sus tendencias evolutivas en relación a los procesos que se desarrollan dentro de ellas (dando lugar a unos riesgos inducidos), o también respecto a ser recursos singulares o de interés.

Panizza, en 1988, hizo una propuesta de qué es lo que debería entrar en el Inventario Ambiental de este elemento, y se refleja en la Figura 5.5.

Simplemente con las representaciones cartográficas de la topografía de la zona y las altitudes se puede obtener mucha información dada la característica de la topografía de reflejo histórico de las evoluciones pasadas en la zona. Este mapa junto con el de la vegetación van a sintetizar las características del área de estudio y dar idea de los procesos que ocurren en el territorio de interés.

5.2.3. La Geología

La Geología es una ciencia muy extensa que estudia:

- La corteza terrestre.

- Los fenómenos que en ella ocurren.
- Las leyes físicas y químicas por las que se rigen.

Es la responsable de investigar la evolución e historia del planeta Tierra, desde que se generó hasta la actualidad. Trabaja con las rocas y minerales de la corteza terrestre, y de otros cuerpos celestes, tratando el origen, la disposición, la composición y los procesos que han dado lugar a su estructura actual.

El tratamiento de la geología en los inventarios ambientales tiene gran importancia ya que va a ser el soporte de las actividades, lo cual implica la existencia de riesgos a la hora de elegir el lugar idóneo para ubicar una instalación.

El objetivo del Inventario Ambiental no es determinar el efecto de la geología sobre el proyecto, sino al revés, determinar los efectos que determinadas acciones pueden tener sobre ésta. Ejemplos de ello son los embalses, que bloquean completamente el paso de sólidos transportados por los ríos aguas abajo, con lo que se produce un desequilibrio en el proceso de sedimentación de los deltas. También se erosionan los lechos del cauce del río en las inmediaciones del embalse, extendiéndose aguas abajo progresivamente hasta que se vuelve a equilibrar. Igualmente, los puertos de mar van a influir en los procesos erosivos de la corteza y los de sedimentación de las playas.

Por otro lado, el sustrato geológico va a influir en otros elementos ambientales como la vegetación, cambiando las comunidades de especies en función del tipo de roca que haya en una zona. Asimismo, la topografía varía según sea la litología, ya que algunas rocas son más erosionables que otras.

Dentro de estos estudios, en unas ocasiones solamente se hacen descripciones generales del tipo de roca que subyace, pero en otras, según el proyecto del que se trate y siempre y cuando sean relevantes, es útil conocer los fenómenos y procesos que ocurren para ver el estado del ambiente «sin» el proyecto.

Así pues, como soporte de las actividades humanas han de conocerse cualidades como:

- La *capacidad portante*.
- El *potencial acuífero*.
- La *erosionabilidad*.

La capacidad portante o *comportamiento mecánico* hace referencia a la capacidad que tiene el sustrato de soportar el peso de una infraestructura. Esta característica también es definida por el llamado *suelo geotécnico*, el cual se encuentra referenciado cartográficamente en gran parte del territorio del Estado Español.

Existen algunos riesgos asociados a determinados minerales que hay que tener en cuenta, como las arcillas expansivas que tienen muy baja capacidad portante.

El potencial acuífero está relacionado con la capacidad que tienen las rocas subyacentes de almacenar agua. Las rocas que tienen buen potencial acuífero, como las calizas, suelen ser muy permeables y porosas.

La erosionabilidad analiza la capacidad de modificarse gracias a la acción de los *agentes modeladores*: hielo, aire y agua. La erosión del suelo es un problema grave en toda la Península Ibérica, por lo que debe ser muy tenida en cuenta en los inventarios ambientales.

También hay que conocer, con el objeto de valorar, la presencia de fracturas o fallas que pueden dar origen a riesgos de caídas de bloques, corrimientos o contaminación de acuíferos.

Es importante conocer, además, si los elementos químicos de las rocas subyacentes cuando van a ser explotados, combinados con los métodos de extracción, son susceptibles de generar acidez, toxicidad, o alcalinidad que pudiesen desarrollar una posterior contaminación del suelo. Esto ocurre en la zona del Río Tinto de Huelva (España), donde hubo mucha minería que como residuo generó óxido de azufre, y éste no fue gestionado adecuadamente y se abandonó en la zona, por lo que actualmente las aguas del río son tan ácidas que la vida dentro de ellas se ha reducido a algunas bacterias. También, en zonas de minería aurífera de Sudamérica, se utiliza mercurio para extraer el oro, contaminando el agua de muchos ríos.

En la Tabla 5.2 se pueden observar algunas características estructurales de los distintos tipos de rocas.

Se deben valorar la concentración mineral y los recursos energéticos de la zona. Esta característica es fácil de conocer, ya que son datos que están ya inventariados y presentes en cartografía temática. Es importante que se destaque esta característica en el inventario de este elemento ambiental para que el área donde se está trabajando tenga la mejor asignación de uso y no se pierdan estos recursos.

Tabla 5.2. Características de las rocas. 1: Muy Baja. 2: Baja. 3: Media. 4: Alta. 5: Muy alta. X: se usa como materia prima.

			PROPIEDADES			COMPORTAMIENTO				MATERIAS PRIMAS			
			Coherencia	Fisuración	Porosidad	Solubilidad	Capacidad portante	Erosión hídrica	Potencia edáfico	Industriales	Minerales	Paisaje	Acuíferos
ROCAS	Ígneas	Volcánicas	4	3	2	2	3	3	3	X	X	X	
		Plutónicas	4	4	1	2	4	1	2	X	X	X	
	Metamórficas	Gneis	4	4	2	2	4	1	2	X	X		
		Esquistos	2	4	2	1	1	3	3	X	X	X	
		Pizarras	2	4	1	1	2	4	2	X	X	X	
		Cuarcitas	4	3	3	2	4	2	2	X	X	X	
		Calcita-Mármol	4	4	2	4	4	2	2	X	X	X	
	Sedimentación	Areniscas	3	2	4	1	2-3	2	2	X	X		X
		Conglomerados	1-2	2	5	1	1	2	3-4	X	X		X
		Calizas	4	3	2	4	2	2	2	X	X	X	X
		Yesos	1-2	2	2	5	2	2	1	X	X		
		Arcillas	1	1	1	1	2	5	—	X	X	X	
		Margas	2	2	2	3	2	4	—	X			
		Orgánicas	2	2	1	2	2	2	4	X	X		

Asimismo es interesante conocer la existencia en la zona de algún *Área de Interés Geológico*, que pueden serlo, como en el caso de la geomorfología, por motivos didácticos, culturales, históricos, etc. A este parámetro se le denomina *singularidad*.

5.2.4. El suelo

El concepto del suelo va a variar en función de quién lo use o desde qué punto de vista se esté analizando. Desde el punto de vista edafológico, usado por agrónomos, forestales, etc., se puede dar la definición creada por el Soil Survey Staff en 1951:

«El suelo es el conjunto de unidades naturales que ocupan las partes de la superficie terrestre que soporten las plantas, y cuyas propiedades se deben a los efectos combinados del clima y de la materia viva sobre la roca madre, en un periodo de tiempo y un relieve determinado.»

Analizando esta definición, puede observarse lo interrelacionada que está la *Edafología* con el clima, la geomorfología, la geología y con los seres vivos, tanto vegetales, hongos o animales. Hay una gran cantidad de grupos faunísticos que viven en el suelo y que van a hacer que éste sea un sistema en continua transformación, ayudando a la formación de las capas orgánica y generando la aireación necesaria.

Ésta sería la definición correspondiente a la visión del suelo como soporte de vida y recurso limitado y por lo tanto frágil y susceptible de contaminarse con facilidad.

Sin embargo, desde el punto de vista constructivo o geotécnico (geólogos, ingenieros de caminos, etc.), el suelo no es considerado como algo tan dinámico y complejo, sino como soporte de las actividades humanas, conteniendo materiales estériles, como las rocas disgregadas, cenizas volcánicas, aluviones, coluviones, depósitos eólicos, o depósitos glaciares.

Esta última no es, sin embargo, la visión que debe predominar en este tipo de estudios, ya que, como ya se ha dicho, el suelo es un recurso que cada vez está más limitado, y dado que en los estudios de impacto ambiental se pretende conseguir el mejor aprovechamiento de los recursos naturales y evitar, por lo tanto, posibles deterioros irreversibles de los mismos o la aparición de fenómenos perjudiciales para el medio o las propias actividades humanas, hay que procurar que uno de los objetivos sea siempre tener en cuenta el potencial productivo de cada suelo e intentar preservar los de mayor productividad para actividades de tipo agrológico o natural en detrimento de las constructivas (véase CD, en «Prácticas: La Huella Ecológica»).

En este inventario deben describirse las distintas unidades del suelo y georreferenciarlas posteriormente en un mapa, indicando todas aquellas formaciones edáficas desarrolladas en el área. Para ello existen numerosas clasificaciones que pueden ser usadas. Las más conocidas y completas son las realizadas por la Food and Agriculture Organization (FAO) y el United States Department of Agriculture (USDA) basadas en las características intrínsecas de los suelos, como su génesis o su morfología, aunque también se pueden usar otro tipo de clasificaciones basadas en las características agrológicas del suelo.

Por otro lado, cuando hay que realizar valoraciones más completas, conviene caracterizar los suelos presentes en función de sus propiedades físicas y químicas.

Dentro de las propiedades físicas se pueden destacar: la porosidad, la profundidad, la estructura, la textura, la capacidad de retención de agua y la pedregosidad y proporción de afloramientos rocosos.

Asimismo, es conveniente identificar las características químicas de los mismos: contenido en materia orgánica, pH, contenido en sales solubles, disponibilidad de elementos nutritivos.

La importancia de cada una de estas características va a variar en función del proyecto que se proponga, pero en general van a ayudar a jerarquizar entre mejores y peores suelos.

El comportamiento de los distintos suelos respecto a estas características informa en último término, de otras que son las realmente relevantes a la hora de dar un valor de calidad:

- La *capacidad portante*.
- La *erosionabilidad*.
- La *estabilidad*.
- La *permeabilidad*.
- La *consistencia*.

Estos parámetros dan información sobre la capacidad del suelo para acoger vida, útiles para jerarquizar aquellos de mejor calidad, según los criterios de fertilidad. Conocer estos datos, aunque el proyecto propuesto no sea el cultivo o la creación de un espacio natural, es de mucha utilidad en el caso de tener que hacer restauraciones de vegetación.

5.2.5. El agua

La ciencia que estudia las características y propiedades del agua se denomina *Hidrología*, que trata, así mismo, su distribución y circulación en la superficie terrestre, el suelo y la atmósfera.

El agua es un constituyente vital para todos los seres vivos así como para el ser humano, interviniendo en la mayoría de sus actividades, directa o indirectamente. Ha hecho que el clima sea de una determinada forma, la vegetación presente la aprovecha para desarrollarse, las formas del relieve se han modelado gracias a ella, bien sea en estado sólido o líquido y las capas húmicas del suelo no existirían si el agua no existiera.

Dado que el agua no sólo se encuentra en un estado de la materia y en un lugar, sino dentro del llamado *ciclo hidrológico*, movido por la gravedad y la energía solar, hay que considerar a todas las manifestaciones de agua como una sola e indivisible. Es un solo recurso, y las acciones del hombre sobre el agua tienen una respuesta física y social en lugares muy alejados, con lo que hay que medir muy bien cómo se va a actuar. Canalizar un río, eliminando la vegetación de ribera, que frena las avenidas y filtra el agua; embalsarlo y modificar por tanto el régimen hidrológico del mismo aguas abajo o crear barreras para determinadas especies de peces, así como anegando pueblos; la desecación de una laguna por motivos de salud (para evitar la propagación del paludismo, como la laguna de La Janda, en la provincia de Cádiz, España) o para ganar terrenos para la agricultura (la Albufera de

Valencia, España), van a tener una serie de efectos sobre el medio natural y social que hay que intentar conocer de antemano y sopesar, o si no aplicar el *principio de cautela* y buscar alternativas «menos nocivas».

Las consecuencias finales de lo anterior suelen ser un aumento en la *vulnerabilidad* del recurso agua, así como un deterioro en la calidad de la misma, con lo que hay una repercusión directa en la flora y la fauna y compromete la capacidad del recurso «agua de calidad» para satisfacer las necesidades futuras.

A este elemento ambiental se le considera recurso por varios aspectos: por ser el medio en el que se desarrolla la vida de múltiples especies de animales y vegetales, por ser capaz de diluir y mitigar los efectos de los efluentes de algunas actividades humanas y por ser un recurso clásico para el ser humano y los animales, para riego, esparcimiento, industria, higiene, bebida, etc. Así pues, conociendo la complejidad de este elemento, el tratamiento que se le ha de dar en este tipo de estudios debe ser especialmente cuidadoso con el fin de no perder de vista todas sus ramificaciones en su carácter de recurso.

El área de estudio para el inventario del agua no va a restringirse al área exacta del proyecto, ya que por poner un ejemplo, los efectos causados tras un vertido no se van a quedar fijos en el lugar donde se echa la sustancia en cuestión, y por otro lado el agua que se vaya a usar en el proyecto puede venir de lejos y ha de conocerse si va a escasear o disminuir su calidad, lo cual depende de la situación aguas arriba de la toma, es decir, que, para este elemento ambiental, hay que abarcar un espacio bastante más amplio del que ocupa la zona elegida para la actuación proyectada. Para proyectos de grandes dimensiones se llega a estudiar toda la *cuenca hidrográfica*.

En el Inventario Ambiental de este elemento han de realizarse una serie de actividades:

- Reconocer todas las formas de agua presentes en la zona de estudio.
- Conocer las características de funcionamiento del sistema hídrico.
- Conocer su calidad.
- Identificar los usos que se le está dando en la zona.

Los apartados anteriores van a estar referidos tanto a la hidrología superficial como a la subterránea. De la superficial es más sencillo obtener datos simplemente con la observación directa en el terreno, pero la subterránea requiere mecanismos y materiales que normalmente no están al alcance del inventariador. Para ayudar en esta labor, en muchos países existen organismos oficiales que los han inventariado. En España, el Instituto Tecnológico Geominero se ha encargado de esta labor y tiene cartografía publicada con estos datos. Además cuenta con una red de control de calidad de las aguas subterráneas, así como de una biblioteca a disposición del público, donde se puede encontrar gran cantidad de información útil. Lo equivalente con las aguas superficiales lo realiza en España el Ministerio de Fomento, que publica anualmente gran cantidad de parámetros medidos en algunos ríos del Estado.

Reconocer toda las formas de agua presentes en la zona implica determinarlas correctamente, como acuíferos, arroyos, ríos, fuentes naturales, fuentes artificiales, glaciares, lagos, lagunas, marjales, estuarios, pozos, ramblas, torrentes, etc., y georreferenciarlas adecuadamente en la cartografía. Para estos fines se utilizan mapas topográficos oficiales y fotografías aéreas, pero estas herramientas no son suficientes para realizar el inventario del agua, ya que pueden ser datos antiguos, y puede haber modificaciones, y por lo tanto es necesario

hacer salidas al campo para corroborar la información que aparece en estas imágenes. En estas salidas a la zona también pueden encontrarse formaciones de agua que no estaban inventariadas anteriormente.

Una vez conocidas todas las formas en las que se presenta el agua en el área de interés aparece el problema de las valoraciones, de caracterizar la zona en función de ese recurso. Para ello se puede introducir el factor de distancia. En primer lugar se reconocen cuáles de esas formaciones son permanentes y cuáles estacionales, y en función de una distancia acordada (podría ser cada 100 m), se trazan franjas, zonas paralelas a las masas y puntos de agua. De esta forma toda la zona queda representada en función de la presencia de agua. Esto puede hacerse tanto utilizando la distancia real como el tiempo que se tarda en acceder al agua.

Cuando se estudia el funcionamiento del sistema hidráulico lo que se precisa conocer son parámetros como:

- Caudal.
- Régimen.
- Nivel freático.
- Zonas de recarga de acuíferos.

El *caudal* está referido a la cantidad de agua que pasa por una determinada cuenca hidrográfica o ramal, mientras que el *régimen* es algo más dinámico, son las fluctuaciones que sufre el caudal de un río a lo largo de un año, es decir, la disponibilidad temporal de agua, que está en función de las lluvias y los deshielos, así como de la confluencia con otros ríos y la regulación de los flujos que determinan las obras hidráulicas.

Como combinación de ambos existe el llamado *caudal ecológico*, característico de cada cauce, es el necesario para mantener las características de vegetación y fauna. Este caudal es con el que se han formado las distintas comunidades vegetales y animales de su curso, las cuales tienen unas necesidades para mantenerse. Difiere en gran medida del común caudal mínimo y constante que se suele dejar tras un embalse que puede llegar a destruir *frezaderos*, y hacer que se pierdan algunas especies vegetales.

Por lo tanto es muy importante, sobre todo en el caso de construir una nueva presa, reconocer correctamente las evoluciones del caudal del río, o incluso de la cuenca hidrográfica a la que pertenece ese río a lo largo del año, para poder representar correctamente el caudal ecológico y hacer el menor daño posible a las formaciones vegetales y a la fauna preexistente a la actuación.

Tan importante es conocer la cantidad de agua como su calidad. No sólo porque se vaya a usar en la actividad propuesta, dado que eso es competencia del proyecto técnico redactado por el promotor, sino porque hay que conocer en qué estado de calidad se encuentra el recurso hídrico en esa zona para poder valorarlo y predecir cómo se modificaría tras cada una de las fases del proyecto: construcción, funcionamiento y abandono (en caso de haberla).

La medida de la calidad de las aguas de un terreno se puede hacer de dos formas. La primera sería asemejándola al estado natural, pero eso no es fácil dado que en la naturaleza no se encuentra el agua en estado puro, como H_2O , sino mezclada con otras sustancias, y éstas pueden incorporarse por procesos naturales o artificiales y ser las mismas en ambos casos, lo cual complica el estudio. Por ello existe una segunda forma de medición, mediante nive-

les estándares de calidad del agua en función del uso que se le vaya a dar. Los parámetros más admitidos que se miden para determinar el grado de calidad del agua son los siguientes:

— Características físicas:

- *Sólidos disueltos.*
- *Sólidos en suspensión.*
- *El pH.*
- *Dureza.*
- *Turbidez.*
- *Temperatura.*

— Características químicas:

- *Oxígeno disuelto.*
- *Demanda biológica de oxígeno, (DBO).*
- *Demanda química de oxígeno, (DQO).*
- *Compuestos de nitrógeno, fósforo, azufre y cloro.*
- *Elementos tóxicos.*
- *Elementos patógenos.*

Dado que es complicado trabajar con tantos parámetros a la vez, se han creado índices que simplifican su uso. Uno de ellos se estudiará con más detenimiento en el apartado 6.3.1. En España, el Ministerio de Obras Públicas y Urbanismo creó el denominado Índice de Calidad General, que expresado matemáticamente es:

$$I = \sum_{i=1}^n F1(\lambda_i) \times F2(\lambda_{i,n})$$

donde λ_i son las variables analizadas, n es el número de variables que se usan en la operación, y $F1$ y $F2$ son funciones que caracterizan la influencia de cada parámetro según el uso que se le esté dando al agua.

Otros índices tienen en cuenta los pesos de los diferentes parámetros w_i y una estimación de su calidad c_i , realizando una suma ponderada de las mismas:

$$I = \sum_{i=1}^n w_i c_i$$

Respecto a la calidad del agua hay que tener en cuenta que es un recurso muy fácilmente contaminable, y se puede considerar que, según la Guía para la Elaboración de Estudios del Medio Físico, editado por el Ministerio de Medio Ambiente:

«El medio acuático se contamina cuando la composición o el estado del agua están modificados, directa o indirectamente, por el hombre, de modo que se presta menos fácilmente a todos o algunas de las utilizaciones para las que podría servir en su estado natural.»

Existen varios tipos de contaminantes y cada uno de ellos va a causar unos efectos:

- Los sólidos en suspensión: suelen ser partículas minerales procedentes de los vertidos de algunas industrias o por procesos de erosión o inundación. Como consecuencia de ellos se colmatan y obstruyen lagos, embalses y canalizaciones, con el consiguiente deterioro de las infraestructuras y la pérdida en vida silvestre.
- El aumento de la temperatura de las aguas: consecuencia de vertidos de actividades industriales como la producción de energía, la refrigeración o el refino. Sus efectos son la ralentización de la capacidad de autodepuración del agua al provocarse una reducción del oxígeno disuelto en ella. Esta consecuencia también influye en la vida acuática, que tiende a disminuir.
- Aporte de compuestos inorgánicos como sales y ácidos: son producto de actividades extractivas o industriales. Va a generar cambios del pH del agua, que modifica la cantidad de oxígeno disuelta y provoca corrosiones en los equipamientos que la usen. También se da mal olor, sabor y efectos tóxicos sobre la fauna y flora silvestre y el ser humano.
- Aporte de compuestos orgánicos que funcionan como nutrientes en el medio acuático: éstos son los compuestos que contienen fósforo y nitrógeno y suelen venir de la actividad ganadera y de los fertilizantes de la agrícola. Provocan la *eutrofización* de las aguas. Aumenta mucho el número de vegetales acuáticos, y la demanda de oxígeno.
- Residuos que requieren oxígeno, como los domésticos o los de las industrias alimentarias, que llegan en estado de putrefacción, incorporando bacterias al agua. Producen mal olor y sabor al agua y disminuyen la disponibilidad de oxígeno para la fauna y flora silvestre.
- Incorporación de compuestos orgánicos tóxicos, como detergentes y pesticidas: estos residuos suelen provenir de la agricultura o de las zonas residenciales. Actúan directamente sobre la vida silvestre, intoxicándola a corto o largo plazo. También el ser humano se puede ver afectado al ingerirlos con los alimentos cultivados con agua contaminada.
- Adición de contaminantes biológicos, como virus, bacterias o protozoos portadores de enfermedades: suelen llegar al agua por medio de industrias ganaderas o mataderos. Los efectos que causa esta contaminación son una disminución de la vida silvestre, afecta a las producciones acuícolas y reduce los usos posibles del agua (domésticos y recreativos).

Los acuíferos van a ser más o menos sensibles a la contaminación en función de la litología de la zona. En función de la permeabilidad del tipo de roca donde se ha formado, serán más o menos vulnerables.

La permeabilidad de las rocas está en función de su *porosidad*, su *fisuración* y los procesos de *karstificación* que tengan, habiendo una gran gradación de *permeabilidad* dentro de los distintos tipos de rocas (véase Tabla 5.2). Hay rocas, como las calizas y dolomitas, que son muy permeables al agua, mientras que otras, como las margas y las arcillas, son el caso opuesto.

Las litologías más permeables tendrán también una velocidad elevada de propagación de los contaminantes, pero dadas sus características de drenaje, la persistencia de estos conta-

minantes será breve en comparación con otras rocas. El comportamiento inverso ocurrirá en aquellas litologías menos permeables, en las que la vulnerabilidad a la contaminación será baja, pero en el caso de contaminarse la permanencia de ésta será mucho más duradera.

El efecto de la contaminación en los acuíferos suele ser más prolongado que el de las masas y puntos de agua superficiales, y a esto hay que añadir que su descontaminación por parte de mecanismos técnicos conlleva una gran dificultad.

En ocasiones, para conocer la calidad del agua de un curso fluvial se usan indicadores biológicos. Éstos consisten en buscar la presencia de determinados organismos sensibles (normalmente invertebrados) a los cambios de calidad en el agua. Conforme van desapareciendo los más frágiles a los cambios en las características físico-químicas del agua, se va perdiendo calidad para el desarrollo de la vida en ella. Como se comentó con la vegetación como índice para conocer el clima, estas comunidades de organismos son el reflejo de las características del agua, o mejor dicho, se han desarrollado gracias a unas propiedades físico-químicas características en un momento y en un lugar concreto.

Los usos del agua en una zona pueden ser variados, y la medición de su calidad va a estar relacionada con unas variables u otras. El agua puede ser usada para:

- La vida acuática: su calidad se mide en función del oxígeno disuelto y los componentes *organoclorados*.
- Uso doméstico: en función de la turbidez, los sólidos disueltos, los productos tóxicos y la concentración de *coliformes* (bacterias del tracto digestivo). Este sería el límite del agua potable.
- Recreo: medido por la turbidez, los productos tóxicos y la concentración de coliformes.
- El riego: su calidad depende de los sólidos disueltos y el contenido en sodio.
- La industria: dependiente de la concentración de sólidos disueltos y de la de sólidos en suspensión.

5.2.6. La vegetación y la flora

La *vegetación* es un elemento ambiental muy especial, ya que va a ser, en muchos casos, la parte más visible de un ecosistema, pues se extiende como un tapiz a lo largo de todo el territorio. La vegetación puede llegar a definir un espacio, dado que es el resultado de la combinación de elementos ambientales como el clima, la topografía, la geología, la edafología y la hidrología, pero además sus características también van a depender del uso que la fauna y el ser humano hagan de ella. La *flora* también es de gran importancia porque cada una de las especies que la componen puede tener un valor por sí misma: algunas especies vegetales son excelentes bioindicadores, sensibles a la contaminación del suelo o a un descenso de la capa freática, es decir, a la calidad del sistema de relaciones.

Pero estas relaciones son recíprocas, ya que en función del tipo de vegetación que exista en una zona las variables climáticas, edáficas, faunísticas, etc., van a variar. No va a ser el mismo suelo el de un pinar de *Pinus pinaster* (pino resinero), que el de un bosque de frondosas como el *Quercus pyrenaica* (roble melojo o rebollo, según donde nos encontremos). Ambas especies son propias de suelos ácidos, pero mientras que el roble da suelos pardos y

neutros, muy ricos en materia orgánica, el pino va a acidificar más aún el mismo llegando a impedir que aparezcan otras especies vegetales.

De la misma forma se puede hablar del efecto sobre la fauna. En general, las especies que habitan los bosques, como el azor (*Accipiter gentilis*), no van a poder mantenerse en una zona que ha cambiado su uso y se ha transformado en un campo de cultivo o un erial. En su lugar aparecerían especies como el alcaraván (*Burhinus oedicnemus*) propio de esas formaciones vegetales.

Así, como se ve, los cambios en la composición de las comunidades vegetales pueden llegar a afectar a otros factores del medio o al territorio en su conjunto. En definitiva, la vegetación cumple importantes funciones dentro de los ecosistemas, y algunas de ellas son:

- Estabilizar las pendientes.
- Retardar la erosión.
- Influir en la calidad y cantidad de agua en el sistema.
- Mantener microclimas locales.
- Filtrar la atmósfera.
- Hacer de pantalla sonora.
- Ser el hábitat de las especies animales.

La flora también tiene un valor *per se*, intrínseco a ella, el cual será mayor cuando existen en la zona ejemplares de especies raras, endémicas, o de largo periodo de desarrollo o ejemplares singulares, como pueden ser los *árboles monumentales*.

Para estos elementos ambientales el área de estudio va a corresponderse con el espacio exacto que ocuparía el proyecto en evaluación, incluyendo los viales e infraestructuras temporales. Al ser elementos sésiles, sólo serán afectadas las especies y ejemplares que ocupen el espacio donde se quiera incorporar la actividad.

Al realizar el inventario de la vegetación y de la flora hay que:

1. Reconocer las distintas formaciones vegetales que aparecen dentro del área de estudio del proyecto a tratar.
2. Inventariar las especies vegetales que existen dentro de cada formación, lo que se denomina *composición florística*.
3. Establecer valoraciones de la calidad de la vegetación en esa zona, en función de su estado de conservación y las funciones que realiza en el ecosistema.
4. Establecer valoraciones de la calidad de la flora en esa zona, es decir, de la presencia o ausencia de especies con un interés mayor.
5. Realizar cartografía que exprese las distintas unidades de vegetación determinadas en el primer punto.

Formaciones de vegetación. Para determinar la estructura de la vegetación se divide la zona en las *unidades ambientales de comportamiento homogéneo* a las distintas acciones del proyecto propuesto. Esta fase se va a realizar con la ayuda de una cartografía temática creada por los organismos oficiales, como las existentes en el Estado Español de «Cultivos y Aprovechamientos», a escala 1:50 000, editado por la Dirección de Producción Agraria del Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación, o «El Mapa Forestal de España», editado

por la Dirección General de Conservación de la Naturaleza del Ministerio de Medio Ambiente. Este último divide el territorio en *teselas* de vegetación y expone, en un librito adjunto, las especies presentes en cada una.

Otras herramientas muy aconsejables son las fotografías aéreas. Es aconsejable que sean lo más actuales posibles y en color, para poder distinguir las formaciones vegetales reales del terreno. Esta información es muy útil pero no suficiente, ya que siempre es necesario realizar salidas a la zona para corroborar y completar esos datos. Estas salidas deben estar planificadas de antemano para que sean productivas.

Para reconocer las formaciones vegetales se divide el área de estudio en fracciones asumibles para una jornada de trabajo. Para cada una de esas fracciones se deben diseñar recorridos que pasen por todas las formaciones vegetales detectadas, sin dejar de reconocer ninguna.

Composición florística. Con la composición florística de las distintas unidades de vegetación que hay en el territorio la metodología es muy similar. Se consulta el material bibliográfico, como los atlas o catálogos florísticos. También se están creando bases de datos internacionales sobre la biodiversidad muy completas, y en España las están desarrollando el Centro de Investigación González Bernáldez, de Soto del Real (Madrid) y el Real Jardín Botánico de Madrid. Otra opción para documentarse sobre la flora de la zona de interés es contar con expertos en la materia que pueden asesorar sobre el tema.

Los tipos de muestreos que se utilizan para conocer la composición florística pueden ser *transectos* (cuando lo que se quiere ver tiene una gradación longitudinal), cuadrantes, paseos por la zona..., pero siempre tomando nota de lo observado mediante fichas de campo previamente diseñadas en el gabinete. Éstas deben incluir información que ayude en las valoraciones posteriores como la estructura de las distintas capas de la vegetación, la cobertura de las mismas, o de algunas especies en concreto, la diversidad de especies existente dentro de cada formación vegetal, la distribución en el espacio de cada especie en concreto, su abundancia, su vitalidad general, si es una especie dominante o acompañante de la formación vegetal, etc. Ejemplos de estas fichas son las que aparecen en las Tablas 5.3, 5.4 y 5.5.

La abundancia de cada especie vegetal se puede medir o estimar de diferentes maneras, que no son intercambiables entre sí y tienen significados diferentes. La *abundancia* representa el número de individuos pertenecientes a una determinada especie. La *abundancia relativa* indica el porcentaje de individuos de una especie con respecto al total de individuos.

Las variables con las que se expresa la abundancia de una especie que se consideran tradicionalmente son:

- a) *Densidad*: es el número de individuos por unidad de superficie (densidad absoluta).
- b) *Cobertura*: es el porcentaje de terreno ocupado por la proyección de la parte aérea de un conjunto de plantas.
- c) *Biomasa*: es la cantidad de materia viva o seca por unidad de superficie.
- d) *Frecuencia*: en el caso de tener un gran número de unidades muestrales, se puede calcular otra variable de abundancia que es la frecuencia, que se define como el porcentaje de muestras en las que una especie dada está presente con relación al número total de muestras tomadas.

Tabla 5.3. Ejemplo de ficha de campo para la estructura de la vegetación.

FICHA DE CAMPO; VEG-1

Se van a tomar el número de muestras necesarias para que quede representada la vegetación de cada unidad ambiental, es decir, si hay 2 unidades de vegetación y la primera es más rica en especies que la segunda, se harán mayor número de muestreos para la primera que para la segunda. La situación donde se realicen los muestreos ha de referenciarse en la cartografía.

Método: dada una circunferencia de 25 m(*) de radio van a tomarse las variables que aparecen en la tabla.

Las tres primeras variables corresponden a la cobertura de los distintos estratos de vegetación (medida en proyección horizontal).

Las dos siguientes variables dan idea de la estructura de la unidad ambiental.

Las seis últimas variables sirven para hacer una valoración de la diversidad de la unidad ambiental.

(*) Se podría hacer una muestra para cada unidad ambiental disminuyendo el radio de muestreo en formaciones de pastizal, y aumentándolo en formaciones de bosque maduro, pero la medida de 25 m es un estándar, y a mayor distancia se pierde perspectiva.

Día:	Horas:					Condiciones climáticas:				
	1	2	3	4	5					
% árboles										
% arbustos										
% herbáceas										
Altura media árboles										
Altura media arbustos										
n.º árboles										
n.º arbustos										
n.º herbáceas (aprox.)										
n.º especies árboles										
n.º sp arbustos										
n.º sp herbáceas (aprox.)										

Tabla 5.4. Ficha de campo para la flora del área de estudio.

FICHA DE CAMPO; VEG-2

Abundancia: rara, frecuente, abundante.

Vitalidad: débil, normal, vigorosa.

Día:	Especie vegetal	Hora:	Condiciones climáticas:						
			Unidad (n.º)	Localización	Abundancia	Vitalidad	Sp.	Sp.	Observaciones
ej.:	<i>Poa bulbosa</i> o sp. 1 (si no se conoce y hay que determinarla)		1	Ladera sur	Frecuente	Vigorosa			
1									
2									
3									
4									
5									
6									
7									
8									
9									
10									
11									
12									
13									
14									
15									
16									
17									
18									
19									
20									
21									
22									
23									
24									

Tabla 5.5. Hoja de muestreo para determinar la abundancia de las especies de una comunidad vegetal (para cada unidad de vegetación).

HOJA DE MUESTREO

Inventario n.º:.....	Fecha:.....
Superficie (unidad):	Altitud:.....
Orientación:	Pendiente:

Localización del inventario: (Coordenadas y descripción):

Observaciones:

Especies	Índice de abundancia	Densidad	Cobertura

Tabla 5.6. Ejemplos de escalas para el registro de la abundancia de las especies vegetales.

	Clase	Significado		
Escala de Braum-Blanquet	1 muy escasas			
	2 escasas			
	3 poco numerosas			
	4 numerosas			
	5 muy numerosas			
Escala de Acocks	1 muy rara	1 indiv ha	100	m espaciamiento
	2 rara	2	70	m
	3 ocasional	40	17	m
	4 poco frecuente	450	5	m
	5 frecuente	1 indiv. m ²	1	m
	6 común	7	30	cm
	7 abundante	40	15	cm
	8 muy abundante	150	7,5	cm
	9 extremadamente abundante	1 300	2,5	cm

A través del muestreo se obtienen los valores absolutos de las variables de abundancia de cada categoría (o especie). Una vez obtenidos estos valores absolutos, se pueden convertir en valores relativos. Es decir, el valor absoluto, determinado para una categoría, se expresa con relación a la suma total de los valores absolutos obtenidos para todas las categorías. Resulta importante reconocer las diferencias en el significado ecológico y agronómico de las variables de abundancia de una especie. Estas variables no son intercambiables y cada una tiene su propio significado.

Las variables de abundancia muchas veces se miden con escalas ordinales que facilitan el trabajo (véase Tablas 5.6 y 5.7).

Tabla 5.7. Ejemplos de escalas para el registro de la cobertura de las especies vegetales.

	Clase	Significado	
Escala de Braum-Blanquet	1	< 10%	< 1/10
	2	10 - 25%	1/10 - 1/4
	3	25 - 50%	1/4 - 1/2
	4	50 - 75%	1/2 - 3/4
	5	75 - 100%	3/4 - 1
Escala de Kylin & Samuelson	1	< 8,3%	< 1/12
	2	8,3 - 16,7%	1/12 - 1/6
	3	16,7 - 33,3%	1/6 - 1/3
	4	33,3 - 66,7%	2/3 - 1
	5	66,7 - 100%	2/3 - 1

En el caso de no reconocer alguna especie *in situ* o de que existan dudas, se recolecta y posteriormente se determina con la ayuda de claves dicotómicas y material de disección, para obtener la lista de especies o *composición florística*. Esta lista da información cualitativa, pero también cuantitativa al indicar la abundancia de cada especie en cada una de las unidades de vegetación.

También se debe destacar la presencia de ejemplares singulares de alguna especie. Dentro de esta catalogación estarían los árboles monumentales y otros especiales por motivos culturales o de otro tipo, que suelen estar inventariados y protegidos. En España, algunas comunidades autónomas, como la de Madrid, los tiene registrados en su Catálogo Regional de Especies Amenazadas y Árboles Singulares.

Con los datos anteriores se podrá denominar a las unidades de vegetación en función de la *fitosociología*, que es la ciencia que determina a las asociaciones de especies vegetales que aparecen en el planeta, ya que éstas no aparecen al azar, sino que su presencia depende de muchos factores, incluidas las relaciones interespecíficas.

Hasta ahora el trabajo realizado ha tenido el objetivo de conocer la vegetación real de la zona, pero ésta puede ser el producto de diversas perturbaciones y por lo tanto no estar en su *etapa clímax*, es decir en su forma óptima de aprovechar los recursos del medio.

La vegetación está sujeta a procesos dinámicos que tienden a esa etapa de máximo aprovechamiento, pero hasta que logra llegar a ella se produce el proceso de la *sucesión ecológica*, que se ha definido como:

«Cambios direccionales (no cíclicos) que se producen en una comunidad en ausencia de perturbaciones. Las comunidades pioneras cambian a lo largo del tiempo hasta llegar a una etapa estable o clímax.»

La vegetación que aparecería si se diera la etapa clímax es la *vegetación potencial*, que se define como la que se instalaría de forma estable en una zona tras un tiempo más o menos prolongado (pueden ser miles de años) en ausencia de cualquier tipo de perturbación. Esto es algo que no suele ocurrir, porque antes o después en la sucesión ecológica o *sucesión primaria* se produce algún cambio que modifica la estructura de la vegetación, llevándola siempre a etapas anteriores (lo que se denomina *sucesión regresiva* o *regresión*), desde donde retoma el proceso de la sucesión, ahora *sucesión secundaria*.

Hay que conocer la vegetación potencial a efectos valorativos, para saber en qué etapa sucesional se encuentran las formaciones vegetales actuales y a dónde llegaría si no se realizara el proyecto previsto. Esta vegetación potencial da idea de lo que la naturaleza produciría si no hubiera actividad humana, lo que puede ayudar a la toma de decisiones.

Valoración. Tras conocer las unidades de vegetación que existen, el área de estudio y la composición florística de cada una de ellas, hay que realizar las valoraciones de la calidad ambiental de este elemento.

Primero se valoran las unidades de vegetación como tales, siguiendo criterios como los siguientes:

- *Grado de madurez*, en relación con su etapa clímax: cuánto más cercana mayor valor.
- *Representatividad*: cuánto mejor conservada esté y más representativa sea de una formación vegetal extensa, mayor valor tendrá.
- *Nivel de degradación*: si éste es alto, el valor de calidad será bajo.
- *Potencial recreativo*: a mayor naturalidad y accesibilidad, mayor estímulo para el esparcimiento, el senderismo o la acampada, su valor será mayor.
- *Productividad*: si es una zona agraria se puede reflejar como beneficio por hectárea y año (€/ha/año).
- *Reversibilidad*: se refiere a la dificultad que puede tener una formación vegetal degradada a volver de forma natural al estado anterior a la perturbación.

En segundo lugar han de valorarse las especies de cada unidad ambiental por separado. Esta labor se debe realizar con la ayuda de la legislación en materia de protección de especies amenazadas, tanto la internacional y la nacional, como la autonómica. Asimismo, la Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza (UICN), publica cada cierto tiempo, libros y listas rojas de la flora amenazada, que pueden coincidir o no con la lista de especies que aparece en las diversas legislaciones. En estos textos se cataloga a algunas especies como «vulnerables», «en peligro de extinción...», lo que las hace especialmente importantes.

Además, hay que considerar la presencia de especies endémicas. Cuando se constata la presencia de una especie de este tipo hay que conocer también a qué escala es endémica, no es lo mismo que sea endémica de la Península Ibérica que de la Región Íbero-Levantina (más restringida).

Otro factor que se tiene en cuenta es la presencia de especies raras, que son especies poco comunes, pero no están protegidas porque en otras zonas su presencia es más abundante. El hecho de que se presenten como raras denota que se han dado unas características especiales para que estos ejemplares se mantengan allí, lo que las convierte en importantes para su valoración.

También hay que considerar el uso que de la vegetación hace la fauna, para refugiarse o alimentarse. Hay casos en los que existe una fuerte dependencia entre animales y plantas, ya que algunas especies faunísticas son muy *especialistas* y algunas especies de plantas son el único alimento que consumen. Un ejemplo de ello es el caso del coleóptero (*Plagionotus marcorum*), endémico de cerros yesíferos, y que se creía extinguido, pero se han encontrado algunas poblaciones repartidas dentro del Parque Regional del Sureste de Madrid. Esta especie de escarabajo depende de la existencia de una malva de distribución restringida, *Lavatera triloba* que le sirve de alimento, por lo que si desaparece la planta, desaparece también el animal irreversiblemente.

A veces algunas especies de la zona se convierten en importantes porque tienen un valor cultural o económico para algún grupo social (usos folclóricos o medicinales). Esto hay que tenerlo en cuenta ya que serían igualmente afectadas por el proyecto que otras con algún tipo de protección por la legislación.

El conjunto de toda la información anterior va a proporcionar una idea de la calidad de la vegetación en la zona, y ésta debe expresarse en el Inventario Ambiental.

Cartografiar las unidades de vegetación. Por último, los resultados obtenidos de las prospecciones de campo y la documentación han de reflejarse en la cartografía. El mapa típico

es el que presenta las distintas unidades de vegetación. En él también se deben de situar algunos elementos especiales como los árboles singulares o la situación de alguna especie importante por algún motivo.

La cartografía también puede expresar otras cosas, como el grado de sensibilidad al proyecto de unas unidades ambientales con respecto a otras.

5.2.7. La fauna

La fauna en los estudios de impacto ambiental se refiere a los animales silvestres del espacio donde se va a trabajar. Por tanto, en esta definición no entran ni el ser humano ni los animales domésticos.

Este elemento ambiental es totalmente dependiente de las características de los elementos ambientales descritos anteriormente. Hay especies que son típicas de zonas altas, como algunas cabras, y otras de zonas llanas y bajas, como las aves esteparias en general. Las hay que se han adaptado muy bien a la escasez de agua, como los camélidos, y otras que la necesitan para cerrar sus ciclos vitales, como todos los peces y anfibios. Animales que requieren una cantidad alta de radiación solar, como los reptiles *sensu lato*, y otras que viven en la penumbra, como los topos o los murciélagos. Y, por supuesto, todas dependen de la vegetación, ya sea como refugio o alimento y de la presencia de otros animales, que pueden ser presas, hospedadores, etc.

Por lo tanto, la fauna depende para su presencia en el medio, de las características de algunos de estos elementos, como son:

- La cubierta vegetal.
- La topografía.
- El clima.
- El agua.
- La presencia de otros animales.

Dada esta dependencia, es normal que muchas especies animales se vean amenazadas directa o indirectamente por las acciones del hombre en el medio.

En el caso de infraestructuras lineales, es decir, carreteras, canales, vías férreas, tendidos eléctricos, gaseoductos, oleoductos, etc., se crean, con los tres primeros, el famoso *efecto barrera* que *fragmenta las poblaciones*, así como atropellos en carreteras y vías férreas. En el caso de los tendidos, se da una alta tasa de mortalidad para las aves, por colisión. Para las carreteras también está el impacto indirecto de la mayor presencia de público en zonas que antes eran menos accesibles, lo que puede crear furtivismo, destrucción directa de zonas sensibles como pueden ser las áreas de cría, comederos, etc.

Las obras hidráulicas se pueden agrupar en dos tipos: obras de regulación (presas y azudes) y canalizaciones de cauces. Tienen una serie de impactos sobre la fauna: en el caso de las presas, el relleno del vaso va a ocasionar la desaparición de hábitats característicos que se encontraban sometidos a las fluctuaciones estacionales del flujo de agua y donde vivían especies de animales adaptadas al mismo, pero que al pasarse de *aguas lólicas* (corrientes), a *lénticas* (estancadas), desaparecen al no poder hacer frente al cambio. De la misma forma

los embalses crean un efecto barrera para las *especies anadromas*, como los salmones y *catadromas*, como las anguilas, que tienen que superar la barrera física creada para llegar a las partes altas de los ríos para cerrar sus ciclos, unas en fase adulta y otras en fase juvenil respectivamente. Otro problema que causan los embalses a la fauna es la aparición de las *cejas*, al bajar el nivel del agua en los embalses, que son como desiertos biológicos en los que la vida escasea. Son trampas mortales para algunas aves, reptiles y anfibios, que pueden asentarse en esa zona y al subir el nivel de las aguas de imprevisto quedan atrapadas.

Aguas abajo de las zonas embalsadas también suceden cambios en las características naturales de los ríos, disminuyéndose normalmente el flujo de agua al mínimo y causando desaparición de frezaderos y refugios de fauna.

Con los canales se van a destruir totalmente los cauces naturales de los ríos y las orillas, por lo que se pierde todo tipo de vida animal y vegetal, así como la regulación que éstas podían hacer.

Otra actividad que afecta considerablemente a la fauna es la conversión en regadío de una superficie de terreno que antes tenía otra fisonomía: bien biotopos sin apenas transformación o zonas con cultivos extensivos. Este cambio crea ambientes totalmente distintos en los que la fauna que estaba adaptada a los anteriores puede mantenerse y tiene que desplazarse a otras zonas viables para ellas, si existen. Por otro lado, a veces hay especies que aparecen posteriormente, pero siempre van a ser primero las más *generalistas* y unidas a la distribución del ser humano y a los residuos que se generan. Estos dos efectos dan como consecuencia una disminución clara de la diversidad animal (y por supuesto vegetal) de la zona. Además, al transformarse grandes extensiones también se van a crear efectos barrera haciendo que la distribución de algunas especies o comunidades quede totalmente fragmentada, convirtiendo un área de distribución continua en una serie de islas inconexas.

En estos estudios del medio se deberían incluir todos los grupos faunísticos, pero la realidad es que por problemas técnicos, económicos y sobre todo temporales, esto no ocurre. Se suelen limitar los inventarios a los vertebrados. Esto es así porque existe una gran complejidad taxonómica para determinar a toda la fauna, en sentido amplio, de una zona. Siempre hay muchos más invertebrados que vertebrados, pero de aquéllos se sabe muy poco. Además muchos de los taxones de los invertebrados no se ven a simple vista, lo que complica en extremo su inventariación, teniendo que recurrir a métodos de muestreo que requieren mucho tiempo y recursos de los que no se suele disponer.

Dentro de los invertebrados a los que más caso se les hace en estos estudios, y tampoco mucho, es a los *artrópodos* (insectos, arañas, ciempiés, crustáceos...), y dentro de ellos a los insectos. Este estudio sesgado se debe a la facilidad relativa de encontrarlos y muestrearlos (en comparación con otros grupos) pero también a su número. En España se conocen unas 60 000 especies de animales, de los que 55 000 son artrópodos y 50 000 son insectos, y se sabe que no se conocen todos, ni mucho menos, estimándose que el número antes dado de artrópodos no es más que el 5 o el 10% de todas las especies que existen en el Estado Español, considerando que pueden ascender a unos 10 millones o incluso que alcancen los 30, de los que el 90% son insectos.

Aun así los inventarios ambientales de fauna sólo suelen abarcar a los vertebrados silvestres, y a veces a algunos *lepidópteros* (mariposas y polillas), los *ropalóceros*, por ser fáciles de muestrear, ser buenos bioindicadores, contar con un gran número de especies endémicas en la Península Ibérica y tener por tanto un alto valor naturalístico.

Los insectos y el resto de los *filos* de animales, sólo se suelen tratar en los inventarios ambientales en el caso de sospechar la presencia de algún invertebrado protegido. En ese caso habría que realizar muestreos específicos para dar con ellos o con alguna señal de su presencia.

Otro tratamiento especial que se da a algunos invertebrados es en el caso de:

- Especies plaga.
- *Controladores biológicos de plagas*.
- Bioindicadores.
- Especies que produzcan algún bien comercializable por el ser humano (como los «gusanos de seda»).
- Especies con características importantes para algunos grupos sociales.

Los motivos de trabajar con los vertebrados se deben al extenso conocimiento que se tiene de los mismos y sus costumbres, comportamiento, pautas de distribución temporal y espacial... Pero, por otro lado, entre los vertebrados es donde está el mayor número de especies amenazadas al estar en la cúspide de las pirámides tróficas. Además, se suele decir que si se conserva el área de distribución de las especies de los grandes depredadores vertebrados, que tienen mucha extensión, se conservará una gran cantidad de otros organismos que viven en su territorio.

En los estudios de impacto ambiental la consideración que se suele dar a la fauna es sobre todo de tipo conservacionista, quedando en segundo plano, pero no excluidas, las especies cinegéticas o las que proporcionan cualquier tipo de beneficio económico para el ser humano. En el caso de estas últimas se podrían nombrar a las abejas o los osos pardos, estos últimos son un reclamo turístico en algunos puntos de la geografía española, como en el Parque Natural de Somiedo (Asturias).

Por otro lado, para poder estudiar los distintos grupos faunísticos de los que hay poca información se requerirían especialistas de cada uno, lo cual suele ser inviable, siendo sólo una persona especialista en vertebrados (en el mejor de los casos), la que lleva el peso de este encargo, y por lo tanto se ciñe a lo más conocido y accesible.

El área de estudio en los inventarios de fauna debe abarcar más espacio que el que ocuparía el proyecto. Esto es debido a la capacidad de movimiento que tienen los animales, pero la elección de los límites es complicado, ya que cada animal tiene, por decirlo así, un dominio vital en el que pueda cubrir sus requerimientos biológicos (alimento, refugio, reproducción...). Algunos ocupan espacios muy grandes, a escala paisajística incluso, que son a veces mucho más extensos que la zona física donde se implantaría la actividad en estudio, y por tanto afectados por ella (grandes vertebrados), y otros apenas ocupan unos metros cuadrados (algunos invertebrados). Esta variación de escala va a depender del tamaño de los animales y de su movilidad.

Dada esta situación se crea un conflicto en la decisión de cuánto tiene que abarcar el área de estudio para este elemento. Va a depender de las especies que se puedan encontrar en ese territorio, lo cual exige una labor previa de documentación y valoración preliminar de las especies que allí aparecen, por lo que si en la zona existen grandes vertebrados protegidos o sensibles al cambio que se produciría, el área de estudio será muy amplia, llegando los efectos a notarse a escala regional.

No hay una regla fija que diga cuánto se tiene que ampliar un área de estudio por la presencia de la especie X en la zona. Esto se tiene que resolver indagando en la bibliografía específica y consultando a expertos en cada especie para conocer el tamaño de su área de campeo y otras características, como cuáles son los lugares donde es más sensible. A pesar de lo dicho, algunos autores se han molestado en sacar las áreas mínimas que ocupan algunos vertebrados (no todos) y éstas están expuestas en la Tabla 5.8.

El inventario ambiental de fauna implica llevar a cabo varios pasos:

1. Realizar una descripción de los hábitats presentes en el ámbito de estudio.

Tabla 5.8. Tamaño orientativo de los territorios de diferentes especies de vertebrados paleárticos.

Nombre científico	Nombre común	Superficie en ha
Anfibios		
<i>Salamandra salamandra</i>	Salamandra común	0,03-0,05
Reptiles		
<i>Lacerta agilis</i>	Lagarto ágil	0,006-0,03
<i>Lacerta vivípara</i>	Lagartija de turbera	0,03-0,09
<i>Podarcis muralis</i>	Lagartija roquera	0,0025
Aves		
<i>Accipiter gentilis</i>	Azor	210
<i>Buteo buteo</i>	Ratonero	129
<i>Strix aluco</i>	Cárabo común	31
<i>Lullula arborea</i>	Totovía	8
<i>Oenanthe oenanthe</i>	Collalba gris	2
<i>Turdus merula</i>	Mirlo	37
<i>Parus palustris</i>	Carbonero palustre	2
<i>Lanius collurio</i>	Alcaudón dorsirrojo	2
<i>Corvus corax</i>	Cuervo	928
Mamíferos		
<i>Sorex araneus</i>	Musaraña colicuadrada	0,3
<i>Clethrionomys galreolus</i>	Topillo rojo	0,05-0,7
<i>Microtus arvalis</i>	Ratilla campesina	0,03-0,1
<i>Microtus agrestis</i>	Ratilla agreste	0,02-0,3
<i>Mus musculus</i>	Ratón común	0,2-0,7
<i>Apodemus sylvaticus</i>	Ratón de campo	0,002-2,4
<i>Canis lupus</i>	Lobo	811
<i>Vulpes vulpes</i>	Zorro	155
<i>Ursus arctos</i>	Oso pardo	2 560-3 328
<i>Cervus elaphus</i>	Ciervo	517

2. Hacer un listado de las especies presentes en cada hábitat de la zona, dándole importancia a las endémicas, raras o amenazadas e indicando su distribución espacial, abundancia y relaciones tróficas, así como identificando su dominio vital, localizando los espacios especialmente sensibles para ellas, como pueden ser las áreas de nidificación, campeo o invernada (lo que se debe cartografiar).
3. Valorar la calidad de la fauna en cada hábitat de ese lugar según unos criterios previamente definidos.
4. Cartografiar los resultados.

Una serie de problemas muy recurrentes que suelen aparecer son:

- La estacionalidad. Como ya se ha comentado, la fauna de una zona cambia a lo largo del año, por lo que muchos animales no se pueden encontrar en el periodo de, más o menos, un mes en el que se suele realizar el inventario de fauna, bien porque se encuentren en sus *cuarteles de invernada* o *cría*, como muchas aves migratorias, porque en su ciclo vital estén en otra zona o en una forma difícil de encontrar, como muchos lepidópteros y *herpetos* en invierno, etc. Además, en muchas ocasiones, al tener una fecha de entrega nada relacionada con los ciclos vitales de la naturaleza, a pesar de ser estudios medioambientales, las épocas en las que se realizan los estudios de impacto ambiental no coinciden ni siquiera con los momentos en los que están la mayoría de las especies de las comunidades faunísticas visibles, esto es en primavera, cuando la mayor parte de la fauna se encuentra en su fase reproductiva, época en la que las especies animales están más sensibles a las alteraciones por transformación de su hábitat, molestias, ruidos, etc. Todo esto va a dar como resultado una visión fragmentada de esas comunidades que se pueden encontrar en esa zona.
- Complejidad en los muestreos. Al ser móvil, la fauna es muy complicada de muestrear, especialmente de forma cuantitativa, y si se tiene en cuenta que para cada especie emblemática se requiere un muestreo particular, la cosa se complica más. Cada grupo faunístico necesita un tipo de muestreo distinto al de los demás. Por otro lado, son necesarios estos métodos (aunque sean cualitativos) ya que siempre hay que cuestionar la exactitud de la información obtenida de la bibliografía, al poder sorprender los muestreos y encontrar especies relevantes que antes de hacerlo no estaban contempladas en los listados. Asimismo, hay que tener en cuenta que hay especies diurnas, pero también las hay nocturnas, por lo que los diseños de muestreos tienen que contar con este factor.

Descripción de los hábitats presentes en el área de estudio. Para realizar el inventario ambiental de la fauna se empieza recopilando información, entre la que se incluye cartografía topográfica y fotografías aéreas. En estas últimas se puede ver fácilmente la fisonomía de la zona y una primera aproximación de los hábitats que se encontrarán en la zona de trabajo. Ejemplos de ello pueden ser: la alta montaña, el bosque mediterráneo, la *laurisilva*, las estepas cerealistas, los cortados rocosos, los ríos y riberas, las zonas húmedas, las costas, las islas, etc.

Este trabajo empieza en el gabinete, pero requiere alguna visita al área de estudio (la extensión que se ha decidido de antemano, no necesariamente igual al espacio ocupado por

la obra, por la presencia de algunas especies emblemáticas reconocidas desde la focalización), para corroborar o modificar los datos obtenidos anteriormente. Como se ha dicho, las fotos aéreas ayudan mucho pero, en primer lugar deben ser muy actuales, y en segundo no siempre se va a ver todos los hábitats posibles ya que se pueden ver zonas homogéneas donde en realidad no las hay, debido a la existencia de un dosel vegetal que evita ver por debajo de él.

Catálogo faunístico. Una vez que se conocen los hábitats que existen en la zona de estudio ha de elaborarse un catálogo faunístico de las especies presentes en ella y colocar a cada una en su hábitat correspondiente, donde ejerce su función.

La primera parte de este apartado se lleva a cabo mediante consultas bibliográficas y entrevistas con expertos, cuando hay tiempo y si fuese necesario. De esta labor documental también se deben extraer las necesidades biológicas de las especies más importantes, así como aspectos *fenológicos* y las *singularidades faunísticas*, para poder protegerlas mejor, ya que puede que sean sensibles a la alteración de su hábitat o que sean especies muy especialistas en el uso del espacio.

Para que el catálogo faunístico sea riguroso, se requiere hacer unas visitas a la zona de estudio donde se harán una serie de muestreos para localizar poblaciones faunísticas concretas que tengan un particular interés: científico, cinegético, como indicadores ambientales, etc. Estos muestreos podrán ser cuantitativos y/o cualitativos, dependiendo de las limitaciones espacio-temporales y económicas. De cualquier forma han de ser planificados de antemano antes de ir al campo. Estos factores limitantes van a determinar, por tanto, el esfuerzo de muestreo que se va a realizar. Los estudios de impacto ambiental, en función de estas variables, van a abarcar un mayor o menor nivel de detalle en su elaboración:

1. Lo mínimo que se debe hacer en estos estudios es la realización del catálogo faunístico, del que se extraigan las especies que son emblemáticas en la zona por su endemidad, rareza, protección en alguna ley, etc. Esta información puede apuntar a la necesidad de realizar estudios con mayor detalle sobre las especies de mayor valor conservacionista. Si no se hace desde el principio, a veces se exige su realización en las Declaraciones de Impacto Ambiental (*véase* Declaraciones de Impacto Ambiental en el CD).
2. En un nivel mayor de detalle han de describirse también las distintas comunidades faunísticas que hay en el territorio, es decir, relacionar las especies con sus hábitats. Esta información será muy útil para establecer las unidades ambientales referidas a la fauna y poderlas valorar adecuadamente, así como para que la previsión de impactos sea más eficaz.
3. La forma idónea de realizar un inventario ambiental de fauna consiste en localizar, en primer término, los territorios de las especies más significativas y, en segundo, los espacios especialmente sensibles a la transformación por parte del proyecto, donde las especies relevantes cubren una parte importante de su ciclo vital. Localizar estos territorios no suele ser fácil, salvo que existan barreras físicas, como formaciones acuáticas, cambios de biotopo, montañas, barreras humanas, etc., que limiten el espacio. Ejemplos de los segundos pueden ser los árboles donde tienen los nidos las

grandes rapaces como el buitre negro (*Aegypius monachus*) y su periferia, los pilones donde se reproducen algunos anfibios o las zonas húmedas donde muchas aves recuperan fuerzas durante su migración a zonas más lejanas. Estas especies dependen de estos enclaves concretos para su subsistencia, con lo que el conocimiento de su localización puede hacer que se evite su destrucción, ya que de no ser así podrían generarse consecuencias altamente negativas, capaces de hacer inútiles otros esfuerzos por conservar las poblaciones animales. Y en el caso de que se aprobase la actividad prevista, la correcta identificación de los citados elementos críticos puede ayudar a que ésta se pueda compatibilizar con la conservación de las especies emblemáticas.

Los muestreos deben aportar el conocimiento sobre la composición, estructura y dinámica de grupos faunísticos que se presentan en el área de estudio. Según el nivel de detalle en el que se encuentren, variarán desde un simple paseo por la zona (sobre todo para áreas pequeñas), hasta muestreos concienzudos durante bastante tiempo y abarcando mucho espacio. Estos métodos pueden ser:

- *Muestreos al azar*: cada zona que se muestrea tiene la misma posibilidad que las demás de ser elegida y éstas no condicionan la elección de otros puntos de muestreo.
- *Muestreos regulares*: los puntos de muestreo están regularmente distribuidos.
- *Transectos*: son recorridos lineales a lo largo de zonas que tienen un gradiente de información.
- *Muestreos estratificados*: pueden ser al azar o regulares pero ya dentro de cada biotopo o hábitat previamente reconocido.

La elección de un tipo de muestreo va a depender de la biología de las especies de las que se quiere obtener información, es decir, su distribución en el espacio y en el tiempo. Esta distribución puede ser *contagiosa* (lo más común), al azar o regular. Dentro de cada hábitat los animales van a ocupar unos territorios, que variarán en función de su movilidad, sexo, estatus, *densidad de población* y existencia de recursos. Además, las poblaciones animales tienen unos ritmos que hay que tener en cuenta. Asimismo, es conveniente conocer las interacciones sociales que tienen los animales de varias especies entre sí, en el mismo espacio, ya que los territorios de especies distintas se solapan.

Incluso el método más simple debe intentar recoger la máxima información posible como es: la riqueza cualitativa de especies de la zona de estudio, la localización de esas especies (hábitat), la abundancia de ejemplares de cada una de ellas (intento de cuantificar), etc., como se ve en la Tabla 5.9.

La determinación de la presencia de los animales se hace por medio de la percepción directa de los mismos (verlos u oírlos) o indirecta (excrementos, huellas, comederos, rascaderos, hozadas, etc.), como aparece en la Tabla 5.9.

El método del recorrido, o cualquiera de los otros, puede repetirse en sucesivas salidas al campo para intentar solventar las variaciones estacionales o diarias de presencia de algunos organismos. El número de repeticiones que se hagan estará en función del grado de finura que se quiera conseguir. Al final se hacen estudios estadísticos (en los casos más favorables), para tener estimas de abundancia de las distintas especies.

Tabla 5.9. Ficha de campo de fauna.

FICHA DE CAMPO; FAUNA

Tipo de percepción: Directa (D): visual, auditiva.

Indirecta (= Indicicios de presencia, Ind.): excrementos, huellas, comederos, rascaderos, hozadas...

N.º individuos/abundancia: El primero se dará cuando la percepción sólo es directa, y el segundo cuando es indirecta o ambas (rara, frecuente, abundante).

Observaciones: refugio, área de caza, zona de sesteo, nido, edad, sexo...

Día:	Hora:	Condiciones climáticas:					Observaciones
		Especie animal	Unidad (n.º)	Localización topográfica	Percepción D/Ind.	Tipo de percepción		N.º individuos/abundancia
ej.:		<i>Ciconia ciconia</i> o sp. 1 (si no se conoce y hay que determinarla)	1	Ladera sur	Frecuente	Vigorosa	
1							
2							
3							
4							
5							
6							
7							
8							
9							
10							
11							
12							
13							
14							
15							
16							
17							
18							
19							
20							

Valoraciones. Para valorar la calidad de la fauna se usan una serie de criterios que eviten arbitrariedades en este proceso. Además en ocasiones son útiles los bioindicadores faunísticos para conocer el estado de un hábitat, como algunas especies de *dípteros* (moscas y mosquitos), que se han adaptado a una gran cantidad de entornos.

En primer lugar se valoran los biotopos o hábitats que aparecen dentro del área de estudio. Para ello se pueden usar los criterios siguientes:

- Grado de degradación (*véase* Vegetación).
- Presencia de especies significativas.
- Presencia de enclaves importantes para las especies significativas.
- Potencialidad de ser usado por especies significativas.
- Diversidad de especies animales.
- Tamaño del territorio (a mayor tamaño de hábitats susceptibles de ser ocupados por la fauna mayor valor, sobre todo en ambientes que están fragmentados).
- Rareza.
- Representatividad (*véase* Vegetación).
- *Fragilidad*: grado de sensibilidad de los hábitats, comunidades y especies ante cambios medioambientales.
- Importancia para la vida silvestre.

En lo relativo a la valoración de las especies de forma individual se usan los criterios de:

- Endemicidad (*véase* Vegetación).
- Rareza (*véase* Vegetación).
- Grado de amenaza: se ve por la legislación y los Libros y Listas Rojas.
- Fragilidad.
- Importancia para algún grupo social (*véase* Vegetación).

Al final hay que dar un valor a la calidad de la fauna de la zona, que será alta, media o baja, con algunas posibilidades intermedias.

Cartografía de los resultados. Una vez realizadas las valoraciones han de confeccionarse las representaciones cartográficas de las distintas unidades faunísticas. Esto puede hacerse en función de los distintos biotopos, incluyendo dentro de ellos las zonas especialmente frágiles a su alteración o por jerarquías de protección.

5.2.8. El paisaje

El paisaje es un elemento muy particular del medio biofísico, porque va a ser la expresión integrada de todos los demás. Según cómo sean las características, especialmente geológicas, topográficas, vegetales y de los usos tradicionales del terreno por el ser humano, aparecerán distintos paisajes. Aunque estos son los componentes que más fácilmente se pueden destacar, dependen de manera muy profunda también de otros, como las condiciones edáficas, el clima y la fauna del lugar. Todos éstos son necesarios para crear los paisajes que el ser humano percibe.

La inclusión del paisaje en los estudios de impacto ambiental se debe al uso que le dan las personas para su disfrute estético, lo que se traduce en utilización para el esparcimiento, el turismo, las actividades al aire libre o la residencia. Por tanto, los paisajes bellos (término que implica mucha subjetividad), son un recurso natural cada vez más escaso por el aumento desordenado que se está dando desde hace tiempo del urbanismo, cultivos o de otras actividades que cubren las necesidades de la cada vez mayor población humana.

Es un recurso no renovable, por lo menos a la escala de vida del ser humano. Por lo tanto, dada su escasez, es necesario proteger los de alta calidad y priorizar su uso para una serie de actividades que mantengan su estética frente a otras que sean discordantes o la destruyan. Esto no significa que sea un elemento estático, ya que cambia con los procesos propios de los elementos que lo forman.

La importancia del paisaje en los estudios de impacto ambiental ha variado con el tiempo. Antes sólo era considerado como el trasfondo estético sobre el que se desarrollaban las actividades humanas, pero ahora es un elemento ambiental tan significativo como la vegetación, el suelo o cualquiera de los otros elementos tratados en estos estudios.

El *paisaje* está considerado como la expresión perceptual de medio físico, lo que implica que es detectado por todos los sentidos, es decir, es función de la percepción plurisensorial. Esto implica que su tratamiento debe contar con la forma de apreciarse con la vista, el olfato y el oído, especialmente. El sentido que más destaca siempre va a ser la vista, pero no hay que despreciar la posibilidad de oler las fragancias de las especies vegetales aromáticas o de la humedad del agua en un prado, oír el rumor de los árboles al moverse con el viento o los cantos de los pájaros. Estos factores son importantes, porque un paisaje bello visualmente, pero que huele a alcantarilla y en el que suena de forma continua el traqueteo de una maquinaria pesada, pierde mucho valor estético. También el tacto se vuelve importante cuando pasear por la zona de estudio implica pincharse. El gusto entra en juego cuando existe, por ejemplo, la posibilidad de acceder a frutos silvestres. La conjunción de todos los sentidos, y no de la vista exclusivamente, va a dar como resultado una percepción concreta del lugar en el que se esté, el paisaje.

Dado que la belleza es algo totalmente subjetivo, se plantea la cuestión de si existe una realidad objetiva del paisaje ligada a la realidad física del territorio o, por el contrario, hay tantos como receptores o percepciones. Alguien puede emocionarse o no con el mismo paisaje dependiendo de su estado de ánimo o de su conocimiento. Hay que decir que según algunos autores el paisaje nace de la concepción humana. Esto es importante porque la subjetividad va a estar presente durante todo el proceso de desarrollo del inventario ambiental del paisaje, al entrar en juego factores plásticos, emocionales y culturales.

La forma de realizar este inventario resulta muy novedosa para la mayoría. No sólo el proceso es muy subjetivo, sino que además hay que manejar una terminología relativamente moderna, pues este elemento se está estudiando desde los últimos 25 años. Estos términos, al ser desconocidos para la gran mayoría del público se suelen definir en el propio inventario temático.

Aunque esté aceptado el tratamiento del paisaje como marco estético en los estudios de impacto ambiental hay también otra forma de considerarlo igualmente correcta, que es tratar a este elemento como la respuesta ecológica del resto de los elementos ambientales. Según Forman y Gordon (1986) como:

«Una superficie del terreno heterogénea compuesta por un conjunto de ecosistemas en interacción que se repite de forma similar en ella.»

El tratamiento de esta forma de considerar el paisaje se basa en lo hecho hasta ahora, es decir, el tratamiento de los elementos que lo componen por separado y la valoración de su calidad ambiental. A mayor calidad del conjunto, mayor calidad del paisaje que crean. Por otro lado, la escala de trabajo de este método puede abarcar de cientos a miles de kilómetros por lo que no es operativa para los estudios de impacto ambiental.

Para hacer un buen inventario del paisaje lo primero que hay que conocer es el proyecto, es decir, hay que empezar con la focalización. Es necesario saber cómo se van a disponer las infraestructuras, principales y auxiliares, en el espacio, su volumen, forma, altura, color, los materiales que se van a usar, cómo va a funcionar, los residuos que van a producir, el ruido que va a generar, si se va a emitir polvo o no, etc., y así conocer cómo es el medio «sin» y «con» el proyecto.

Teniendo esta información hay que hacerse con una serie de herramientas para la elaboración de este apartado. Éstas van a ser:

- Planos topográficos a escala 1:50 000 o 1:25 000 y 1:10 000 o 1:5 000.
- Planos de la actividad proyectada, a escalas lo más detalladas posible o que se puedan superponer con los anteriores.
- Fotografías aéreas en color, del vuelo más actual posible.

Área de estudio. Cuenca Visual: descripción y cartografía. Una vez que se cuenta con la información y el material expuesto, lo primero que hay que hacer al inventariar el paisaje es delimitar la *cuenca visual*. A diferencia de lo que normalmente se considera *cuenca visual*, que sería lo que alcanza la vista desde un punto (donde se sitúa el proyecto), en los inventarios ambientales de paisaje, es el conjunto de puntos desde donde se puede ver la actividad planteada, parcial o totalmente. En ocasiones estos dos espacios pueden coincidir, pero no tienen por qué hacerlo necesariamente. El área de estudio correspondiente para este elemento ambiental es la cuenca visual descrita.

Hay varias formas de obtener la cuenca visual: por observación directa en el terreno con la ayuda de la cartografía, mediante la medición en mapas topográficos o con programas informáticos. Las fotografías aéreas son de gran ayuda porque con ellas se puede destacar dónde hay zonas boscosas que hagan de barrera visual, cosa que no se puede saber sólo con la cartografía topográfica. Además, se puede ir viendo dónde existen zonas ciegas, también llamadas *sombras*, desde donde no será visible la actuación.

En cualquier caso, es necesario ir a la zona de estudio para corroborar la información obtenida a partir de los mapas y ver si la vegetación ha crecido, hay nuevas infraestructuras que limiten el flujo de vistas, etc. Una vez que se ha delimitado correctamente la cuenca visual, con sus zonas ciegas incluidas, ha de representarse cartográficamente y describirse en el documento.

En un terreno llano la distancia máxima que se acepta para considerar el límite de la cuenca visual se aproxima a los 1 200 m (1 000-1 300), que es a partir de donde las formas pier-

den definición, y por lo tanto el impacto visual que se pudiera generar estaría mitigado. Esta distancia no es válida cuando se trata de una zona montañosa, donde los límites de la visión humana se amplían. Pero la línea de cumbres (límite visual) está en muchos casos demasiado lejos del lugar de instalación de la actividad, con lo que en estos estudios no se suelen superar más de 2 o 3 km de radio para determinar la cuenca visual, y por tanto el área de estudio. Si la actividad se ha planificado en un lugar que se encuentra en una hondonada, por debajo del nivel de un llano, ésta será muy reducida.

Algo muy útil para llevar a cabo este trabajo es haber realizado previamente, de forma manual (por superposición de planos) o por computador, simulaciones de la presencia del proyecto en el espacio estudiado, de forma que, no sólo se determine la cuenca visual, sino que también se faciliten los trabajos que vienen a continuación, al poder visualizar el proyecto, con sus volúmenes, alturas máximas, etc.

Unidades de paisaje: descripción y cartografía. En la mayoría de los estudios de impacto ambiental, después de determinar el área de estudio, ésta se divide en unidades de paisaje internamente homogéneas. Para delimitarlas se usan los componentes del paisaje que las describen, que son básicamente los aspectos del territorio que lo configuran y que se diferencian a simple vista. Éstos son:

- El relieve y el suelo: la forma del terreno (montañas, colinas, valles, llanuras), su naturaleza (suelo desnudo, afloramientos rocosos) y su disposición.
- El agua: las formas de las masas o puntos de agua (fuente, arroyo, río, laguna, embalse, mar, hielo, nieve, vapor, etc.), su movimiento o quietud, y su situación.
- La vegetación y la fauna: la fauna es poco visible, pero en algunos casos se pueden ver bandadas de pájaros o apreciar sus sonidos. Aquí también se incluye al ganado. De la vegetación se observa su fisonomía, color, contraste, forma, frondosidad, estructura en estratos y su localización en la zona.
- Las actuaciones humanas: pueden ser los usos tradicionales del terreno (cultivos forestales, herbáceos, huertas...), las construcciones existentes de forma puntual (puentes, edificios, presas, recintos de piedra para el ganado, casa de pastores, castros celtas, fortalezas medievales, etc.), lineal (carreteras, caminos, líneas férreas, cañadas reales, tendidos eléctricos, etc.) o abarcando grandes superficies (núcleos urbanos, polígonos industriales, etc.).

En ocasiones la división en unidades ambientales se hace atendiendo a los tipos de vegetación y se genera un mapa semejante al de las unidades de vegetación en el apartado correspondiente.

Cuando se delimitan unidades paisajísticas y existe la posibilidad de que se afecte una de las periféricas, aparece el problema de que va a interaccionar visualmente con zonas colindantes que no han sido contempladas dentro de la cuenca visual del proyecto y por tanto no han sido estudiadas. En estos casos el área de estudio se puede ampliar con una profundidad igual al máximo ancho de la cuenca visual y medir las características de esa zona ampliada de una forma más somera para que el trabajo no aumente demasiado.

Una vez que se han reconocido las distintas unidades paisajísticas hay que representarlas cartográficamente y describirlas en el documento.

Valoración. Al entrar a valorar la cuenca visual en su totalidad o cada una de las unidades ambientales que la componen (según sea el caso), se examinan dos características de las mismas:

- *Calidad intrínseca.*
- *Fragilidad visual.*

Calidad intrínseca del paisaje o de las unidades del paisaje. La *calidad intrínseca del paisaje* es una cualidad extremadamente difícil de medir de forma objetiva, y aunque se han desarrollado bastantes métodos, ninguno tiene la solución a este problema y algunos resultan muy complicados.

En el área de la planificación física se entiende por calidad todas aquellas cualidades o méritos de una zona para ser conservada, por lo que *calidad paisajística* será el conjunto de cualidades o méritos de un paisaje para ser conservado.

Básicamente se trata de describir los valores positivos y negativos que tiene un paisaje, como los siguientes:

Positivos:

- Agua limpia.
- Aire limpio.
- Posibilidad de escuchar sonidos naturales como el canto de las aves o el ruido que hace la hojarasca al pisarse.
- Posibilidad de oler fragancias de plantas.
- Posibilidad de ver fauna silvestre.
- Vegetación frondosa.
- Cambio de coloración estacional.
- Alta diversidad florística.

Negativos:

- Aguas estancadas y pútridas.
- Ruidos de coches.
- Desperdicios esparcidos por la zona.
- Infraestructuras discordantes con el entorno.

La *singularidad paisajística* está referida a la presencia, dentro del área de estudio, de algún elemento sobresaliente de carácter natural o artificial, como pueden ser unas *diaclasas* muy bien definidas o la presencia de un *dolmen*. Estos elementos singulares son recursos didácticos, científicos, históricos y/o culturales que hay que conservar, y dan una mayor calidad al paisaje donde se ubican. Muchos de éstos habrán sido descritos ya en otros inventarios temáticos.

Los criterios para valorar la calidad del paisaje pasan por la consulta a expertos y la aceptación de su subjetividad a la encuesta a una muestra de población representativa (muy difícil de encontrar). El objetivo es, no sólo ver si hay que conservar ese paisaje por ser bello, en el caso de usar sólo la cuenca visual, sino también hacer una jerarquía de belleza entre

las distintas unidades ambientales para luego decidir dónde se establecería la actuación. Para realizar este trabajo también son útiles las consultas a los grupos sociales interesados y a expertos, durante la focalización.

Una metodología interesante para realizar la valoración de la calidad de la cuenca visual o de las unidades de percepción homogénea, es la propuesta en la Tabla 5.10, donde se indican las características de los distintos componentes del paisaje que hay que tener en cuenta, aunque se diseñó para describir las unidades ambientales. Este método es subjetivo aunque marca unas pautas de actuación.

Tabla 5.10. Componentes del paisaje y las características que se han de describir.

Componentes	Características
Morfología	Altitud Pendiente Orientación Complejidad Singularidad
Sustrato	Tipo de superficie Superficie expuesta Grado de erosión Singularidades
Vegetación	Tipo de formación vegetal Diversidad Estructura vertical Altura del estrato superior Estructura horizontal Estacionalidad Densidad Naturalidad Singularidad
Agua	Tipo de masa o punto de agua Estacionalidad Singularidad
Actuaciones humanas	Tipo de actuación Extensión Distribución Morfología Diseño y estilo Complejidad Materiales Estado actual Singularidad

Se separa el paisaje en:

- Morfología.
- Sustrato (referido al suelo y a la litología).
- Vegetación.
- Agua.
- Actuaciones humanas.

A estas características se añade también la descripción de los elementos visuales básicos (color, forma, línea, textura, escala y espacio o escena) para los distintos componentes del paisaje para determinar la dominancia de unos sobre otros, creando unas escenas concretas o el contraste visual que se genera entre colores y formas.

También se recomienda caracterizar el *fondo escénico*, que corresponde al espacio que circunda al área de estudio y tiene una influencia en la percepción positiva o negativa del paisaje.

Hay que tener presente que las actividades humanas no siempre son negativas para el paisaje, por ejemplo, las construcciones muy características y apreciadas de los paisajes rurales. Pero en algunas ocasiones se ha observado el deterioro calculado y consciente de una zona en origen con alto valor en su calidad visual, no medido por expertos, sino por la población, (por ejemplo, introduciendo infraestructuras no fijas, como gran número de contenedores de transporte de mercancías apilados en la zona). Como resultado de ello se obtienen valoraciones negativas del paisaje y por tanto se puede construir. Este tipo de acciones son absolutamente reprobables, y hay que tenerlas en cuenta cuando se lleva a cabo un estudio como éste. Si se quiere ser objetivo es preciso conocer la historia del lugar y saber las características del emplazamiento sin esos «impactos visuales».

Fragilidad del paisaje o de la unidad paisajística. El otro parámetro que hay que estudiar para hacer las valoraciones del paisaje es la fragilidad visual. Esta característica se usa especialmente con el objetivo de localizar las actividades en unas o en otras unidades del paisaje.

La fragilidad visual se define como el grado en el que una unidad del paisaje repele un cambio en su forma. Es lo contrario a capacidad de absorción visual, es decir, a mayor fragilidad visual menor absorción tiene un paisaje a la introducción de un cambio en el mismo. Dicho de otro modo, la fragilidad visual es el grado de deterioro de la calidad que experimenta un paisaje por la introducción en él de una determinada actividad; así, paisajes con baja fragilidad son capaces de permitir el desarrollo de una actividad sin que se modifiquen sus valores iniciales de calidad.

La fragilidad está en función del tipo de proyecto, mientras que la calidad del paisaje es independiente de él, es una cualidad intrínseca del territorio. Sin embargo, la fragilidad visual es un parámetro que se puede medir y cuantificar con mayor objetividad que la calidad.

En los métodos existentes se tiene en cuenta, a parte de las características de los componentes del paisaje, otros factores como la *visibilidad* y la *accesibilidad* al lugar. Cuanto más visible sea la actividad y cuantos más observadores la vean, más frágil es el paisaje.

Para medir esos factores se suele hacer un estudio de *intervisibilidad*, que se define como el grado de visibilidad recíproca de las unidades paisajísticas obtenidas. Con ella se

analiza cómo resaltaría el proyecto en las diferentes unidades ambientales. En el caso de una carretera, desde la que es agradable ver paisajes bonitos, pero sin embargo, desde esos paisajes no es grato ni verla ni oírlos, y es conveniente localizarla donde no perturbe a la población.

La *intervisibilidad*, por tanto, está formada por lo que se ha llamado *incidencia visual*, o visibilidad, que sería cómo se vería la actividad (si se instalara) desde los márgenes de las unidades ambientales homogéneas. La forma de medirla resulta muy complicada, por lo que se eligen una serie de puntos desde donde se mide. También se mide desde los puntos más frecuentados por la población (estén o no dentro de la cuenca visual), ya que son éstos donde se manifestaría más claramente el posible impacto visual (accesibilidad).

Una vez que se ha hecho el recorrido por todos los puntos de visión, se obtiene unos valores numéricos, correspondientes al número de veces que cada unidad ambiental es vista desde ellos. Teniendo estos datos se pueden ordenar las unidades ambientales en función de esos valores. Cuanto mayor sea la cifra obtenida, mayor exposición de vistas tiene la unidad ambiental correspondiente, y cualquier actividad que se instale en esa zona tendrá una mayor repercusión en el territorio ya que se verá desde más zonas, y por lo tanto esos espacios tendrán una fragilidad visual alta respecto al resto.

El *potencial de vistas* es la situación inversa a la incidencia visual, es decir, el campo de visión desde las posibles zonas donde se localizaría el proyecto. Se determina la profundidad de campo (hasta dónde se ve), la amplitud de campo (el ancho que se abarca con la vista) y la calidad de lo que se ve.

La *accesibilidad visual* se introduce en la valoración de la fragilidad visual, ya que se asume que la fragilidad de un paisaje es mayor, cuanto mayor es el número de observadores potenciales. Así, la accesibilidad visual potencial radica en asociar la actividad con la presencia y frecuencia de observadores potenciales.

Las áreas que se usan para medir la accesibilidad visual son:

- Las vías de comunicación (carreteras, pistas, vías férreas...).
- Los núcleos de población.
- Las zonas que tienen un uso intenso, como merenderos, playas, líneas de costa accesibles, lugares turísticos, etc.

Es importante también saber cuánta gente es susceptible de ver la actuación planificada, para ello ha de disponerse de:

- Censos de población de los distintos municipios afectados.
- Densidad y ocupación por hectárea.
- Intensidad diaria media de tráfico por los viales colindantes.

Si los puntos de mayor afluencia de personas están fuera de la cuenca visual, el posible impacto visual será menor, por lo que este tipo de efectos se van mitigando conforme aumenta la distancia.

Volviendo a la fragilidad visual (y conociendo la intervisibilidad y la accesibilidad, las que ajustan su valor), hay una serie de criterios que van a ayudar a medirla. Estos criterios aparecen en la Tabla 5.11.

Tabla 5.11. Medidas de fragilidad: cuando las variables que aparecen en la tabla son altas la fragilidad visual de la zona donde se está midiendo también aumenta. Al combinar la fragilidad visual del punto con la del entorno se obtiene la fragilidad visual intrínseca de cada punto del territorio. Y ésta, unida a la accesibilidad, resulta la fragilidad visual adquirida.

VARIABLES	
Fragilidad visual del punto (factores biofísicos)	
<i>Suelo y cubierta vegetal</i>	Poca densidad de la vegetación (proyección horizontal) Contraste cromático suelo-vegetación Baja altura de la vegetación y número de estratos
Falta de contraste cromático dentro de la vegetación (más contraste favorece el camuflaje)	Estacionalidad de la vegetación (especies caducifolias)
<i>Pendiente</i>	
<i>Orientación</i>	Iluminación (intensidad y tiempo; en especial orientación S y W) Contraluz (intensidad y tiempo)
Fragilidad visual del entorno del punto (factores morfológicos de visualización)	
<i>Tamaño de la cuenca visual (al aumentar crece la posibilidad de ver los puntos de su interior)</i>	
<i>Compacidad de la cuenca visual (ausencia de zonas ciegas donde ocultar la actividad)</i>	
<i>Forma de la cuenca visual (más visibles las orientadas o alargadas frente a las redondas)</i>	
<i>Altura relativa del punto respecto a su cuenca visual (especialmente por encima del nivel)</i>	
Fragilidad derivada de las características histórico-científico-culturales del territorio	
<i>Existencia de, y proximidad a, puntos y zonas singulares</i>	
	Unicidad Valor tradicional Interés histórico
Accesibilidad de la observación	
<i>Poca distancia a carreteras y pueblos</i>	
<i>Accesibilidad visual desde carreteras y pueblos</i>	

Resultados calidad-fragilidad. Una vez que ya se han obtenido los valores de calidad y de fragilidad de los distintos puntos del territorio, han de integrarse para dar la valoración global y obtener las áreas más y menos sensibles a la instalación del proyecto. Así, las unidades ambientales con mayor calidad y mayor fragilidad deben ser conservadas, mientras que las que presentan la situación contraria, baja calidad y baja fragilidad, son las mejores candidatas para acoger la instalación del proyecto propuesto.

Ejemplo de ficha de una unidad de paisaje. La presentación de toda esta información ha de hacerse en una serie de fichas descriptivas de cada una de las unidades de paisaje obtenidas. Un ejemplo de ellas se muestra a continuación en la Tabla 5.12.

Tabla 5.12. Ejemplo de ficha de una unidad de paisaje.

<i>Unidad 1</i> Superficie de cultivo de secano situada sobre llanura que se extiende al oeste del área de estudio y hasta la carretera XXX	
CALIDAD INTRÍNSECA	FRAGILIDAD VISUAL
<p>Morfología</p> <p>Amplia llanura abierta. Ausencia de relieve destacable con predominio general de la horizontalidad y la línea recta.</p> <p>Vegetación</p> <p>Cultivos de secano de porte herbáceo. Unos pocos árboles aislados junto a la carretera.</p> <p>Otros elementos</p> <p>Limitada por la carretera de XXX hacia el suroeste.</p> <p>Tendidos eléctricos de media tensión. Limitada al este por la zona de antiguas explotaciones mineras (unidades de paisaje 3 y 4).</p> <p>Impactos</p> <p>Tendidos eléctricos y pequeño vertedero incontrolado</p>	<p>Accesibilidad</p> <p>Accesible por caminos rurales poco frecuentados y bordeada al suroeste por la carretera Z-ZZZ.</p> <p>Visibilidad</p> <p>Media por su posición prácticamente a nivel con el resto de unidades paisajísticas circundantes. Ausencia de barreras visuales en sus bordes. Cuenca visual panorámica y abierta.</p> <p>Potencial de vistas</p> <p>Como la mayor parte de la zona, posee potencial de vistas relativamente amplio al tratarse de una superficie relativamente llana en una cuenca visual abierta y panorámica, aunque en dirección este existen elementos que interrumpen la visión del horizonte lejano (unidades de paisaje 3 y 4).</p>
	<p>VALOR TOTAL BAJO-MEDIO</p>

5.2.9. El medio socio-económico

El estudio del medio socio-económico es absolutamente necesario ya que la población es la que va a beneficiarse y/o sufrir los cambios de la actividad que se haya proyectado. Notará los cambios en su economía, en su uso de los servicios, en el cambio del paisaje rural o urbano, así como en el uso del terreno, ya que es en definitiva el receptor último de los efectos que cause un proyecto. De hecho, si se considera el concepto de medio ambiente tal como es entendido en los estudios del medio físico (*véase* Apartado 1.1), es el que rodea al ser humano, con lo que un inventario ambiental sin un apartado que indague y conozca cómo están los grupos sociales afectados por un proyecto, antes de su instalación y cómo estarían después, estaría incompleto.

Hay que resaltar además, que las actividades humanas son las que, en muchos de los casos, son responsables de:

- Muchos paisajes (urbanos, rurales, agrícolas, pastoreados, gestionados forestalmente, en los que destacan construcciones singulares, de la historia antigua o de la historia moderna) y por lo tanto también, de cómo se encuentran el resto de sus elementos.
- La vegetación y flora: fisonomía, distribución de especies, o diversidad (la gran diversidad de especies que aparecen en los pastos de las dehesas no sería tal, si en esa zona no se pastoreara).
- La fauna de una región, limitando en ocasiones el número de especies en una zona al destruir o fragmentar sus hábitats, o introduciendo especies cinegéticas o en peligro de extinción.
- Las características hídricas de una zona: canales, presas, fuentes, sobreexplotación o contaminación de acuíferos, creando depuradoras para mantener la calidad en donde vierten.
- Las características del suelo, al cultivarlo durante miles de años de forma sostenible o agotando su productividad al no dejar que se regenere naturalmente.
- La geomorfología, por los aplanamientos realizados al construir un edificio.
- La geología, por la explotación de los recursos minerales.
- El clima, creando las conocidas «boinas» de contaminación sobre las ciudades grandes, o a mayor escala, la destrucción de la capa de ozono o el calentamiento global.
- También son responsables de los cambios en el mismo medio socio-económico, ya que una actividad humana induce una respuesta de la población, tanto positiva como negativa, como, por ejemplo, haciendo la vida más cómoda en un lugar para que la población aumente, o muchos de los problemas expuesto en las líneas anteriores, que crean situaciones conflictivas. En definitiva, para lo bueno o para lo malo, el ser humano es un elemento más del ecosistema, sin el cual no funcionaría de la misma forma.

Al tratar el medio socio-económico en este tipo de estudios hay que observar varios puntos para abarcar la compleja trama económica, social y cultural, que se produce en una zona y que junto con el medio físico y biológico, forman un todo que es imprescindible conocer para tomar decisiones acertadas y sostenibles.

Tradicionalmente en los inventarios del medio socio-económico se han tratado cinco puntos básicos:

- El sistema territorial.
 - La distribución y extensión de los núcleos de población afectados.
 - Usos del suelo.
 - La red viaria.
- La población de esos núcleos, es decir, la demografía de los mismos.
 - La evolución.
 - Los movimientos.
 - El nivel de instrucción.
 - La población activa.

- El sistema económico.
 - Sector primario: agricultura, ganadería, silvicultura, caza, pesca, minería.
 - Sector secundario: industria, construcción, producción energética.
 - Sector terciario: servicios, comercio, transporte, hostelería, administración.
- Sistema socio-cultural.
 - Patrimonio histórico-artístico.
 - Caracteres culturales.
- Planeamiento urbanístico.

Son muchos los parámetros que se pueden extraer de cada uno de estos apartados, pero hay que saber discriminar y enfocar la información que se va a plasmar en el documento y analizar cómo afectaría la actividad a los distintos grupos sociales y aportar ideas para las medidas minimizadoras de impactos.

En primer lugar, como en el resto de inventarios temáticos, hay que determinar la extensión del área de estudio, y en este caso se suelen seleccionar los municipios donde se quiere instalar el proyecto y, en ocasiones, los colindantes, si se les va a causar algún efecto al incorporar esa actividad. Además, pertenecen al *área de estudio* cualquier otra zona lejana o grupo social que esté afectado por la realización de la actuación en sus características socioeconómicas, y si no se puede resolver su problema, compensarles con alguna medida minimizadora de impactos.

Los datos que se van a reflejar se refieren a los municipios y las relaciones deben hacerse con otros cercanos y, todo lo más, a la provincia a la que pertenecen, intentando evitar aumentar la escala más allá.

Una vez que se tiene claro qué y a quién abarca el estudio, hay que disponer de las herramientas necesarias para llevarlo a cabo. En este caso, la información necesaria se obtiene de la documentación bibliográfica, consultas a ayuntamientos, representantes de los distintos grupos sociales o ciudadanos independientes, y también mediante cartografía, en la que aparezcan los viarios, el parcelario, los usos del suelo, etc., y que estén a una escala suficientemente definida, como 1:25 000.

En cada país existen organismos oficiales que tienen registrados datos de este tipo. En España las fuentes de información útiles son:

- El Instituto Nacional de Estadística, puede informar sobre parámetros socio-económicos más representativos.
- Consejería de Obras Públicas, Urbanismo y Transportes (Dirección General de Urbanismo y Planificación Regional), informa sobre las Normas Subsidiarias de los diferentes municipios.
- Instituto Nacional de Emigración.
- Ayuntamientos, en los que se puede consultar el padrón municipal.
- Actas de licencias municipales de las actividades empresariales.

Por otro lado, es conveniente, en una primera aproximación, efectuar visitas a la zona de estudio para dimensionar, *in situ*, las variables del medio socio-económico más representativas de la misma.

Sistema territorial. En el estudio del sistema territorial se analizan los usos del suelo. Esta información también puede ser tratada en el inventario de vegetación y flora (uso forestal y agrícola), pero también hay que tener en cuenta la situación de los suelos industriales y urbanizados, así como el ocupado por otras infraestructuras, por lo que el lugar más adecuado es dentro del inventario del medio socio-económico. En realidad no es importante dónde se desarrolla, pero en cualquiera de los casos es necesario tratarlo dentro del Inventario Ambiental.

Se confecciona la cartografía describiendo la distribución de los usos del suelo y cuál sería el efecto del proyecto sobre los mismos. Dentro de los comentarios correspondientes han de explicarse las tendencias de cambio, como el de usos agrarios que se están urbanizando poco a poco. Se ha de conocer cómo se distribuyen los núcleos urbanos, es decir si están muy dispersos unos de otros, como ocurre en las montañas, o están agrupados, como ocurre con las poblaciones dormitorio o en las industriales, que suelen estar alrededor de una principal.

Esta distribución responde a motivos históricos y fisiográficos, y lo interesante al medir este parámetro es analizar si la actuación va a modificar estos patrones. Lo mismo ocurre al conocer el tamaño y la densidad de los mismos, ¿variará la proporción de esos parámetros entre las distintas poblaciones al introducir la actividad proyectada? Por lo tanto, lo más relevante es detectar si cambiarán las jerarquías, la importancia de un municipio sobre otro y si se producirán desplazamientos de la población.

Por último, dentro del sistema territorial se analiza la red viaria, en donde deben distinguirse las categorías existentes (autovía, carreteras comarcales, vías férreas, cañadas, pistas forestales, etc.), el número de ellas, la frecuencia de uso que tienen, su distribución en el espacio, cómo afectaría la actuación a su uso y si existen zonas mal comunicadas. Este último dato suele ser útil para realizar medidas compensatorias.

Análisis demográfico. Para conocer la demografía del área de estudio es preciso analizar cómo evoluciona la población de los municipios afectados. Esto implica saber la cantidad de personas empadronadas (población de derecho) y la que realmente vive en esa zona (de hecho) y cómo ha variado en el tiempo. También hay que reconocer las características de esa población y su evolución, es decir, porcentaje de sexos por edad, natalidad y mortalidad, los movimientos que se producen, el nivel de paro que existe, si la población trabaja en el municipio y el grado de instrucción que tiene.

Los resultados obtenidos se comparan con los de las poblaciones cercanas para conocer mejor las características de la zona. Es interesante saber si las gentes de esa zona pueden o no cubrir los puestos de empleo que se crearán con la actividad proyectada, si va a haber más empleo en la zona y si variarán de sentido los movimientos que se den para trabajar fuera del municipio, la tendencia que tienen los municipios de ser abandonados si está muy envejecido o recuperarse si viene gente joven a vivir allí para trabajar, etc.

En el caso de poblaciones muy envejecidas, en ocasiones ocurre que, al desaparecer los habitantes de esos lugares, se pierden con ellos los usos tradicionales del terreno, que son necesarios para mantener el ecosistema como se encuentra en la actualidad, lo que acarrea problemas más allá de los puramente socio-económicos. Es necesario en este apartado, por tanto, conocer a los distintos grupos de interés que afectan al medio y son afectados por el proyecto, y analizar los motivos, causas y funcionamiento de esas relaciones para poder tratarlas de la mejor forma posible.

Además hay que tener en cuenta que para cada grupo social (divididos por etnias, estatus económicos, edades, sexos, etc.), los distintos elementos ambientales resultan más o menos importantes, por su relación con ellos, y por lo tanto su valor es muy distinto. Es importante conocer la realidad social de la zona, mediante consultas a los actores y evitar así tomar decisiones exclusivamente con la información estadística publicada, que es incompleta para hacer un inventario adecuadamente desarrollado.

Economía. El análisis del sistema económico se hace dividiendo la población en los sectores de actividad: primario, secundario y terciario. La importancia que tiene el conocimiento de los tres radica en determinar si se van a desarrollar impactos indirectos debido a otras actividades que se realicen en la zona. Para todas las actividades que conforman estos sectores han de estudiarse el número y extensión de ellas, el tipo, la evolución que han sufrido, las condiciones de mercado, la producción obtenida ponderada, las rentas que generan, la población activa que se dedica a las mismas, etc.

El que más relevancia tiene para los estudios de impacto ambiental es el sector primario, ya que el uso de los recursos naturales es el apartado más importante que hay que tratar dentro de este inventario temático. Describe la relación que existe en la actualidad entre el ser humano y el medio natural. Pero también hay que prestar atención al sector de la construcción y al sector servicios.

Sistema socio-cultural. Dentro del patrimonio cultural que tiene la zona es necesario conocer tanto los monumentos, vías pecuarias, restos arqueológicos, como los comportamientos típicos no escritos de una zona, sin los cuales la realización del proyecto, las medidas minimizadoras o el programa de vigilancia ambiental en ocasiones no funcionarían. Son las creencias, valores, normas o signos culturales y tradiciones que identifican a una población, es decir, todos sus rasgos culturales, que hay que conservar de igual manera que su patrimonio histórico-artístico.

Para inventariar estos caracteres colectivos se deben realizar consultas a la población del lugar, que puede ser de ayuda para conocer si existen otros monumentos o restos arqueológicos no detectados en la revisión preliminar y saber si la población está falta de algún servicio o actividad, lo que puede intentar corregirse con las medidas minimizadoras del Estudio de Impacto Ambiental.

Planeamiento. El último punto a tratar en el apartado del medio socio-económico es el conocimiento de los planes, políticas y programas que se hayan declarado o aprobado y que afecten a la zona de estudio, pudiendo plantear cambios de gestión para los usos del suelo.

Siempre hay que conocer cómo está considerada la zona en la que está proyectada la realización de las distintas alternativas del proyecto en el planeamiento urbanístico (zona urbana, urbanizable, no urbanizable, etc.), y si esa actividad está dentro de las opciones que se pueden realizar allí o si por el contrario estaría en contra del planeamiento.

En el caso de que la actividad se quisiese realizar dentro de un Espacio Natural Protegido, existen también planes de gestión de los recursos que restringen las actividades humanas que se pueden realizar dentro de ellos. En España estos planes son el Plan de Ordenación de los Recursos Naturales (PORN) y el Plan Rector de Uso y Gestión (PRUG).

También existen otros planes que hay que contemplar, como económicos, de grandes infraestructuras, de viario rural, de concentración parcelaria, de formación para el empleo, etc.

5.3. EJEMPLO

En este apartado se va a exponer cómo se ha realizado un Inventario Ambiental real paso a paso. Dada la extensión del tema solamente se va a hacer referencia al desarrollo del inventario de vegetación y flora de una única alternativa.

El proyecto planteado es una cantera situada en una población española, con una extensión de unas 12 hectáreas, en un lugar donde existe otra de iguales características y forma de explotación, a escasos 200 m.

Lo primero que se requiere es la cartografía y las fotografías aéreas. La cartografía topográfica 1:50 000 o 1:25 000, para situar el área de estudio, cartografía a la escala del trabajo a la que los promotores realizan los estudios (normalmente 1:5 000), para realizar los mapas temáticos y de unidades ambientales.

Respecto a las fotografías aéreas, es conveniente tenerlas secuenciales, para poder ver el terreno en relieve (gracias al uso de un estereoscopio), que es muy útil para conocer la topografía real de la zona y para el inventario de todos los elementos. Para la vegetación resulta muy interesante, ya que se puede llegar a distinguir distintas formaciones vegetales, que facilita las labores previas a la visita a la zona de estudio.

Otra información que es muy importante tener desde el principio son las acciones que se van a llevar a cabo en el proyecto en la fase de preparación, explotación y abandono. Con esta información se puede tener una idea de qué acciones y de qué forma van a causar efectos medioambientales negativos o positivos a los elementos ambientales existentes en la zona de estudio. También hay que contar con las opiniones dadas por particulares, asociaciones, empresas, administración y expertos, en la primera fase de información pública.

El siguiente paso es buscar más documentación, pero concretando en cada elemento ambiental con el que se va a trabajar. Esta búsqueda ha de dirigirse hacia la obtención de datos veraces, pero siempre focalizados. En el caso de la vegetación y la flora se utilizan atlas temáticos, cartografía específica, estudios serios de investigación, consultas a expertos, tesis doctorales, legislación vigente sobre la conservación de especies o hábitats, etc.

Se ha de realizar, al menos, una visita a la zona de estudio, para comprobar y ampliar la información. En la visita de campo se recopilan datos *in situ*. En el caso de la vegetación hay que reducirse casi por completo a la zona de estudio, aunque es conveniente tener una visión de la vegetación circundante.

Con la vegetación es común restringirse a la flora observada en el sitio, pero, por ejemplo, con la fauna el hecho de no haber visto alguna especie en las visitas a la zona de estudio no quiere decir que no se encuentre allí, con lo que también hay que tener a esas especies en cuenta al valorar, si tienen alguna relevancia y está documentada la presencia de las mismas.

Para tener localizado el enclave donde se va a trabajar, se construye un *mapa de situación* (véase Figura 5.6), que aunque en este ejemplo aparezca al principio, su lugar en el Inventario Ambiental es en los anexos.

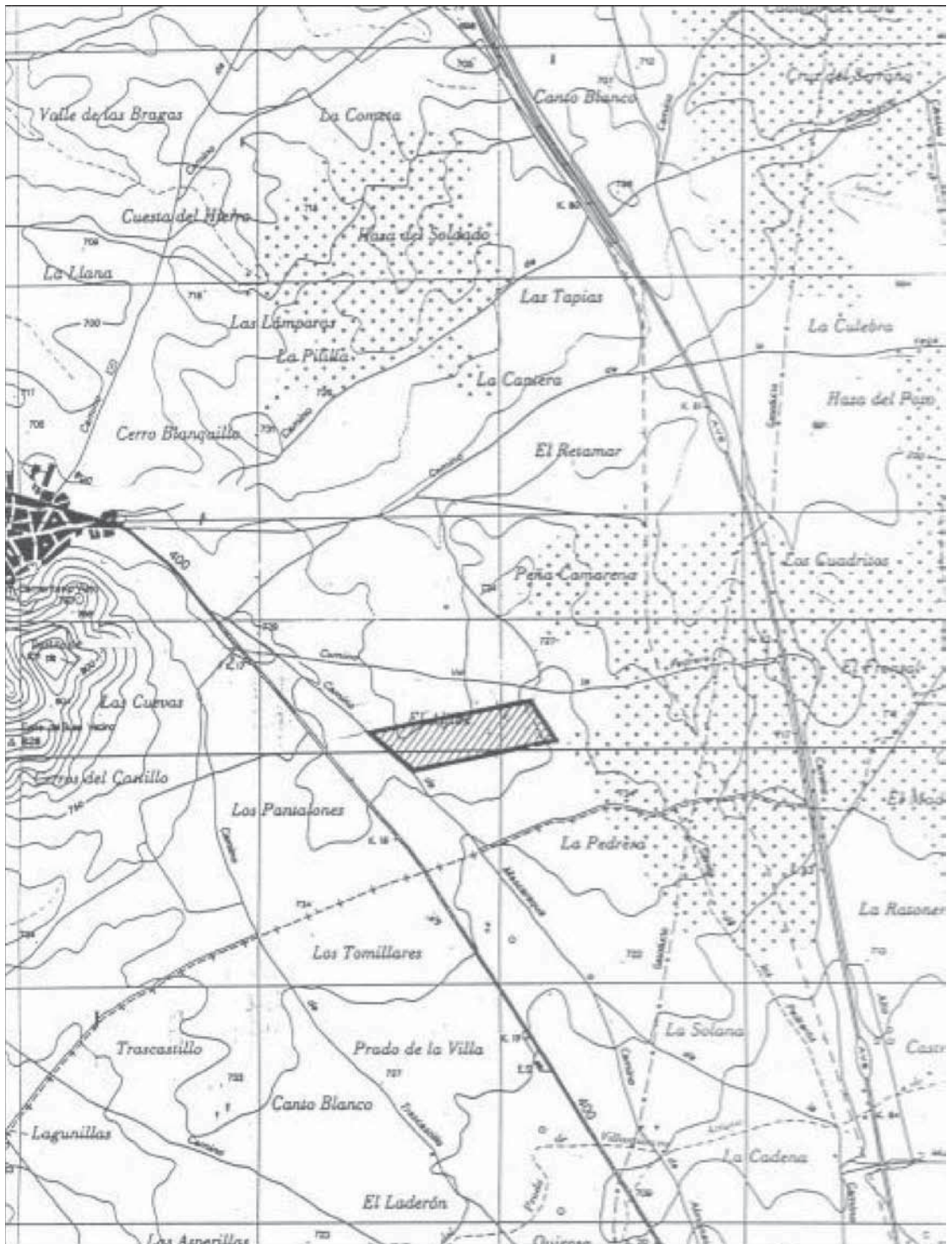


Figura 5.6. Mapa de situación. Escala 1:25 000.

Inventario de la vegetación y la flora

1. Determinar los objetivos del estudio

El objetivo fundamental del inventario sobre la vegetación es evaluar la calidad de la misma en el área objeto de estudio, con el fin de, valorar los posibles impactos que se puedan producir sobre esta variable ambiental debido a la construcción de la cantera.

Para la realización de este objetivo general, se plantean una serie de objetivos específicos dentro del área de estudio:

- Identificar la vegetación potencial.
- Realizar un examen detallado de la vegetación actual.
- Evaluar la calidad de cada unidad vegetal, así como valorar las especies presentes.

2. Establecer la metodología

Para llevar a cabo los objetivos anteriormente propuestos se han seguido las siguientes fases metodológicas:

2.1. Delimitación del área de estudio

Sobre la base de mapas topográficos a escala 1:50 000, 1:25 000, planos 1:5 000 y fotografías aéreas 1:18 000 se ha localizado y acotado la parcela donde se ubicaría la explotación minera.

Se considera ámbito de estudio, aquél área en que la vegetación podría verse afectada por la actividad.

2.2. Estudio de la vegetación potencial

Para estimar la vegetación potencial y los estados de degradación actuales se ha utilizado la fitosociología clásica o Braun-Blanquetista, realizándose inventarios en cada una de las comunidades vegetales que se han reconocido en el campo.

Para la evaluación y ubicación de la vegetación potencial se ha tomado como base el mapa de vegetación potencial de la Provincia de +++ (Rivas-Martínez, 1987).

2.3. Estudio de la vegetación real

Para el estudio y análisis de la vegetación real de la zona se han definido unidades de vegetación, en base a criterios estructurales. En estas unidades de vegetación se ha realizado un inventario florístico de todas las especies presentes.

En ocasiones no ha sido posible identificar algunas especies vegetales, debido a que no se encontraban en condiciones fenológicas adecuadas para su determinación, por lo que en estas ocasiones se ha llegado a identificar el género.

Se ha asignado una categoría de abundancia a cada especie vegetal inventariada, teniendo en cuenta la siguiente escala (ANEXO 1):

A: Abundante.

F: Frecuente.

E: Escaso.

2.4. *Análisis de la calidad de vegetación. Valoración*

Se realiza un inventario para conocer la composición florística de las comunidades vegetales posiblemente afectadas por la ejecución de la explotación minera.

Formaciones vegetales:

Estado de madurez.

Especies vegetales:

Presencia de endemismos.

Rarezas, dentro y fuera del área de estudio.

Especies presentes en el Catálogo Nacional de especies amenazadas.

Especies presentes en el Catálogo Regional de especies amenazadas de la Comunidad de +++.

Especies presentes en cualquier otra legislación vigente en el campo de la conservación de especies.

3. Exponer los resultados:

3.1. *Delimitación del área de estudio*

El área de estudio se centra en la parcela donde previsiblemente se va a realizar la explotación minera, así como sus alrededores.

La zona de explotación ocupa una superficie aproximada de 12 ha, y se ubica dentro del término municipal de +++, en la provincia de +++ y según plano de situación adjunto (MAPA 1).

El centro de dicho área de estudio se corresponde con las coordenadas UTM: ++++++++.

3.2. *Caracterización biogeográfica*

El área objeto de estudio se encuentra situada en el Piso mesomediterráneo. Corológicamente, se localiza en el Reino Holártico, Región Mediterránea, Superprovincia Mediterráneo-Iberolevantina, Provincia Castellano-Maestrazgo-Manchega, Sector Manchego.

En función fundamentalmente de la variación de la temperatura de la región, Rivas Martínez (1987) incluye el área de estudio en el Piso Bioclimático Mesomediterráneo, definido por:

T: entre 13° a 17° C.

m: entre -1° a -4° C.

M: entre 9° a 14° C.

It: entre 210 y 350.

donde:

T: temperatura media anual.

m: media de las mínimas del mes más frío.

M: media de las máximas del mes más frío.

It: índice de termicidad $It = (T+m+M)10$.

situándose en el Horizonte Bioclimático Mesomediterráneo superior (It 21 1 260).

Con una precipitación anual (P) de alrededor de 445 mm, comprendida entre los 350 y los 600 mm, el ombroclima de la región es seco, propio del Mediterráneo genuino, moderadamente cálido y de inviernos frescos.

3.3. Estudio de la vegetación potencial

La interacción de las características bioclimáticas con los caracteres litológicos y edáficos del lugar, determina la existencia de una serie de vegetación en el área de estudio, según Rivas Martínez (1987): La Serie Mesomediterránea Manchega y Aragonesa basófila de *Quercus ilex* subsp. *ballota* o encina (antiguamente denominada *Quercus rotundifolia*), (*Bupleuro rigidi-Querceto rotundifoliae sigmetum*), faciación típica.

En su etapa madura es un bosque denso de encina o carrasca (*Quercus ilex* subsp. *ballota*) con un sotobosque de arbustos esclerófilos, en general, no muy denso. Entre los que se encontrarían, en presencia de sustrato básico, la coscoja (*Quercus coccifera*), el aladierno (*Rhamnus alaternus*), rusco (*Ruscus aculeatus*), rubia (*Rubia peregrina*), culantrillo negro (*Asplenium onopteris*). Encontraríamos también al majuelo (*Crataegus monogyna*), el endrino (*Prunus spinosa*), la madreSelva (*Lonicera periclymenum* subsp. *hispanica*), aulaga (*Genista scorpius*), *Teucrium chamaedrys*, etc. En el suelo del bosque se encontraría un pasto no denso de *Geum silvaticum*, *Carex halleurana*. *Silene melifera*.

La degradación del encinar daría lugar, como primera etapa serial de sustitución, a un matorral denso dominado por la coscoja (*Quercus coccifera*), acompañado de espino negro (*Rhamnus lycioides*), jazmín (*Jasminum fruticans*), *Rubia peregrina*, esparraguera silvestre (*Asparagus acutifolius*), torbisco (*Daphne gnidium*) y cornicabra (*Pistacia terebinthus*). Además persistirían especies del bosque como la aulaga (*Genista scorpius*) y el aladierno (*Rhamnus alaternus*), y aparecerían también especies propias del matorral más aclarado, como el romero (*Rosmarinus officinalis*) y el tomillo vulgar (*Thymus vulgaris*).

Tabla 5.13. Etapas de regresión del encinar mesomediterráneo castellano-aragonense.

<p><i>Etapa madura: Bosque de encinas</i></p> <p>Encina-<i>Quercus ilex</i> subsp. <i>ballota</i> <i>Bupleurum rigidum</i> <i>Teucrium pinnatifidum</i> <i>Thalictrum tuberosum</i></p>
<p><i>Etapa de garriga o matorral denso arbustivo</i></p> <p>Coscoja-<i>Quercus coccifera</i> Espino negro-<i>Rhamnus lycioides</i> subsp. <i>lycioides</i> Jazmín silvestre-<i>Jasminum fruticans</i> Retama de bolas-<i>Retama sphaerocarpa</i></p>
<p><i>Etapa de matorral degradado</i></p> <p>Aulaga-<i>Genista scorpius</i> <i>Teucrium capitatum</i> Espliego-<i>Lavandula latifolia</i> <i>Helianthemum rubellum</i></p>
<p><i>Pastizales</i></p> <p>Esparto-<i>Stipa tenacissima</i> Fenal-<i>Brachypodium retusum</i> <i>Brachypodium distachyon</i></p>

Al coscojar le seguiría como segunda etapa de degradación un retamar de retama de bolas (*Retama sphaerocarpa*) con aulagas (*Genista scorpius*). Tomillares y romerales les seguirían constituyendo un matorral aclarado, que a su vez sería sustituido por el espartal (*Stipa tenacissima*). Este último, y también formando parte de un matorral aclarado, se combinaría con ontinares (*Artemisia herba-alba*).

La última etapa serial de sustitución que representaría el máximo grado de degradación de la cubierta vegetal sería el pastizal basófilo de *Brachypodium retusum*.

En la tabla anterior (Tabla 5.13) se presentan las diferentes etapas de regresión del encinar mesomediterráneo castellano-aragonense. Se enumeran las especies indicadoras, con el nombre común (si existe) y el científico (Rivas Martínez, 1987).

3.4. Identificación de la vegetación real

La localización del área de estudio en el piso mediterráneo de meseta o mesomediterráneo, junto con la riqueza de los suelos, lo han hecho adecuado desde la antigüedad para los cultivos de secano, destacando los cereales, viñedos y olivares.

Así, las labores de roturación, que ocupan casi todo el área, exceptuando la cantera en explotación contigua, han inducido a la desaparición absoluta del encinar y casi también de sus etapas de degradación.

Por usos, destacan en extensión los cultivos cerealistas de secano y muy a la par los olivares, y por último los viñedos que tienen menor presencia en el territorio.

El estado de degradación de la vegetación es muy patente en toda la zona. La vegetación natural se encuentra sólo en las parcelas no cultivadas como la destinada a la realización del proyecto. Esta vegetación está formada por comunidades vegetales nitrófilas, con dominio de plantas anuales.

La parcela a explotar se caracteriza por ser cultivos abandonados que han dado lugar a un erial, con dominio del pastizal de herbáceas anuales, y con presencia de gran número de cardos, incluso con alguna retama aislada (*Retama sphaerocarpa*).

Dentro de la parcela se observan distintas agrupaciones vegetales (MAPA 2) (Figura 5.7) (ANEXO 1):

Hinojar: en el vértice noroeste de la parcela. Dominado por altos ejemplares de hinojo (*Foeniculum vulgare*), la correhuela (*Convolvulus* sp.), una leguminosa trepadora (*Medicago* sp.) y en el estrato herbáceo la gramínea *Dactylis glomerata*, la achicoria (*Cichorium intybus*) y un gordolobo (*Verbascum sinuatum*).

Pastizal: dominando la mayor parte del terreno. Caracterizada por la presencia de la gramínea *Pholiurus pannonicus*, el cardo *Atractylis humilis*, la siempreviva (*Helichrisum stoechas*) y el cardo corredor (*Eryngium campestre*). En algunos puntos destaca la presencia de la ontina (*Artemisia herba-alba*) y en otros la de la verrucaria (*Heliotropium europaeum*), donde aparece un ejemplar de olivarda (*Dittrichia viscosa*) de porte arbustivo.

Tomillar: en el cuarto sudeste. En el que destaca la siempreviva (*Helichrisum stoechas*) y la mejorana (*Thymus mastichina*). Presenta un pie de retama de bolas (*Retama sphaerocarpa*), de talla arbustiva.

El resto de especies presentes en cada una de las formaciones aparece en el ANEXO 1 (Tabla 5.14).

ANEXO 1:

En este anexo se muestran las distintas especies vegetales presentes en cada una de las comunidades vegetales encontradas dentro del área de estudio.

Tabla 5.14. Especies vegetales de las unidades de vegetación.

	Hinojar	Pastizal	Tomillar
<i>Foeniculum vulgare</i> (Hinojo)	A	E	
<i>Convolvulus</i> sp. (Correhuela)	A		
<i>Medicago</i> sp.	A		
<i>Dactylis glomerata</i>	A		
<i>Cichorium intybus</i> (Achicoria)	F		
<i>Brassica tournefortii</i>	F		
<i>Verbascum sinuatum</i> (Gordolobo)	F	E	
<i>Conyza canadensis</i>	F	E	
<i>Atractylis humilis</i>	F	A	
<i>Silene vulgaris</i> (Colleja)	E		
<i>Malva</i> sp. (Malva)	E		
<i>Rumex obtusifolius</i>	E	E	
<i>Marrubium vulgare</i>	E	E	
<i>Asphodelus fistulosus</i>	E	E	
<i>Salsola kali</i>	E	E	
<i>Pholiurus pannonicus</i>		A	
<i>Artemisia herba-alba</i> (Ontina)		A*	
<i>Heliotropium europaeum</i> (Verrucaria)		A*	
<i>Catanache</i> sp.		A*	
<i>Helichrisum stoechas</i> (Siempreviva)		A	A
<i>Eryngium campestre</i> (Cardo corredor)		F	E
<i>Thymus mastichina</i> (Mejorana)		E	F
<i>Bromus tectorum</i>		E	E
<i>Thymus zygis</i> (Tomillo salsero)		E	
<i>Chondrilla juncea</i> (Achicoria dulce)		E	
<i>Cichorium intybus</i> (Achicoria)		E	
<i>Stipa tenacissima</i> (Esparto)		E	
<i>Dittrichia viscosa</i> (Olivarda)		E	
<i>Sideritis</i> sp.		E	
<i>Retama sphaerocarpa</i> (Retama de bolas)			E

A: Abundante.

F: Frecuente.

E: Escaso.

A*: Abundante en un punto concreto dentro de la comunidad vegetal en la que se presenta.

Vegetación real

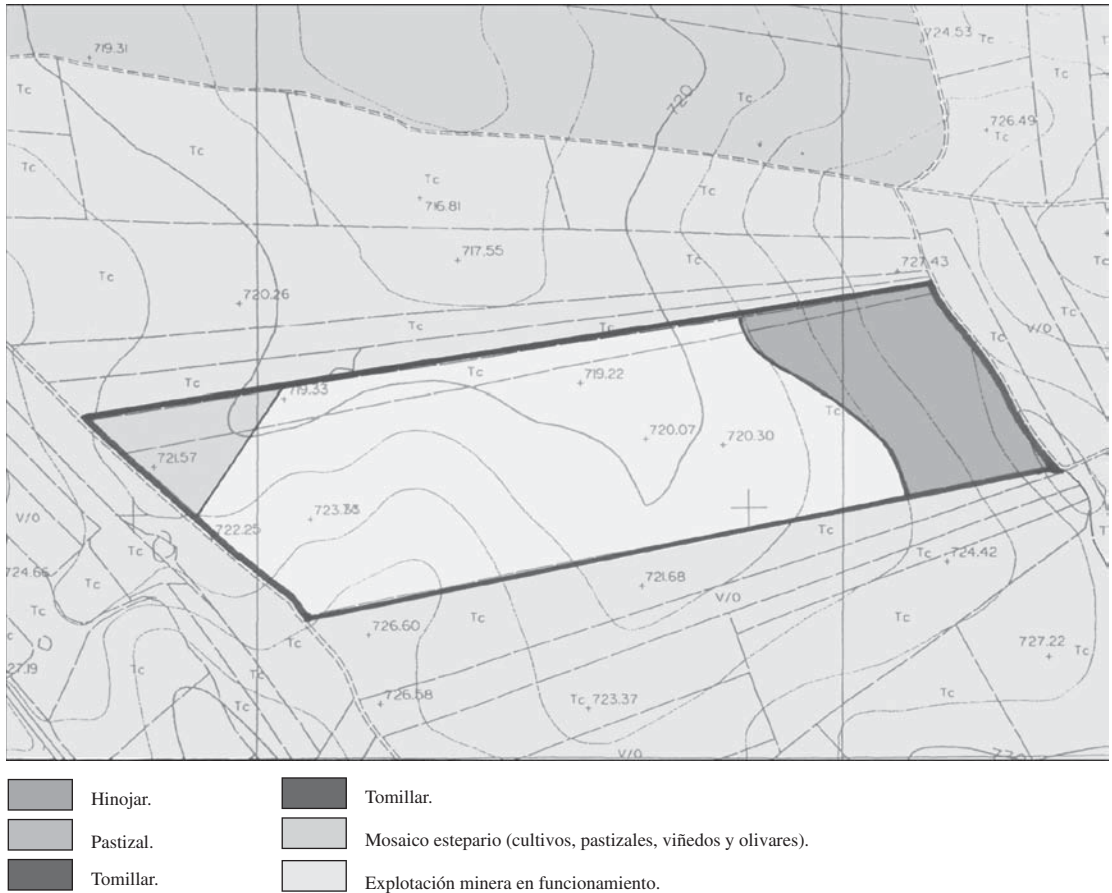


Figura 5.7. Mapa de las unidades de vegetación. Escala 1:5 000.

Fotografías de las formaciones vegetales (Figuras 5.8, 5.9 y 5.10):



Figura 5.8. Fotografía del hinojar.



Figura 5.9. Fotografía del pastizal.



Figura 5.10. Fotografía del tomillar.

4. Valorar la calidad de la vegetación

4.1. Unidades de vegetación

Madurez de las comunidades

Los pastizales son ecosistemas poco evolucionados, ya que su composición de especies se aleja bastante de la vegetación climática. Además, presentan una tasa de renovación muy alta.

4.2. Especies vegetales

Endemismos

Las especies endémicas, mejorana (*Thymus mastichina*), tomillo salsero (*Thymus zygis*) y retama de bolas (*Retama sphaerocarpa*), presentes en las comunidades pascícolas, son endemismos de la Península Ibérica, aunque se encuentran mucho mejor conservadas en otros lugares.

Rareza

Los endemismos citados son muy frecuentes en todo el territorio español, por lo que no se les puede considerar como rarezas ni dentro ni fuera del ámbito de afección de la explotación minera que se está evaluando.

4.3. Especies catalogadas

Ninguna especie vegetal inventariada está recogida en el Catálogo Regional de especies amenazadas, ni en las categorías de «en peligro de extinción» o «de interés especial» en el Catálogo Nacional de especies amenazadas, así como en ninguna otra legislación vigente.

5. Establecer conclusiones

Ninguna de las especies inventariadas presentan algún valor para su conservación, aunque la mejorana (*Thymus mastichina*), el tomillo salsero (*Thymus zygis*) y la retama de bolas (*Retama sphaerocarpa*) sean endemismos, si bien lo son a escala ibérica, presentándose éstos en muchos otros lugares, con mejor calidad y en mejor estado para su conservación.

El principal interés de todas estas formaciones reside en que son zonas de alimentación y cría de algunas especies animales, entre las que destacan especies como el sisón (*Tetrax tetrax*), la ganga (*Pterocles alchata*) y la ortega (*Pterocles orientalis*), protegidas tanto en el ámbito de la comunidad autónoma de +++++, como del Estado Español y la Unión Europea. Además, también se presentan en esa zona la perdiz (*Alectoris rufa*) y la liebre (*Lepus granatensis*), que destacan por su carácter cinegético.

Por último, y de manera puntual, se pueden encontrar algunos arbustos de cierto interés como refugio de flora y fauna silvestres, pero siempre de muy escasa extensión lineal.

En resumen, puede decirse que desde el punto de vista de la vegetación, la zona presenta un valor bajo debido a la ausencia de formaciones vegetales naturales propiamente dichas, al escaso valor de su composición florística y al alto nivel de intervención antrópica y de degradación que presenta el área.

Una vez presentado el documento hay que realizar una serie de observaciones:

- El tamaño más apropiado de un inventario temático no es recomendable que sea tan extenso, el motivo de haber expuesto este caso concreto es lo explicativo que es. En él se incluye la determinación de objetivos, los cuales se deberían de dar por conocidos en la mayor parte de las ocasiones dado que son los expuestos en el Reglamento de Evaluación de Impacto Ambiental.
- La descripción y comentarios de las especies sólo se realiza, como se ve en el texto, sobre las que describen las comunidades vegetales, o son relevantes por otros motivos.
- En ocasiones no se pone un apartado de conclusiones, pero esto aclara todo lo anterior.
- No se deben hacer recomendaciones en este apartado. Éstas tiene su lugar en fases más avanzadas del Estudio de Impacto Ambiental.
- Toda la información escrita en el inventario se obtiene de alguna parte, por lo que ha de referenciarse en el apartado de Bibliografía.

5.4. ÁRBOL DE FACTORES AMBIENTALES

Una vez que se ha descrito el medio biofísico y se han reconocido los elementos y factores con alto valor ambiental, y de entre éstos se han diferenciado los que pueden ser afectados por la actividad proyectada, es el momento de enumerarlos y plasmarlos de forma sintética en una tabla o una gráfica. Esta representación es el llamado *árbol de factores ambientales*.

Estos factores ambientales se encuentran repartidos en distintos niveles, que al esquematizar, dan lugar a representaciones tipo árbol. Recordando que se denominan factores a aquellas características, procesos o componentes que definen el ambiente y que son **medi-**

bles, es decir, por ejemplo hay elementos ambientales, como el suelo, que no son medibles, pero sin embargo, cantidad de suelo fértil, sí lo es, y por tanto es un factor. Dependiendo de su valor numérico (en metros cuadrados o hectáreas) su valor de calidad ambiental será mayor o menor, y la afección que el proyecto cause sobre él también variará (no es lo mismo ocupar media hectárea que diez hectáreas, en el segundo caso el efecto ambiental sería mucho mayor que en el primero).

Pero además de ser medibles deben cumplir más características para su selección. Sólo interesa considerar a los factores **relevantes**, aquéllos que tienen valor y que les podría afectar el proyecto si se realizara.

Es recomendable que sean también fáciles de localizar, describir y comprobar, es decir, deben ser **fáciles de determinar**. Como ejemplo se puede decir que no es fácil medir las filtraciones de aceite e hidrocarburos a los acuíferos, mientras que fijarse en el tamaño de las manchas de los mismos bajo la maquinaria, es más sencillo y es un indicador del caso anterior.

La cuarta característica a la que se deben ajustar los factores es la de ser **independientes**. Cada factor elegido debe describir una única cualidad, componente o proceso del medio, sin solaparse con otro, para que en la identificación y valoración de impactos no se repitan resultados. Este es un error muy común con algunos factores que incluyen a otros, como por ejemplo *calidad de la fauna y especies endémicas*.

La forma de confeccionar los árboles de factores empieza por reconocer los distintos niveles en los que se divide el ambiente, y siguiendo la nomenclatura empleada en el Apartado 5.2: «Elementos del medio»:

— En primer lugar están los **sistemas**, representados por:

- Sistema biofísico.
- Sistema socio-económico-cultural.

— En un segundo nivel aparecen los **medios**:

- (Sistema biofísico).
 - * Medio físico.
 - * Medio biótico.
 - * Medio perceptual.
- (Sistema socio-económico-cultural).
 - * Medio socio-cultural.
 - * Medio económico.
 - * Medio territorial.
 - * Medio demográfico.
 - * Planeamiento.

— En tercera posición aparecen los **elementos ambientales**, los que corresponden a los expresados en el artículo 6 del Reglamento de Evaluación de Impacto Ambiental (Real Decreto 1131/88).

Tabla 5.15. Árbol de factores genérico para un estudio de impacto ambiental. Los Factores incluidos dentro de cada elemento pueden ser tantos como sea necesario, eso se expresa de la forma siguiente: factores desde $i=1$ hasta n .

Sistema	Medio	Elemento	Factor	
Biofísico	Físico	Aire	1	
			...	
			n	
		Tierra-Suelo	1	
			...	
			n	
		Agua	1	
			...	
	Procesos del medio físico	1		
		...		
		n		
		1		
	Biótico	Flora	1	
			...	
			n	
			1	
Vegetación		1		
		...		
		n		
		1		
Fauna	1			
	...			
	n			
	1			
Procesos del medio biótico	1			
	...			
	n			
	1			
Perceptual	Paisaje	1		
		...		
Socio-económico-cultural	Territorial	Núcleos de población	1	
			...	
			n	
		Red viaria	1	
			...	
			n	
	Usos del suelo	1		
		...		
		n		
		Demográfico	Evolución	1
				...
			Movimientos	1
	...			
	Población activa	1		
		...		
		n		
	Económico	Sector primario	1	
			...	
			n	
		Sector secundario	1	
			...	
			n	
	Sector terciario	1		
		...		
n				
Socio-cultural	Patrimonio histórico-artístico	1		
		...		
	Rasgos culturales de la población	1		
		...		
Planeamiento	Desarrollo urbanístico y territorial	1		
		...		
		n		
		1		

- Por último los elementos se pueden subdividir en los **factores ambientales** susceptibles de recibir impactos, los que interesan en realidad.

El árbol queda de la forma que aparece en la Tabla 5.15. Esta división es una de tantas que se pueden encontrar en los estudios de impacto ambiental, pero existen multitud de variantes a la misma, que hay que adaptar al medio y al proyecto.

Para poder realizar estos árboles de factores se utilizan distintas metodologías, como listas ya publicadas, por ejemplo, la de la Matriz de Leopold, u otras listas de factores específicas de una actividad. Pero esas listas no están adaptadas al medio concreto de trabajo ni al proyecto propuesto. Para solucionar este problema, junto a las herramientas anteriores se pueden realizar consultas a expertos, obtener ejemplos de actividades similares y/o usar diagramas de redes que comparan cada acción del proyecto con los factores del medio (todas estas metodologías se verán desarrolladas en el Capítulo 7). Con toda la información anterior se crea el árbol de factores adaptado al proyecto concreto en el que se esté trabajando. La experiencia acumulada en otros estudios de impacto ambiental del grupo de técnicos es también un valor a tener en cuenta, como en cualquier otro apartado del mismo.

Ejemplo

Un ejemplo de un árbol de factores es el que aparece en la Tabla 5.16.

Tabla 5.16. Árbol de factores para un vertedero-incineradora de residuos sólidos urbanos en una zona.

Sistema	Medio	Elemento	Factor
Biofísico	Físico	Aire	Calidad del aire
		Tierra-suelo	Cambios en el relieve
			Capacidad agrológica del suelo
			Contaminación por residuos
		Agua	Calidad aguas superficiales
			Calidad aguas subterráneas
	Procesos del medio físico	Drenaje subterráneo (cantidad)	
	Biótico	Fauna	Hábitats de fauna
			Fauna protegida
	Perceptual	Paisaje	Calidad de las vistas
Calidad de los olores			
Socio-económico-cultural	Territorial	Núcleos de población	Red de saneamiento municipal (km)
		Red viaria	Tráfico pesado-lento (número de vehículos)
		Usos del suelo	Uso agrícola
	Demográfico	Evolución	Salud y seguridad de la población
		Población activa	Empleo fijo
Socio-cultural	Patrimonio	Recursos didácticos	

5.5. PRÁCTICAS

5.5.1. Autoevaluación

1. El Inventario Ambiental debe incluir:
 - a) Un estudio del estado del lugar y de sus condiciones ambientales antes de la realización de la obra.
 - b) La valoración cuantitativa de los impactos que el proyecto puede producir.
 - c) La valoración sólo cualitativa de los impactos que el proyecto puede producir.
 - d) La identificación, censo, inventario, cuantificación y en su caso, cartografía de todas las especies que existan por la zona.

2. La descripción de los elementos ambientales en el inventario:
 - a) Debe de ser neutra y objetiva, sin realizar valoraciones de la calidad.
 - b) Necesita de valoraciones de la calidad objetivas.
 - c) Tiene que ser lo más objetiva posible.
 - d) No se describen los elementos ambientales, sólo los factores.

3. El Inventario Ambiental:
 - a) Es una parte poco importante del Estudio de Impacto Ambiental, por lo que se puede realizar contratando a una persona que escriba un pequeño informe.
 - b) Se puede realizar sólo con el trabajo de gabinete, sin salir al campo.
 - c) Tiene que estar focalizado, por lo que el equipo que lo realiza debe conocer las características del proyecto.
 - d) Es una parte del Estudio de Impacto Ambiental que la Administración debe realizar, con la información que ella tiene.

4. Un factor es relevante cuando:
 - a) Puede ser afectado por el proyecto, aunque no se considere valioso.
 - b) Se considera valioso, esté o no afectado por el proyecto.
 - c) Se considera valioso y puede ser afectado por el proyecto.
 - d) Tiene valores muy altos.

5. El valor de calidad de un elemento ambiental depende de:
 - a) Su fragilidad.
 - b) Su representatividad.
 - c) Su naturalidad.
 - d) Todos los anteriores.

6. Cuáles de los siguientes son elementos del medio:
 - a) Las administraciones locales.
 - b) El Promotor y el proyecto.

- c) La flora.
- d) Todos los anteriores.

7. El ruido:

- a) Es una característica climática.
- b) Es un elemento ambiental reflejado en la legislación.
- c) Las dos anteriores.
- d) Ninguna de las anteriores.

8. En el Inventario Ambiental se valora:

- a) La calidad ambiental.
- b) Los impactos que produce la actividad.
- c) Los dos anteriores.
- d) Ninguno de los dos anteriores.

5.5.2. Ejercicios

1. Elige un lugar que sea cercano y conocido: puede ser un parque, un barrio, un municipio o un edificio concreto. Busca en Internet (y/o en la biblioteca) toda la información disponible sobre este lugar, ordenándola por elementos ambientales. ¿Qué elementos ambientales son los mejor conocidos? ¿Cuáles se conocen peor?
2. Para el mismo lugar del ejercicio anterior, realiza una breve descripción (inventario ambiental) ordenada y lo más objetiva posible, de un elemento ambiental a partir de la información obtenida en el ejercicio anterior. Si se hace en grupo, cada uno describirá uno diferente y se puede valorar la calidad ambiental de los mismos.
3. A partir del ejercicio anterior, de cada elemento ambiental descrito, extrae todos los factores ambientales posibles, razonando la forma más adecuada de medirlos.
4. Piensa en algún proyecto o actividad que se vaya o se pueda realizar en el lugar donde se ha realizado el inventario de los ejercicios anteriores. ¿Qué elementos y qué factores ambientales se verán modificados? Ordénalos de más a menos afectados.

5.5.3. Prácticas con computador: delimitación del área potencial de una especie

En muchas ocasiones es necesario conocer cómo afectan los valores de determinadas variables a una especie para conocer la capacidad de acogida de un territorio o para determinar su área potencial.

Se han realizado estudios en el grupo de montes de Quinto Real (Navarra) sobre la capacidad de acogida para dos especies de pájaros carpinteros. Estos bosques constituyen una masa forestal de 3 000 hectáreas de hayedo gestionado principalmente como monte regular mediante aclareo sucesivo. En dicho estudio se analizó:

- Cómo influyen a largo plazo los diferentes tratamientos silvícolas sobre la capacidad de acogida del hayedo para esas dos especies de pícidos: el pito negro (*Dryocopus martius*) y el pico dorsiblanco (*Dendrocopos leucotos* ssp. *lilfordi*).
- El tipo de hábitat necesario para su permanencia.
- El tamaño que tiene que tener la mancha de este tipo de bosque.
- La cantidad de madera muerta disponible necesaria para el mantenimiento de estas aves.

En el grupo de montes de Quinto Real, la existencia de una normativa ambiental conlleva plantearse una silvicultura particular, que permita mantener una capacidad de acogida alta para estas especies. Tanto el pito negro como el pico dorsiblanco son dos de las especies más amenazadas de los Pirineos debido a que necesitan gran cantidad de bosque caducifolio adulto, sobre todo hayedos (*Fagus sylvatica*) y bosques mixtos de hayas y abetos (*Abies alba*) y de hayas y pinos (*Pinus* sp.), por lo que se realizó este estudio. Una conclusión del mismo fue comprobar que el pico dorsiblanco necesitaba troncos en pie de árboles viejos muertos.

La idea de estos trabajos consiste en cartografiar el territorio, por lo que el método puede inscribirse dentro del Método de Mc Harg (véase Apartado 3.2.2.1). Se divide el mapa del territorio en cuadrículas o celdas y se calcula para cada una de ellas el valor de las variables a considerar en el estudio.

La práctica que se encuentra en el CD es una simplificación para la sabina negral (*Juniperus thurifera*).

Se han medido en cada cuadrícula sólo dos variables:

- la pendiente,
- la orientación,

además, de la existencia o no de dicha especie.

En una primera parte se calculan una serie de índices y se decide qué pendiente y qué orientación es más ventajosa. La segunda parte tiene mayor significado matemático pues se trabaja usando el método de la chi cuadrado, que calcula para cada pendiente-orientación:

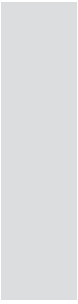
$$\sum_{i=1}^k \frac{(f_i - F_i)^2}{F_i}$$

donde F_i son las frecuencias observadas, las de la tabla, y f_i son las frecuencias esperadas, las que les correspondería en una distribución uniforme. En los libros de Estadística, en la tabla de la χ^2 se encuentra que:

$$P(\chi^2 k-1 \leq \text{Tabla}) = 0,95$$

lo que significa que si esto se cumple se puede considerar, con una probabilidad del 0,95, que las frecuencias no están distribuidas al azar, es decir, que las diferencias entre frecuencias observadas y frecuencias esperadas son significativas.

En el CD, en «Prácticas» está la práctica «Delimitación del área potencial de una especie. Presencia de *Juniperus thurifera* según pendiente y orientación». Hay tres formas de entrar en ella:

- 
- «Prácticas para el alumno», se abre un archivo de Word con la práctica explicada paso a paso. Desde él se accede a:
- Una hoja de cálculo «Alumnos», que está preparada para que el alumnado se confeccione su propia hoja de cálculo, y la «Intermedia», con fórmulas implementadas pero con los cálculos sin realizar.
 - También se puede acceder directamente a «Soluciones», donde tiene todos los cálculos ya hechos en los que se determina las orientaciones y pendientes con más frecuencia que la debida al azar.

CAPÍTULO 6

Valoración de los elementos ambientales

¿Cuánto vale el aire que respiramos? Aunque sea difícil de cuantificar, los elementos ambientales tienen un gran valor. En este capítulo se desarrollan los métodos que permiten valorarlos a la hora de realizar una evaluación de impacto ambiental. La forma que usualmente se utiliza es la de asignar un peso a cada elemento o factor ambiental de tal manera que permita agregar los valores obtenidos, tanto para obtener el impacto total de un proyecto o de una alternativa, como para saber el impacto producido por una acción determinada sobre todos los factores ambientales afectados, o sobre un factor ambiental dado, por todas las acciones del proyecto.

El método más utilizado en la valoración de los elementos ambientales es el Método Delphi, aunque este método se usa en otros muchos contextos, tanto en el de la evaluación de impactos como en otras áreas científicas. Por ello se dedica un apartado de este capítulo a analizarlo, y a comentar la forma de asignar un valor a los elementos ambientales. Se estudia también un caso en el que se utilizó el Método Delphi para ponderar factores, el Método Battelle-Columbus, aunque este método es más general que la simple ponderación, por lo que volverá a comentarse en el Capítulo 8: «Valoración de impactos ambientales» y en el Capítulo 10: «Impacto final».

6.1. EL VALOR DE UN ELEMENTO AMBIENTAL

El agua, el aire y el resto de los elementos ambientales son difíciles de valorar. Para algunas personas pueden ser de un «valor incalculable», mientras que para otras «no valen nada» debido a que son muy abundantes y no hay que pagar normalmente por ellos. Ambas valoraciones extremas llevan a que la degradación de los elementos ambientales no se tenga en cuenta a la hora de realizar decisiones políticas o económicas, debido a que son difíciles de justificar, al contrario que los elementos con un «valor de mercado» o que tienen un precio.

Pero, ¿cómo se le puede poner un precio a algo insustituible? En principio puede parecer imposible, pero si las obras de arte tienen un precio, también pueden tenerlo algu-

nos elementos ambientales. A partir de esta similitud se han inventado algunos parámetros de valoración de elementos ambientales concretos, como los árboles monumentales. En este caso la valoración la puede proporcionar una compañía de seguros, si se asegura el árbol.

Los elementos que no pueden tener un dueño, como el aire, el agua o el clima, son mucho más complicados de valorar. Sólo se valoran económicamente cuando escasean, al menos con una determinada calidad, como ocurre con el agua potable o el agua mineral, que tiene un precio de mercado. A partir de este precio es posible valorar el elemento ambiental. Por ejemplo, una fuente que produce una cantidad anual de agua potable tiene un valor mayor, cuanto mejor sea la calidad del agua. Si se conoce el precio de mercado del agua potable en la zona, se puede calcular el valor que tiene esa fuente. Dicho de otra manera, si una actividad que produce un beneficio económico destruyera dicha fuente, sólo se podría considerar rentable, si el beneficio fuese mayor que el valor de la fuente.

Esta filosofía del cálculo, no ya del valor de un elemento ambiental en sí, sino de las cantidades disponibles de una cierta calidad, es la que se está imponiendo. El aire, por ejemplo, no tiene valor de mercado, pero sí que lo tiene el aire puro, al menos en las ciudades actuales, donde los alérgicos o asmáticos gastan una cantidad de dinero en filtrar el aire que respiran. Si se calcula cuánto costaría filtrar el aire de cualquier ciudad moderna para darle una calidad de «aire puro» llamaría la atención lo empobrecedoras que son las actividades contaminantes. La solución no está, por supuesto, en filtrar el aire de la ciudad, sino en no contaminarlo. El problema es, ¿cuánto está la población dispuesta a pagar por evitar las emisiones contaminantes de cada actividad?, y por otro lado, ¿cuánto deberían pagar de indemnización los que contaminan el aire?

Estas preguntas están sin resolver debido a la inercia que existe de no valorar de forma monetaria los elementos ambientales. Si tuviesen un valor establecido, una empresa que contaminase el aire de una población debería indemnizar a sus habitantes con una cantidad equivalente, al menos, a la que costaría filtrar todo el aire que respiran.

Otros casos son todavía más complicados: ¿cuánto vale una especie? Cada especie es un elemento ambiental insustituible que contiene la información genética acumulada por la selección natural de millones de años. Las especies que ahora pueden parecer inútiles a la humanidad, podrían aportar soluciones a problemas del futuro imposibles de predecir en la actualidad. La estabilidad de los ecosistemas y la resistencia a las perturbaciones (resiliencia) depende, en gran medida, de que exista un número suficiente de especies con diferentes opciones de funcionamiento, según las condiciones de la perturbación.

Muchas especies ya han desaparecido y cada día desaparecen más, la mayoría desconocidas para la Ciencia (y en muchos casos también para los habitantes de la zona donde se encontraba). La extinción de especies es un proceso natural que se encuentra acelerado por las actividades humanas. La mayor parte de estas especies no tienen un valor de mercado y por tanto su desaparición no afecta a la economía. Otras sí que lo tienen debido a tener un uso o un valor cultural que las hacen merecedoras de cuidados, como algunas especies medicinales, el lince o el oso panda. Está claro que debería tener algún valor, pero no se ha encontrado todavía la fórmula para valorar la extinción de una especie. Algunas propuestas poco convincentes son, por ejemplo: cuánto estaría dispuesto a pagar el público para verla o tener la opción de utilizarla, o cuánto cuesta hacer un plan completo de recuperación de una especie. En una evaluación de impacto ambiental, la desaparición de una especie, o un impac-

to significativo sobre una especie en peligro, debería considerarse siempre como un impacto crítico.

6.2. PONDERACIÓN DE FACTORES AMBIENTALES

Para cuantificar el impacto total y el impacto final de un proyecto o de una determinada alternativa es preciso agregar unos impactos con otros, y para ello previamente hay que haberles asignado unos pesos o ponderaciones. La forma de hacerlo supone distribuir entre todos los elementos ambientales unas unidades de importancia. En el Método Battelle-Columbus, que tenía la pretensión de fijar esas unidades para todos los proyectos de todos los países, se distribuyen mil unidades de importancia (la idea no era mala, pero incluye entre los factores el cuidado de las tribus de indios protegidas y otros factores difíciles de poder ser considerados fuera de los Estados Unidos de América del Norte). De igual manera se pueden distribuir porcentajes o asignar pesos con la condición de que la suma de todos ellos sea uno, como se hace en los problemas más generales de control.

Cada elemento o factor ambiental es sólo una parte del medio ambiente, por lo que es importante disponer de un método que permita contemplar todo el medio ambiente en su conjunto conociendo qué elementos se consideran más o menos importantes. Para ello se debe asignar a cada factor un peso, ponderación o índice de importancia distribuyendo una determinada cantidad: 1 000, 100 o 1 que indica la importancia total del medio ambiente, entre todos los elementos y factores.

La metodología usualmente usada se basa en métodos de consulta a expertos, como el Método Delphi, que se estudia en el siguiente apartado. Pero antes se va a analizar la forma de interpretar dichas ponderaciones.

El entorno está constituido por *sistemas*, que se pueden clasificar de distintas maneras, por ejemplo en: *a)* Físico y *b)* Socio-económico y cultural, o por ejemplo en: *a)* Inerte, *b)* Biótico, *c)* Perceptual y *d)* Socio-económico, o el utilizado en el Método Battelle-Columbus: *a)* Ecología, *b)* Contaminación ambiental, *c)* Aspectos estéticos, *d)* Aspectos de interés humano, o el usado por el Método Galletta: *a)* Sistema físico, *b)* Sistema demográfico, *c)* Sistema económico, *d)* Sistema territorial, y *e)* Sistema cultural. En el Capítulo 5: «Inventario Ambiental» se propone otro modelo de clasificación (Apartado 5.4).

Cada sistema puede dividirse en *medios* o *subsistemas*. Así, en el primer ejemplo, el sistema físico se puede dividir en: medio inerte, medio biótico y medio perceptual por una parte, mientras que el sistema socio-económico y cultural puede dividirse en medio socio-cultural y medio económico, o bien en medio rural, medio de los núcleos habitados, medio socio-cultural y medio económico.

Cada uno de esos medios o subsistemas tiene una serie de elementos ambientales, cualidades o procesos del entorno que pueden ser susceptibles de medir en ellos su calidad ambiental o de ser afectados por las acciones del proyecto y recibir impactos.

A modo de ejemplo, en las Tablas 6.1, 6.2 y 6.3, se asignan pesos a los sistemas, medios y elementos ambientales de varias formas distintas, unas veces distribuyendo mil unidades de importancia, otras asignando porcentajes y otras repartiendo valores cuya suma total es uno.

Ejemplo 1: Ponderación de elementos ambientales repartiendo mil unidades de importancia

En la Tabla 6.1 se observa un ejemplo de distribución de 1 000 Unidades de Importancia (UI) entre los elementos ambientales con el objetivo de poder analizar cómo se distribuyen las mil unidades entre los distintos sistemas y medios. La suma de pesos de todos los sistemas es mil. Para distribuir pesos entre los medios, su suma debe coincidir con el peso de su sistema. La suma de los pesos de los elementos de un determinado medio debe coincidir con el peso asignado a dicho medio.

Tabla 6.1. Ejemplo de ponderación de elementos ambientales repartiendo 1 000 unidades de importancia.

Sistema	Medio	Elemento ambiental	Peso
Inerte 500 UI	Medio inerte: 200 UI	Aire:	50 UI
		Tierra y suelo:	50 UI
	Agua:	100 UI	
	Medio biótico: 200 UI	Flora:	100 UI
		Fauna:	100 UI
	Medio perceptual: 100 UI	Unidades de paisaje:	100 UI
Socio económico y cultural 500 UI	Medio socio-cultural: 300 UI	Usos del suelo:	100 UI
		Aspectos culturales:	50 UI
Infraestructuras:		50 UI	
Aspectos humanos:		50 UI	
Aspectos estéticos:		50 UI	
	Medio económico: 200 UI	Economía:	100 UI
		Población:	100 UI
Total: 1 000 UI	1 000 UI		1 000 UI

Ejemplo 2: Ponderación de elementos ambientales asignando porcentajes

En la Tabla 6.2 se examina un ejemplo de asignación de porcentajes entre los elementos ambientales, para analizar cuánto vale la suma de los pesos asignados a los sistemas, cuánto la de los pesos asignados a los elementos ambientales del sistema físico y lo asignado a cada uno de los otros sistemas. Para obtener el peso de un elemento ambiental, por ejemplo del ruido, es preciso multiplicar el peso asignado a su sistema, el físico: 50, con el asignado a dicho elemento, 6, con lo que se obtiene 300, que se divide por 100. Su porcentaje es, por tanto, un 3%. Este ejemplo se ha obtenido de un estudio de impacto ambiental real basado en el Método Galletta de un tramo de autovía, en el que para ponderar los elementos ambientales se usaron porcentajes:

Tabla 6.2. Ejemplo de ponderación de elementos ambientales asignando porcentajes.

Sistema	Porcentaje	Elementos ambientales	Pesos	%
SISTEMA FÍSICO	50	Ruido	6	3
		Geología y movimientos de tierra	11	5,5
		Aguas superficiales	9	4,5
		Suelos fértiles	4	2
		Vegetación terrestre	12	6
		Vegetación acuática	12	6
		Fauna terrestre	12	6
		Fauna acuática	12	6
		Paisaje	14	7
		Espacios naturales	8	4
SISTEMA DEMOGRÁFICO	10	Cambios demográficos	50	5
		Cambios condiciones de circulación	10	1
		Afección a edificios	20	2
		Salud humana	20	2
SISTEMA ECONÓMICO	20	Disminución suelos productivos	16,3	3,26
		Efecto barrera	8,1	1,62
		Transporte de materias primas	30	6
		Cambios de valor y producción en terrenos	8,1	1,62
		Cambios de redes comercialización	30	6
		Necesidad de nuevas dotaciones y servicios	7,5	1,5
SISTEMA TERRITORIAL	15	Cambios comunicación entre núcleos	25	3,75
		Cambios de red de carreteras	25	3,75
		Afección a infraestructuras hidráulicas	12,5	1,875
		Afección a redes distribución de energía	7,5	1,125
		Cortes caminos y vías pecuarias	15	2,25
		Aparición nuevos establecimientos	15	2,25
SISTEMA CULTURAL	5	Cambios de modo de vida tradicional	40	2
		Afección al Patrimonio Artístico	20	1
		Afección áreas recreativas tradicionales	40	2
SUMA	100		500	100%

Ejemplo 3: Ponderación de elementos ambientales distribuyendo pesos cuya suma es 1

Una forma muy usual de ponderar los elementos ambientales es conseguir que la suma de todos los pesos asignados sea igual a uno, pues de esta manera el impacto total del proyecto y de cada una de sus alternativas es un número también comprendido entre cero y uno. Si se observa la forma de asignar pesos en la Tabla 6.3, en la que la suma total de los elemen-

Tabla 6.3. Ejemplo de ponderación de elementos ambientales distribuyendo pesos cuya suma es 1.

Sistema	Medio	Elemento ambiental	Peso
Inerte: 0,58	Medio inerte: 0,3	Aire: Clima: Agua: Tierra y suelo: Procesos:	0,06 0,06 0,06 0,06 0,06
	Medio biótico: 0,18	Vegetación: Fauna: Procesos:	0,06 0,06 0,06
	Medio perceptual: 0,1	Valor testimonial: Paisaje intrínseco: Intervisibilidad: Componentes singulares: Recursos científico-culturales:	0,02 0,02 0,02 0,02 0,02
Socio-económico y cultural: 0,42	Medio rural: 0,1	Recreativo: Productivo: Conservación de la naturaleza: Viario rural: Procesos:	0,02 0,02 0,02 0,02 0,02
	Medio de núcleos habitados: 0,1	Estructura de los núcleos: Estructura urbana y equipamientos: Infraestructuras y servicios:	0,03 0,03 0,04
	Medio sociocultural: 0,12	Aspectos culturales: Servicios colectivos: Aspectos humanos: Patrimonio histórico y artístico:	0,03 0,03 0,03 0,03
	Medio económico: 0,1	Economía: Población:	0,05 0,05
Total: 1	1		1

tos ambientales es uno, se comprueba que la suma de los pesos asignados a los sistemas vale 1, la suma de los pesos asignados a los medios del sistema inerte coincide con el peso de dicho sistema, 0,58, y la suma de los asignados a los medios del sistema socio-económico y cultural vale 0,42. También la suma de los elementos ambientales de cada medio coincide con el peso de dicho medio.

6.3. MÉTODO DELPHI

La palabra *Delphi* proviene de la griega *Delphoi* o *Delphi* con la que se designaba a su célebre oráculo (de *Delfos*) y al célebre santuario de *Apolo Delphinios* (adorado bajo la forma de un delfín) situado en las laderas del monte Parnaso de la antigua Grecia.

Este sugerente nombre se utiliza para designar a un *método de consulta de expertos*. Existen técnicas de consultas a expertos más o menos estructuradas que se han utilizado en numerosos procesos de tomas de decisiones, como para asignar pesos a factores y elementos ambientales, para desarrollar indicadores de calidad ambiental y en otras tomas de decisiones. Es, por tanto, un método general que es conveniente utilizar cuando la información científica de la que se dispone no es suficiente, bien porque se pretenda implantar una nueva tecnología para la que no existan datos históricos, bien porque con los datos objetivos con los que se cuenta no se tenga un conocimiento suficiente.

La consulta a expertos tiene la ventaja de la tranquilidad que produce tener una información más contrastada que si únicamente se consultara a una persona, y siempre es más difícil que un grupo pueda olvidar algo que pudiera ser importante. Los inconvenientes que tiene pueden ser disminuidos aplicando el método convenientemente. Por ejemplo, si entre los expertos existe una persona de más prestigio, posición o personalidad o que, por la razón que sea, pudiera ejercer presión sobre el resto, las ventajas del método desaparecerían. Por ello se deben hacer las consultas manteniendo el anonimato y no permitiendo que alguien con mejores dotes de comunicador pueda convencer al resto.

Para comprender mejor el Método Delphi, y otros métodos similares de consulta a expertos, se va a explicar en primer lugar el ejemplo histórico de su utilización para calcular un índice de calidad del agua, y a continuación, la ponderación de factores ambientales del Método Battelle. Luego se explicarán con detenimiento sus características, así como las de otros métodos similares. Por último se propondrán ejercicios con la realización de ejemplos numéricos.

6.3.1. Índice de calidad del agua

El *Índice de Calidad del Agua* WQI (Water Quality Index) fue desarrollado en 1970 por la Fundación de Sanidad Nacional NSF (National Sanitation Foundation) de los Estados Unidos de América del Norte, mediante la aplicación del Método Delphi.

Se utilizó un panel de 142 expertos, formado por personas de todos los Estados Unidos con experiencia en diversos aspectos de la gestión de la calidad del agua como inspectores, gerentes de instalaciones públicas, ingenieros y académicos. Se enviaron por correo tres cuestionarios a las personas del panel.

En el cuestionario primero se les pedía que consideraran 35 variables para su posible inclusión en un índice de calidad del agua: oxígeno disuelto, coliformes fecales, pH, demanda biológica de oxígeno, herbicidas, temperatura, pesticidas, fosfatos, nitratos, radioactividad, fenoles, amoníaco, sólidos, aceites y grasas, turbidez, cloruros, manganeso, fluoruros, cobre, sulfato, calcio, dureza... entre otras. A esta lista podían incluir cualquier otra variable que pensarán que era necesaria, y se les pedía que catalogaran a las variables de la lista como: «no incluiría», «sin decisión» e «incluiría». También se pedía que aquellas variables catalo-

Tabla 6.4. Método Delphi utilizado en el índice de la calidad del agua.

Variable	Peso
Oxígeno disuelto	17
Coliformes fecales	15
PH	12
Demanda biológica de oxígeno a los 5 días	10
Nitratos	10
Fosfatos	10
Variación térmica	10
Turbidez	8
Sólidos totales	8
Total	100

gadas como que se incluirían, se calificaran con una puntuación entre 1 y 5, según se consideraran de mayor o menor importancia relativa.

Cuando las personas del panel devolvieron el primer cuestionario, se tabularon los resultados y se volvieron a enviar junto con el segundo cuestionario.

En el cuestionario segundo se pidió a cada persona que revisara sus puntuaciones y modificara, si quería, su respuesta, a la vista de los resultados, comparándolos con los del resto del grupo. Con las respuestas de este segundo cuestionario se identificaron las variables de mayor importancia a las que se asignó un peso, que es el que puede verse en la Tabla 6.4, en donde se observa una clara tendencia a valorar positivamente la salud pública.

En el tercer cuestionario se solicitó de las personas encuestadas que desarrollaran una curva de puntuación para cada una de las variables incluida, tomando en el eje de ordenadas la calidad del agua, de 0 a 100, y en el eje de abscisas las intensidades de cada variable, de tal manera que la curva dibujada representara, en la opinión del encuestado, la variación de la calidad del agua respecto a la cantidad de cada contaminante. Las gráficas obtenidas se denominaron «relaciones funcionales». El equipo técnico obtuvo la curva media, para cada contaminante, calculando la media aritmética de todas las gráficas de los encuestados, y una zona de sombra que representaba el 80% de los límites de seguridad (pues dentro de ella estaban en 80% de las respuestas de los encuestados). Si la zona de sombra era estrecha indicaba una gran coincidencia en la mayoría de los expertos, mientras que si era ancha, significaba lo contrario.

6.3.2. Sistema de Evaluación Ambiental de Battelle

Para resolver un problema de ponderación de la importancia de elementos o factores ambientales en los proyectos de recursos hidráulicos, la Oficina de Expropiaciones de los Estados Unidos de América del Norte desarrolló una metodología, con el equipo técnico que trabajaba en el Método Battelle-Columbus, basada en técnicas de ordenación psico-sociales y en la aplicación de un Método Delphi modificado.

La ventaja de esta técnica de ponderación de la importancia de cada factor ambiental consiste en que obliga a considerar cada uno sistemáticamente, minimizando los sesgos personales, con lo que se obtienen comparaciones consistentes y facilita la convergencia de criterios.

En primer lugar se confeccionó una lista de factores ambientales, que se ordenó o jerarquizó de acuerdo a unos criterios preseleccionados. Luego se hicieron comparaciones sucesivas entre los factores contiguos de un mismo nivel para elegir el grado de diferencia entre sus importancias para cada par de factores. Para realizar la jerarquización inicial se consideraron tres criterios: inclusión, confianza en las medidas y sensibilidad a los cambios en el medio.

Los factores ambientales se agruparon, en primer lugar, en cuatro categorías: ecología, contaminación ambiental, aspectos estéticos y aspectos de interés humano.

Cada una de estas categorías se subdividió en componentes cualitativos, teniendo un total de 18 componentes:

— Ecología:

1. Especies y poblaciones.
2. Hábitats y comunidades.
3. Ecosistemas.

— Contaminación ambiental:

4. Contaminación del agua.
5. Contaminación atmosférica.
6. Contaminación del suelo.
7. Contaminación por ruido.

— Aspectos estéticos:

8. Suelo.
9. Aire.
10. Agua.
11. Biota.
12. Objetos artesanales.
13. Composición.

— Aspectos de interés humano:

14. Valores educacionales y científicos.
15. Valores históricos.
16. Culturas.
17. Sensaciones.
18. Estilos de vida.

Entre estos componentes se distribuyeron 78 parámetros o factores ambientales.

Tabla 6.5. Sistema de ponderación de factores por el Método Battelle. Repartición de 1 000 unidades de importancia.

Ecología	Contaminación ambiental (402)	Aspectos estéticos (153)	Aspectos de interés humano (205)T
Especies y poblaciones (140) <i>Terrestres</i> (14) Pastizales y praderas (14) Cosechas (14) Vegetación natural (14) Especies dañinas (14) Aves de caza continentales <i>Acuáticas</i> (14) Pesquerías comerciales (14) Vegetación natural (14) Especies dañinas (14) Pesca deportiva (14) Aves acuáticas	Contaminación del agua (318) (20) Pérdidas en las cuencas hidrográficas (25) DBO (18) Coliformes fecales (22) Carbono inorgánico (25) Nitrógeno inorgánico (28) Fosfato inorgánico (16) Pesticidas (18) pH (28) Variaciones en el flujo de la corriente (28) Temperatura (25) Sólidos disueltos totales (14) Sustancias tóxicas (20) Turbidez	Suelo (32) (06) Material geológico superficial (16) Relieve y caracteres topográficos (10) Extensión y alineación Aire (5) (03) Olor y visibilidad (02) Sonidos Agua (52) (10) Presencia de agua (16) Interfase agua-tierra (06) Olor y materiales flotantes (10) Área de superficie de agua (10) Márgenes	Valores educativos y científicos (48) (13) Arqueológico (13) Ecológico (11) Geológico Valores históricos (55) (11) Arquitectura y estilos (11) Acontecimientos (11) Personajes (11) Religiosos y culturales (11) «Frontera del oeste» Culturales (28) (14) Indios (07) Grupos étnicos (07) Grupos religiosos
Hábitat y comunidades (100) <i>Terrestres</i> (12) Cadenas alimentarias (12) Uso del suelo (12) Especies raras y en peligro <i>Acuáticas</i> (14) Diversidad de especies acuáticas (12) Cadenas alimentarias (12) Especies raras y en peligro (12) Características fluviales (14) Diversidad de especies	Contaminación atmosférica (52) (05) Monóxido de carbono (05) Hidrocarburos (10) Óxidos de nitrógeno (12) Partículas sólidas (05) Oxidantes fotoquímicos (10) Óxidos de azufre (05) Otros Contaminación del suelo (28) (14) Uso del suelo (14) Erosión Contaminación por ruido (04) (04) Ruido	Biota (24) (05) Animales domésticos (05) Animales salvajes (09) Diversidad de tipos de vegetación (05) Variedad dentro de los tipos de vegetación Objetos artesanales (10) (10) Objetos artesanales Composición (30) (15) Efectos de composición (15) Elementos singulares	Sensaciones (37) (11) Admiración (11) Aislamiento. Soledad (04) Misterio (11) Integración con la naturaleza Estilos de vida (patrones culturales) (37) (13) Oportunidades de empleo (13) Vivienda (11) Interacciones sociales

Para proceder se siguieron las siguientes pautas:

1. Se eligió al panel de expertos que iba a realizar la evaluación, explicándoles con detalle el concepto de ponderación, el uso de las jerarquizaciones y la metodología que se iba a seguir.
2. Se jerarquizaron las categorías, componentes y factores que se iban a evaluar.
3. Se asignó el valor 1 a la primera categoría de la lista, que se comparó con la segunda categoría y se determinaron cuantas veces resultó la segunda categoría mejor que la primera. Se expresó esto como un número decimal comprendido entre 0 y 1.
4. Se procedió del mismo modo comparando a la segunda componente con la tercera, luego la tercera con la cuarta, y así hasta terminar la lista de categorías.
5. Se calcularon los valores medios del grupo de expertos y con ellos se calcularon porcentajes para cada categoría.
6. Se ponderó cada categoría distribuyendo mil unidades entre ellas.
7. Se repitió el proceso para los componentes de cada categoría, multiplicando las medias obtenidas por el peso asignado a su categoría.
8. Se repitió el proceso para los factores de cada componente, multiplicando las medias obtenidas del grupo de expertos por el peso asignado a su componente.
9. Se indicó al equipo de expertos los resultados del proceso de ponderación.
10. Se repitió el experimento con el mismo grupo de expertos para mejorar la fiabilidad de los resultados.

De esta manera se asignaron mil unidades de importancia entre las cuatro categorías: ecología (240), contaminación ambiental (402), estética (153) e interés humano (205). Estos pesos se distribuyeron a su vez entre los 17 componentes, y finalmente entre los 78 factores. En lugar de usar los primeros pesos obtenidos se prefirió repetir varias veces el proceso usando la misma técnica y utilizar el peso agregado logrado con esos resultados. La información puede incluir la media y la varianza cuando se consideró pertinente, y en todos los casos se informó al equipo de expertos de los valores. En todas las informaciones se utilizaron enunciados formalizados con el fin de evitar juicios de valor entre las personas que formaban el grupo de expertos.

Los pesos que se obtuvieron pueden verse en la Tabla 6.5, donde puede comprobarse la manera de repartirse. Por ejemplo, la categoría «Ecología» tiene asignados 240 unidades de importancia, que se reparten entre sus componentes: 140 para «Especies y poblaciones» y 100 para «Hábitats y comunidades». Las unidades de importancia de los factores ambientales de «Especies y poblaciones» son: $(14 + 14 + 14 + 14 + 14) + (14 + 14 + 14 + 14 + 14) = 140$ UI, y así en todos los casos. Se observa también, como en «Aspectos de interés» se contemplan como factores ambientales «Indios» y «Frontera del Oeste».

6.3.3. Pautas para el Método Delphi

La filosofía del Método Delphi es lograr las mayores ventajas de usar un método basado en la consulta a expertos y minimizar sus inconvenientes. Por ello, una vez analizada la forma de proceder en los dos casos históricos estudiados, se proponen unas pautas para conseguir evitar que el grupo sea vulnerable a alguno de sus individuos o para que se alcance una buena previsión.

En la realización de un Método Delphi se utiliza la siguiente terminología:

- *Panel* de expertos es el conjunto de expertos que forman el grupo.
- *Moderador* es la persona responsable del equipo técnico que recoge las respuestas y prepara los cuestionarios.
- *Cuestionario* es el documento que se envía a los expertos. Está formado por las cuestiones y los resultados de las anteriores circulaciones.
- *Circulación* es la forma en que se van presentando los sucesivos cuestionarios.

Se considera en primer lugar al equipo técnico (que puede estar formado exclusivamente por un moderador o por varias personas). Éste elige al grupo de expertos de forma que haya participantes de distintas procedencias y con diferentes intereses. Confecciona un primer cues-

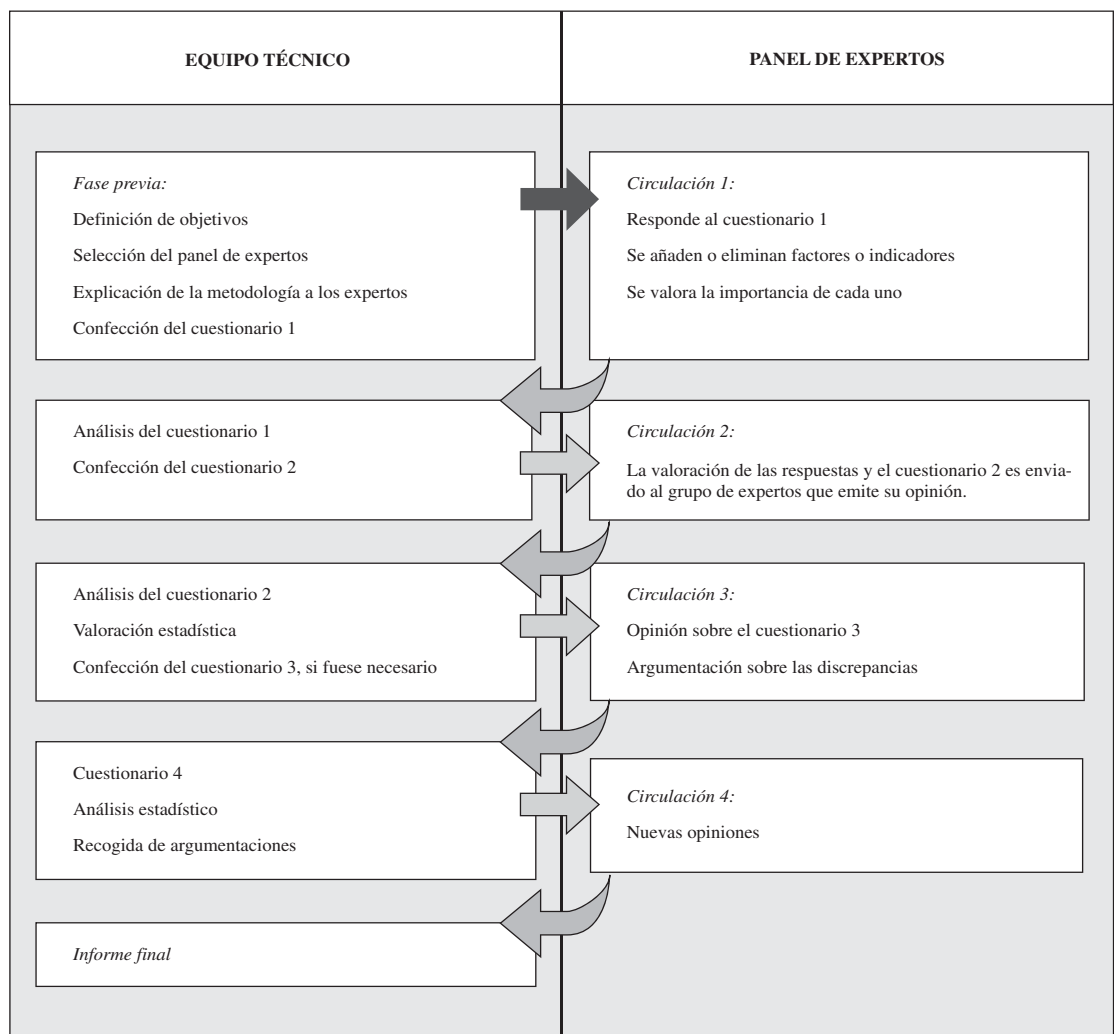


Figura 6.1. Esquema del Método Delphi.

tionario que es sometido a los expertos para que respondan. El equipo técnico analiza las respuestas, las valora y confecciona un segundo cuestionario. La valoración de las respuestas y el segundo cuestionario son enviados de nuevo al grupo de expertos para que emita una nueva opinión. En esta segunda ronda se permite variar de opinión. El proceso se repite hasta alcanzar el consenso deseado (véase Figura 6.1).

Una característica fundamental del método es el anonimato, ya que ningún experto conoce la identidad del resto con lo que se evita la confrontación directa. El motivo es que ninguna persona del grupo pueda sentirse influida por otra. También permite que se pueda cambiar de opinión sin que esto suponga una merma de imagen. Cada experto puede defender sus argumentos con toda libertad e incluso sin miedo a equivocarse.

Al ofrecerse el mismo cuestionario, o similar, sucesivas veces se produce una iteración controlada, y al exponer el análisis estadístico de los resultados obtenidos se consigue que los expertos conozcan las opiniones del resto del grupo y puedan ser convencidos con los argumentos presentados.

La información que se presenta a los expertos debe ser lo más completa posible, pues no sólo se realiza un estudio estadístico sino que se completa con todos los argumentos y opiniones. Aunque en un principio el cuestionario tenga una valoración meramente cualitativa se llega a conocer no sólo la respuesta mayoritaria del grupo, sino el grado de dispersión o de consenso que existe en dicha respuesta.

6.3.4. Fases del Método Delphi

Fase previa:

Antes del inicio se deben definir los *objetivos*, delimitando la forma en que se pretende realizar el estudio.

Se selecciona el panel de expertos y se consigue su compromiso de colaboración. Los criterios para dicha selección son la experiencia sobre el asunto y la pluralidad de procedencia para que los intereses y conocimientos sean diversos.

Se explica a los expertos lo que se espera de ellos, informándoles de la metodología que se va a utilizar.

Se confecciona el primer cuestionario.

Circulación primera:

Se pasa el primer cuestionario, en el que se pide a los expertos que lo completen, añadiendo factores ambientales o indicadores, y valorando su importancia. Se recogen los cuestionarios y se realiza un trabajo de elaboración de los resultados, seleccionando lo más relevante. Con este material se confecciona el segundo cuestionario.

Circulación segunda:

De nuevo los expertos reciben una lista, completada con el primer cuestionario, y se les vuelve a pedir su valoración (importancia de los factores, los impactos o de los indicadores). Contestado

el cuestionario, vuelve al moderador que realiza un estudio estadístico. Puede calcularse la media y la desviación típica de cada indicador, pero resulta mejor calcular la mediana, que está menos afectada por los valores extremos, y proporciona la opinión del 50% de los expertos, sustituyendo entonces la desviación típica por los cuartiles (que indican lo que opinan el 25% y el 75% de los expertos, respectivamente) y el intervalo intercuartil. El tercer cuestionario recoge la lista confeccionada con la síntesis de los resultados y la valoración estadística.

Circulación tercera:

Se envía a los expertos un tercer cuestionario y las valoraciones estadísticas del segundo para conocer si llegan a un acuerdo. Las opiniones que se salen del intervalo intercuartil se pide que sean argumentadas explicando la razón por la que creen que esa opinión es la correcta y el resto de expertos está equivocado. Aquí se manifiesta el interés del anonimato que permite esta argumentación con total libertad.

El siguiente cuestionario recoge estas argumentaciones.

Circulación cuarta:

Se envía a los expertos un nuevo cuestionario, síntesis de los anteriores, el análisis estadístico y las argumentaciones de las discrepancias. Sólo si hubiera opiniones muy distantes se continuaría el proceso para detectar un posible error.

Se elabora un informe con los valores obtenidos y los comentarios aportados.

6.3.5. Otros métodos de consulta a expertos

Existen algunas variantes entre los distintos modelos que se han usado de los métodos basados en la consulta a expertos. Algunos de ellos son:

- Técnica de jerarquización.
- Técnica del proceso de opinión personal y de grupo.
- Técnica de ponderación mediante puntuación.
- Escala de importancia definida.
- Medida de utilidad multiatributo o multicriterio.
- Comparación de pares no jerarquizados.
- Comparación en pares jerarquizados.
- Método Delphi.

Técnica de jerarquización. Se pide a los expertos que ordenen los factores por orden de importancia, asignando un 1 al factor más importante, un 2 al siguiente y así sucesivamente hasta asignar n , si hay n factores, al menos importante. También se puede utilizar el orden inverso y asignar n , al más importante y 1 al menos importante.

Nota: En el CD hay ejemplos totalmente calculados en Excel en los que se ha utilizado esta técnica y una práctica indicada para realizarla emulando al panel de expertos. Se recoge aquí un resumen de los resultados.

Ejemplo:

Se va a realizar una carretera que atraviesa un parque situado en las afueras de una ciudad y para realizar la evaluación de impactos se quieren ponderar los factores. La lista de factores ya ha sido obtenida utilizando el Método Delphi. Se ha consultado a un equipo de cinco expertos sobre la importancia de los distintos medios: medio inerte, biótico, perceptual y socio-económico, usando la técnica de jerarquización. Al factor que cada experto considera más importante le califica con un 4, al siguiente con 3, luego un 2 y al menos importante con 1.

Los resultados obtenidos aparecen en la Tabla 6.6.

Tabla 6.6. Ejemplo de ponderación de medios de forma jerárquica.

Medios	Experto 1	Experto 2	Experto 3	Experto 4	Experto 5	Suma	Peso	%	Repartir
Medio inerte	2	2	3	2	4	13	0,26	26	260
Medio biótico	1	3	4	4	3	15	0,30	30	300
Perceptual	4	4	2	1	1	12	0,24	24	240
Socio-económico	3	1	1	3	2	10	0,20	20	200
SUMA	10	10	10	10	10	50	1,00	100	1 000

Se suma en vertical y en horizontal, y se observa que con esta técnica la suma de valores que se obtienen para cada experto es siempre la misma, en este caso es: $1 + 2 + 3 + 4 = 10$, y en general, si hay n factores a valorar:

$$1 + \dots + n = \frac{n \cdot (n + 1)}{2}$$

Y la suma total si hay m expertos es:

$$\frac{n \cdot (n + 1) \cdot m}{2}$$

que en este caso es $10 \cdot 5 = 50$.

Para calcular la ponderación de cada factor se divide la suma de valores que ha obtenido por la suma total. Por ejemplo, para el medio inerte: $(2 + 2 + 3 + 2 + 4)/50 = 13/50 = 0,26$. Esas ponderaciones, que son valores comprendidos entre 0 y 1, se pueden transformar, si interesa, en un porcentaje, multiplicando por 100, o para repartir entre mil unidades de importancia, multiplicando por 1 000.

La misma técnica se utiliza a continuación con los factores que pertenecen a un mismo medio, con lo que se obtiene una ponderación para cada uno de ellos, dentro de su medio. Pero en lugar de multiplicar por 100 o por 1 000, se multiplicará por el porcentaje o por las unidades que se deban repartir en dicho medio.

Los resultados obtenidos para el medio inerte se encuentran en la Tabla 6.7.

Tabla 6.7. Ejemplo de ponderación de factores del medio inerte de forma jerárquica.

Medios	Experto 1	Experto 2	Experto 3	Experto 4	Experto 5	Suma	Peso	%	Repartir 1 000 unidades
Calidad del paisaje	5	6	6	3	2	22	0,21	5,45	54,48
Contaminación del suelo	4	4	3	4	1	16	0,15	3,96	39,62
Contaminación del agua subterránea	2	2	4	2	6	17	0,16	4,21	42,10
Contaminación del agua superficial	1	5	2	1	5	14	0,13	3,47	34,67
Calidad del aire	3	2	1	6	3	15	0,14	3,71	37,14
Sosiego (ruido)	6	1	5	5	4	21	0,20	5,20	52,00
SUMA	21	21	21	21	21	105	1	26	260

En este caso se realiza la consulta al panel de expertos y se les pide que ordenen jerárquicamente los factores correspondientes al medio inerte calificando al más importante con 6, y al menos con 1. La suma de calificaciones para cada experto es, naturalmente, siempre la misma, en este caso $6 \cdot 7/2 = 21$. La suma total obtenida es: $5 \cdot 21 = 105$.

La ponderación se realiza dividiendo la suma de puntos obtenida por cada factor entre la suma total, en este caso 105. Para el factor «calidad del paisaje» se obtiene: $22/105 = 0,21$. Pero ahora para calcular el porcentaje de cada factor se debe tener en cuenta el calculado ya para cada medio. En el ejemplo, el medio inerte tiene asignado un porcentaje del 26%, por tanto se multiplica cada ponderación por 26, (véase Tabla 6.6), y así se obtiene para la calidad del paisaje un porcentaje de: $26 \cdot 0,21 = 5,45\%$.

Si en lugar de un porcentaje se quieren repartir 1 000 unidades de importancia entre todos los factores, se multiplica la ponderación obtenida para cada factor por las unidades que le corresponden al medio. En este caso, para ponderar la calidad del paisaje se multiplica por 260: $260 \cdot 0,21 = 54,5$ UI.

Lo mismo se efectúa con el resto de factores de los otros medios.

Técnica del proceso de opinión personal y de grupo. Es una técnica de grupo interactiva, desarrollada en 1968, que deriva de estudios de psicología. Los expertos elaboran de forma personal y de forma independiente las ideas en estudio, por ejemplo, la lista de factores y sus pesos, y lo escriben en un papel. Se recogen las aportaciones y representan en un gráfico. Se discute y valora cada idea. Se vota de forma independiente sobre la prioridad de las ideas (pesos de los factores) para determinar el orden final matemáticamente.

Técnica de ponderación mediante puntuación. Se califica cada factor con un valor, por ejemplo, entre 0 y 10.

Nota: En el CD adjunto pueden verse los cálculos realizados.

Ejemplo:

En el mismo ejemplo anterior se pide ahora al panel de expertos que califique, en primer lugar a cada medio, dándole un valor entre 0 y 10, siendo 10 la máxima puntuación.

Los resultados obtenidos se recogen en la Tabla 6.8.

Tabla 6.8. Ejemplo de ponderación de medios por calificación de 0 a 10.

Medios	Experto 1	Experto 2	Experto 3	Experto 4	Experto 5	Suma	Peso	%	Repartir 1 000 unidades
Medio inerte	9	10	8	10	7	44	0,30	29,93	299
Medio biótico	10	10	9	7	10	46	0,31	31,29	313
Perceptual	6	8	5	4	6	29	0,20	19,73	197
Socio-económico	6	7	4	3	8	28	0,19	19,05	1 000
SUMA	31	35	36	24	31	147	1	100	1 000

Ahora la suma total obtenida por cada experto no es siempre la misma, unos califican más alto (con una suma de 36) y otros más bajo (con una suma de 24). La suma total no se puede obtener por fórmula, sino que siempre se calcula (147 en este caso). La ponderación se obtiene, para cada medio, dividiendo la suma que ha obtenido entre la suma total. Así, para el medio inerte: $44/147 = 0,30$. El porcentaje se obtiene, en este caso, multiplicando por 100, y si se quieren repartir mil unidades de importancia, multiplicando por 1 000.

Para obtener la ponderación de los factores se hace lo mismo, se califica cada factor de 0 a 10. Para los factores del medio inerte se han obtenido las calificaciones que aparecen en la Tabla 6.9 (el resto pueden verse en el CD).

Tabla 6.9. Ejemplo de ponderación de factores del medio inerte por puntuación de 0 a 10.

Medios	Experto 1	Experto 2	Experto 3	Experto 4	Experto 5	Suma	Peso	%	Repartir 1 000 unidades
Calidad del paisaje	10	7	10	5	8	40	0,17	5,12	51,17
Contaminación del suelo	9	6	9	5	10	39	0,167	4,99	49,98
Contaminación del agua subterránea	10	7	9	5	10	41	0,18	5,24	52,44
Contaminación del agua superficial	10	8	8	5	10	41	0,18	5,24	52,44
Calidad del aire	10	7	6	7	10	40	0,17	5,12	51,17
Sosiego (ruido)	9	4	9	5	6	33	0,14	4,22	42,21
SUMA	58	39	51	32	54	238	1	29,83	299,32

Se suma en horizontal y en vertical. Hay expertos que califican más alto (58 puntos) y otros más bajo (32 puntos). Se calcula la suma total de puntos, 238 en este caso. Se obtienen los pesos dividiendo la suma de cada factor entre la suma total. Así, para el factor, calidad del paisaje, se obtiene $40/238 = 0,17$. Para obtener los porcentajes de cada factor es preciso tener en cuenta el porcentaje a repartir obtenido con la consulta anterior sobre la importancia de los medios. Para el factor ambiental «contaminación del suelo» se tiene:

$$29,93 \cdot 0,167 = 4,99831,$$

y si se distribuyen 1 000 unidades de importancia:

$$299,3 \cdot 0,167 = 49,98.$$

Escala de importancia definida. Una variante del método anterior es usar escalas predefinidas, lo que facilita la sistematización en la asignación de pesos, como:

1. Sin ninguna importancia, sin relevancia, no tiene efectos medibles, debe eliminarse.
2. Sin importancia, relevancia poco significativa, prioridad baja, causa poco impacto, no es un factor determinante.
3. Moderadamente importante, podría causar un impacto, puede ser un factor determinante.
4. Importante, es relevante, produce un impacto significativo.
5. Muy importante, relevante, tiene implicación directa y debe solucionarse o tratarse.

Otra variante que puede emplearse para localizar los factores ambientales relevantes es que cada experto valore los factores de una lista en:

- A) Empeora mucho.
- B) Empeora poco.
- C) Sin efecto.
- D) Mejora algo.
- E) Mejora mucho.

Se revisan los resultados individuales que se van comparando.

Medida de utilidad multiatributo o multicriterio. Otra técnica, propuesta por Edwards en 1976, ha sido adoptada en procesos de toma de decisiones que tenían que ver con expertos muy dispares: decisor, experto, gobierno, grupo de interés... entre los que los resultados suelen ser muy diferentes, con lo que con esta técnica se reducen las diferencias.

Se denomina *utilidad* a una meta o a un objetivo, *tema* a las necesidades que se quieren satisfacer, *entidades* a las alternativas, *resultados* a la evaluación de cada entidad relativa a los factores de decisión y *dimensiones del valor*, al número de factores que se tienen en cuenta. Se definen utilidades, metas, entidades y una dimensión reducida del valor. Se puntúan las dimensiones en términos de importancia, se suman los pesos y se divide cada uno por dicha suma, con lo que se convierten las importancias en valores comprendidos entre 0 y 1.

Comparación de pares no jerarquizados. Las técnicas de ponderación de la importancia, basadas en la comparación de pares, consisten en ir comparando dos a dos los factores y tabulando los resultados. Estas técnicas se han utilizado mucho en la toma de decisiones, y especialmente en estudios de impactos. Cada factor se compara con el resto, asignando un 1 al más importante y un 0 al menos. Se puede añadir un *factor tonto* que se define como el menos importante de todos. Si dos factores se consideran igualmente importantes, se asigna a ambos 0,5. Asignar un 0 no significa que dicho factor no tenga ninguna importancia, sino que su importancia se considera menor que la del factor con el que se está comparando.

Nota: En el CD adjunto pueden verse los cálculos realizados.

Ejemplo:

En la consulta a un experto se ha obtenido la respuesta de la Tabla 6.10.

Tabla 6.10. Ejemplo de ponderación de los medios por pares sin jerarquizar.

Medios	I y II	I y III	I y IV	I y V	II y III	II y IV	II y V	III y IV	III y V	IV y V	Suma	Peso	%	Reparto de 1 000 unidades
I Medio inerte	0	1	1	1							3	0,3	30	300
II Medio biótico	1				1	1	1				4	0,4	40	400
III Perceptual		0			0			1	1		2	0,2	20	200
IV Socioeconómico			0			0		0		1	1	0,1	10	100
V Factor “tonto”				0			0		0	0	0	0	0	0
											10	1	100	1 000

Se observa que el experto considera más importante el medio biótico que el inerte y éste que el perceptual. Compara cada medio con todos los demás de forma ordenada, documentando y justificando las asignaciones. Es importante en esta técnica utilizar pocos objetos a comparar, ya que el número de respuestas, para este caso de 5 medios es de 10, y en el caso de *n* objetos es de:

$$C_n^2 = \binom{n}{2} = \frac{n(n-1)}{2} .$$

Se pondera dividiendo la suma de cada medio entre la suma total, se calculan porcentajes y se reparten 1 000 unidades de importancia. La ponderación de los factores se puede hacer por el mismo método.

Comparación en pares jerarquizados. Esta técnica fue desarrollada por Dean y Nishry en 1965. Puede ser utilizada por una persona o por un grupo de expertos. Consiste en com-

parar cada factor con el resto de forma sistemática. Al factor más importante se le asigna un 1 y al menos, el 0. La diferencia con la técnica anterior es que se necesita una ordenación previa de los factores de decisión de los factores en jerarquías. Este es el método explicado anteriormente en el Apartado 6.3.2, utilizado en proyectos de recursos hidráulicos para ponderar factores por el equipo Battelle-Columbus.

Si se consideran 3 componentes, ya jerarquizadas: B, A y C y un experto asigna los siguientes pesos: B = 1; C tiene 1/2 importancia respecto a B, A tiene 1/2 importancia respecto a C, entonces B = 1, C = 0,5 y A = 0,25, luego la suma es: 1,75 y las ponderaciones obtenidas son:

$$B = \frac{1}{1,75} = 0,57, C = \frac{0,5}{1,75} = 0,29 \text{ y } A = \frac{0,25}{1,75} = 0,14.0$$

6.4. PRÁCTICAS

6.4.1. Autoevaluación

1. Respecto a la valoración de los elementos ambientales, indica qué afirmación es cierta:
 - a) El aire que respiramos no vale nada, porque no se puede comprar.
 - b) La extinción de una especie protegida no produce ningún impacto ambiental.
 - c) Valorar los elementos ambientales es difícil porque, en muchos casos, no tienen un valor de mercado.
 - d) Todos los elementos ambientales son abundantes y nunca van a faltar.

2. Indica que afirmación es cierta:
 - a) El panel del Método Delphi se refiere al equipo técnico y al grupo de expertos.
 - b) El trabajo comienza siempre con una tormenta de ideas.
 - c) El Método Delphi se basa en el trabajo en grupo.
 - d) En el Método Delphi se utiliza el anonimato del panel de expertos.

3. Respecto a la terminología usada en el Método Delphi indica la afirmación que sea cierta:
 - a) El «moderador» es uno de los expertos.
 - b) La «circulación» designa los problemas de tráfico.
 - c) El «panel» es el grupo de expertos.
 - d) Al grupo de expertos se les pasa un cuestionario para evaluar sus conocimientos sobre el tema.

6.4.2. Ejercicios

1. Comprueba, en la Tabla 6.1, la forma de distribuir 1 000 unidades de importancia entre los elementos ambientales:
 - a) ¿Cuánto vale la suma de los pesos asignados a los sistemas? ¿Cuánto vale la suma de los pesos asignados a los medios del sistema físico?, ¿y del sistema socio-económico y cultural?, ¿y la suma de los elementos ambientales en cada medio?
 - b) Construye una tabla similar, modificando los pesos, asignando al sistema físico 700 Unidades de Importancia (UI).
 - c) Construye otra tabla asignando al sistema físico 300 UI.
2. Comprueba la forma de asignar porcentajes entre los elementos ambientales.
 - a) Observa la Tabla 6.2 en la que se asignan pesos por porcentajes: ¿Cuánto vale la suma de los pesos asignados a los sistemas? ¿Cuánto vale la suma de los pesos asignados a los elementos ambientales del sistema físico?, ¿y de cada uno de los otros sistemas?
 - b) Calcula el porcentaje final asignado a cada elemento ambiental.
 - c) Construye tres tablas similares modificando los porcentajes asignados a los sistemas. Asigna al sistema físico un porcentaje del 50%, 75% y 25% respectivamente.
3. Comprueba la forma de asignar pesos cuya suma total es 1 entre los elementos ambientales en la Tabla 6.3.
 - a) ¿Cuánto vale la suma de los pesos asignados a los sistemas? ¿Cuánto vale la suma de los pesos asignados a los medios del sistema físico?, ¿y del sistema socio-económico y cultural?, ¿y la suma de los elementos ambientales de cada medio?
 - b) Construye una tabla similar asignando diferentes pesos a los sistemas.

6.4.3. Prácticas con computador

6.4.3.1. Ponderación de factores

En el CD en «Prácticas» abre la práctica «Ponderación de factores».

En esta práctica se pretende resolver el ejercicio 2 utilizando una hoja de cálculo, con los siguientes objetivos:

1. Comprender la asignación de pesos mediante porcentajes.
2. Revisar la Tabla 6.2, para entenderla.
3. Asignar otros pesos diferentes: supuesto 2 y 3. En el primer caso, supuesto 1, el porcentaje asignado al medio físico es del 50%, en el supuesto 2 se le asigna un porcentaje del 25% y en el supuesto 3, del 75%. Son variaciones muy exageradas y se pretende con ellas analizar cómo varían entonces las ponderaciones de cada factor ambiental.

4. Aplicar las nuevas ponderaciones a tres alternativas dadas: se toman los valores de los impactos producidos sobre cada uno de los factores ambientales en tres alternativas reales de dicha autovía. Sólo se tienen los valores de magnitud e importancia, ya multiplicados. Se calcula el impacto total con las tres asignaciones de pesos para determinar qué alternativa es la mejor.
5. Representar gráficamente los valores del impacto global obtenidos para cada alternativa.
6. Dar valores a una nueva alternativa 4, que resulte beneficiada con una de las asignaciones y perjudicada con otra.

Esta práctica se basa en un caso real en el que se utilizó el Método Galletta (véase Capítulo 10: «Impacto final») para analizar si los pesos asignados a los factores podían cambiar la alternativa elegida. Se comprobó, que en ese caso, la mejor alternativa era siempre la misma, aunque los pesos fueran tan diferentes.

6.4.3.2. *Práctica del Método Delphi*

En el CD hay una práctica sobre el Método Delphi:

Busca en el CD «Prácticas»: «Método Delphi» desde donde se accede a un archivo en Word donde está explicada, y desde donde se abre una hoja de cálculo «Práctica Delphi», para realizarla o se accede a las «Soluciones».

Se simula querer realizar una obra, una carretera, que atraviesa un parque en las afueras de una gran ciudad, y que el panel de expertos ha llegado ya a un acuerdo sobre la lista de factores ambientales a utilizar. Ahora se pretende ponderar dichos factores, utilizando distintas variantes sobre el Método Delphi:

- FORMA I: Ordenar jerárquicamente los elementos a valorar.
- FORMA II: Calificación de 0 a 10.
- FORMA III: Comparación por pares.
- FORMA IV: Ordenación y comparación por pares.

Las soluciones obtenidas están en una nueva hoja de cálculo, que se abre mediante «SOLUCIONES».

En las soluciones para la «FORMA I: Ordenar jerárquicamente los elementos a valorar», se tienen dos casos. El caso primero, una consulta simplificada, en la hoja «Jerarquizar 1», ya realizada, en la que se podrán revisar los cálculos, y el caso segundo, con otra consulta más completa totalmente calculada en la hoja «Jerarquizar 2».

En la práctica dirigida al alumnado se puede ejercer como panel de expertos y ponderar los factores ambientales en la hoja «Jerarquizar 3», para lo que deberá abrirse y guardarse fuera del CD.

En las soluciones para la «FORMA II: Calificación de 0 a 10», hay también dos hojas: «Puntuación 1», «Puntuación 2», siendo la primera simplificada y con los cálculos ya realizados, y la segunda más completa, también calculada.

La práctica dirigida al alumnado está en la hoja «Puntuación 3» con la posibilidad de que se pueda emular a un experto que puntúe los factores, para a continuación, realizar los cálculos.

En las soluciones para la «FORMA III: Comparación por pares», y la «FORMA IV: Ordenación y comparación por pares», hay también dos hojas. «Pares 1», totalmente calculada, donde los pares están sin jerarquizar, con un *factor tonto* y «Pares 2», calculada, con pares jerarquizados.

La práctica dirigida al alumnado está en la hoja «Pares 3», donde se puede valorar y ejercer de experto en el archivo al que se accede directamente.

CAPÍTULO 7

Identificación de impactos ambientales

En un Estudio de Impacto Ambiental se pueden distinguir cuatro bloques de procesos bien diferenciados: identificación, valoración, prevención y comunicación (Figura 7.1).

En este capítulo se estudia la identificación de impactos ambientales de un proyecto o de una alternativa dada. En el Capítulo 8, se estudiará la valoración de impactos ambientales, tanto de forma cualitativa o cálculo de su importancia, como de forma cuantitativa o cálculo de su magnitud, y en el Capítulo 9, el tratamiento para minimizar los impactos utilizando medidas preventivas y correctoras. La identificación, valoración y prevención de impactos se recogen en el Capítulo 10 para calcular el impacto final de cada una de las alternativas. Posteriormente se analiza en el Capítulo 12 el documento de síntesis donde se resume dicho estudio y se comenta, por tanto, la forma de comunicarlo. En el Capítulo 11 se estudia el procedimiento a seguir en el Programa de Vigilancia Ambiental.

Los objetivos en cada uno de estos procesos son distintos, por lo que son diferentes las metodologías adecuadas para realizarlos.

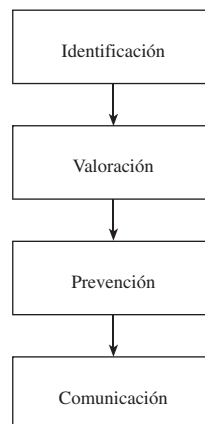


Figura 7.1. Proceso metodológico de una evaluación de impacto ambiental.

Para identificar los impactos se parte del conocimiento del proyecto (Capítulo 4) y del estudio del medio (Capítulo 5). Se puede proceder con distintos niveles de profundización, utilizando diferentes metodologías como son las listas de chequeo, las matrices de causa efecto y los diagramas de redes. El método más sencillo consiste en analizar una lista de chequeo de factores ambientales para detectar aquéllos que pueden ser afectados por la obra sobre los que se producirán impactos y cuales no son afectados o en caso de serlo, su grado de afectación es tan pequeño que pueden considerarse efectos ambientales no significativos y no ser estudiados con más detalle. El segundo nivel de profundización entraña realizar una red que relacione cada acción con los factores afectados y éstos entre sí. También se puede disponer una matriz de cruce entre los factores ambientales obtenidos en la lista de chequeo (o sobre todos, si no se ha realizado la fase anterior) y las acciones del proyecto para reflexionar sobre ella e identificar los impactos. El tercer nivel de profundización significa efectuar la matriz de cruce entre factores ambientales y acciones del proyecto, obtener la lista de impactos y realizar una valoración cualitativa de ellos. Un cuarto nivel supone realizar sobre la matriz una evaluación cualitativa y cuantitativa de los impactos.

De lo anterior se deduce que, previo a identificar los impactos, se debe desarrollar una serie de tareas como el análisis de las posibles alternativas, para determinar el árbol de acciones del proyecto susceptibles de producir impactos, y estudiar el medio en que se va a desarrollar la obra, es decir, hacer el inventario ambiental y obtener de él, el árbol de factores (Figura 7.2).

La metodología a seguir se basa por tanto en dos pilares, el conocimiento del proyecto para obtener las acciones y el estudio del entorno para obtener los factores.

El interés de los *métodos de identificación de impactos* estriba en que constituyen una primera aproximación al problema, ya que se consideran los impactos únicamente desde un

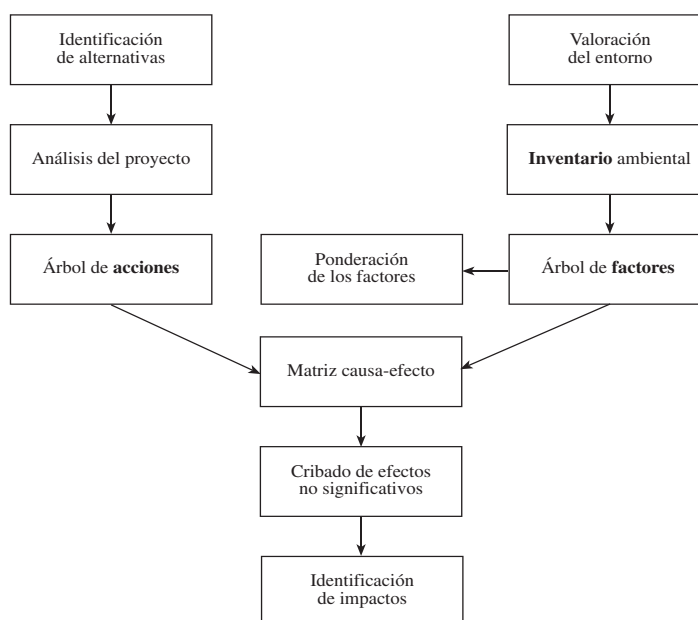


Figura 7.2. Identificación de impactos.

punto de vista eminentemente descriptivo, por lo que resulta más asequible su comprensión. Sin embargo, todavía no son útiles para la selección de la mejor alternativa, pues para ello es preciso valorar los impactos ambientales, lo que se hará cualitativa y cuantitativamente, alcanzando una cifra de *impacto global* para cada alternativa. Este laborioso proceso puede enmascarar efectos individuales de las acciones del proyecto y la referencia al territorio.

Es importante la facilidad de comprensión de una evaluación de impacto ambiental ya que en la fase de información pública debe poder ser entendida por cualquier persona. Por esta razón, en algunos países, como en el Reino Unido, se opta por los métodos más sencillos y de fácil comprensión (métodos cualitativos), mientras que el Reglamento Español, sin embargo, aconseja que las evaluaciones sean cuantitativas.

7.1. LISTAS DE REVISIÓN

La lista de revisión es la metodología más elemental para identificar los impactos antes de empezar a valorarlos. Consiste en realizar una lista donde se enumeran posibles impactos, (o acciones, factores ambientales, indicadores...). A la vista de ella se deducen cuáles de esos impactos son los que se producen con la obra que se estudia y se analizan si son efectos mínimos o efectos notables, que se denominan impactos significativos.

Ejemplo

Un ejemplo de lista de revisión, en forma de matriz, para la construcción de una autovía puede verse en la Tabla 7.1.

Tabla 7.1. Ejemplo de lista de revisión.

	Carácter		Duración		En el tiempo		Espacio		Reversible	Irreversible	Recuperable	Irrecuperable	Juicio
	Beneficio	Negativo	Tempora	Permanente	Corto plazo	Largo plazo	Local	Extenso					
Calidad del aire		X		X	X		X		X		X		Compatible
Contaminación de las aguas		X		X	X		X		X		X		Severo
Erosión		X		X		X		X		X		X	Moderado
Pérdida de cultivos		X		X	X			X		X	X		Severo
Pérdida de vegetación		X		X	X			X	X	X			Severo
Pérdida de hábitats		X		X	X		X		X			X	Crítico
Riesgo de incendios		X	X			X	X		X		X		No significado
Empleo y renta	X		X		X		X		X		X		Positivo
Nivel de ruidos		X		X	X		X			X	X		Compatible

En este ejemplo se ha realizado una primera valoración o juicio de valor. Se analiza una lista de factores ambientales afectados por la obra y se determina sobre la propia lista cuáles son positivos o negativos, y cuáles son mínimos o notables, de los que ya se aventura si son compatibles, moderados, severos o críticos.

7.2. RELACIONES CAUSA-EFECTO. DIAGRAMAS DE REDES

Otra forma de identificar impactos es realizar la lista de chequeo utilizando relaciones de causa-efecto. Este método resalta las interacciones entre las acciones y los factores ambientales y otras relaciones directas o indirectas. Una acción influye sobre un elemento ambiental causando un efecto, éste a su vez puede provocar otro efecto en otro elemento ambiental y así sucesivamente, con lo que se relaciona la acción inicial con cada uno de los efectos que provoca.

Ejemplo

Si la obra que se va a realizar es una gravera y se van a abrir huecos en las márgenes de un río, se supone que esta acción modifica la forma del cauce, que a su vez afectará al nivel freático y al nivel del agua en el río, que puede hacer variar a la vegetación, y con ello la fauna. Mientras que la modificación de la forma del cauce cambiará el paisaje, la velocidad de la corriente y la capacidad erosiva, que influye en la turbidez del agua, que perturba la fotosíntesis con lo que altera la estructura y función de la vegetación acuática, y como consecuencia, la cantidad de peces. La disminución en la abundancia de peces y la variación del paisaje afecta al uso deportivo y recreativo del río. Luego la acción: «apertura de huecos en los márgenes del río» afecta a los elementos ambientales de suelo al producir erosión, contaminación de aguas superficiales y subterráneas, flora y fauna, paisaje, uso del suelo...

Para analizar un proceso tan complejo es recomendable realizar diagramas de causa-efecto (como el de la Figura 7.3) y así conocer en una primera aproximación los factores ambientales afectados.

Se identifican las relaciones causa-efecto entre las acciones y los factores vistos anteriormente. Estas relaciones no son simples, sino que es posible que haya una cadena de efectos inducidos por otro efecto previo, como en el ejemplo anterior, en que la erosión induce la cadena formada por turbidez del agua, disminución de la fotosíntesis, modificación de la vegetación, disminución de la cantidad de peces del río, lo que a su vez afecta al uso deportivo de éste. Se observa como una acción, (hacer huecos en las márgenes del río), produce un efecto primario, (la erosión), que a su vez induce un efecto secundario (turbidez en las aguas), terciario... Los modelos basados en diagramas de flujo permiten aclarar estas relaciones, y observar cómo se puede llegar a un mismo efecto por varios caminos.

Algunos de los efectos ambientales detectados por la relación causa-efecto pueden no ser relevantes y otros serán significativos o *impactos ambientales*.

Las características que deben cumplir los factores del medio para ser considerados en este apartado ya han sido explicadas en el Capítulo 4. Se recuerda que los factores que se identifiquen como que van a ser afectados por la obra de forma significativa es deseable que

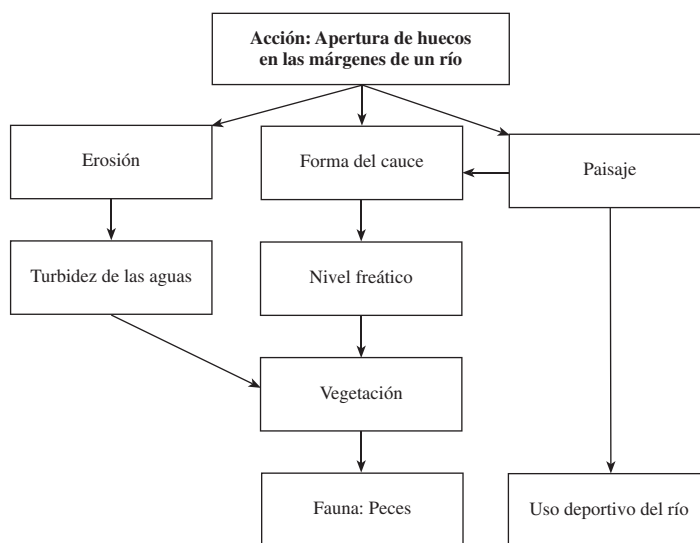


Figura 7.3. Ejemplo de diagrama de causa-efecto.

reúnan las características de ser relevantes, es decir, indiquen una información sobre el estado del entorno, que entre ellos no existan solapamientos ni redundancias que den lugar a repeticiones en la identificación de los impactos, que sean susceptibles de tener una definición clara que permita su correcta identificación y puedan ser medibles mediante algún indicador.

Si se trata de recursos naturales renovables es interesante aportar información sobre su tasa de renovación, el ritmo de consumo e intensidad de uso que permite una gestión controlada, así como las limitaciones que deben imponerse o los riesgos a los que conduce un uso indebido del recurso. Si se trata de contaminantes conviene aportar la capacidad de dispersión o de autodepuración. Una seria reflexión, sobre el inventario ambiental y las relaciones de causa-efecto, realizada usando cuestionarios, consultas, entrevistas, listas de referencia, grafos... permite confeccionar el árbol de factores ambientales afectados por la obra.

Cada relación entre una acción y un factor identifica un impacto ambiental potencial. Las relaciones no son sencillas pues, como se ha visto en el ejemplo, se tiene una cadena de efectos primarios, secundarios, terciarios... que parten de una acción y terminan en una lista de factores ambientales afectados. Para ver con claridad estas relaciones de causa-efecto existen diferentes técnicas, como por ejemplo el uso de cuestionarios que ya se hayan utilizado en un proyecto similar, o de cuestionarios generales, o las entrevistas con expertos de la obra o del entorno, o la consulta a paneles de expertos mediante un método Delphi.

Representar mediante un grafo las cadenas formadas por los factores ambientales y los efectos e impactos producidos por una o varias acciones, refleja con nitidez las interconexiones entre la obra y el entorno. Se requiere la realización de varios grafos que partan de cada acción del proyecto. Un problema común es que el diagrama se complica, y lo que en un primer momento permite observar con claridad las interacciones, cuando éstas se amplían, pierde la transparencia inicial con las sucesivas ramificaciones. Por ello, es conveniente usarlas en una primera aproximación, para posteriormente transformarlas en matrices de causa-

efecto. Una acción de la obra desencadena una cadena de relaciones de causa-efecto, y a los primeros efectos de la cadena se les denomina, si son significativos, *impactos primarios*, los efectos producidos por éstos, si son significativos, *impactos secundarios* y así sucesivamente.

7.3. MATRICES DE RELACIONES CAUSA-EFECTO

La mejor herramienta para determinar los impactos son las matrices de relaciones causa-efecto. Se parte del árbol de acciones de la obra y del árbol de factores ambientales afectados que se disponen como entradas de una matriz. Se señalan las casillas de cruce cuando en ellas se tiene un impacto significativo. Se han utilizado muchas variantes de estas matrices, de las que la Matriz de Leopold es la más conocida.

7.3.1. Matriz de Leopold

La primera y más conocida de las matrices de causa-efecto es la *Matriz de Leopold*, que fue desarrollada en 1971 por el Servicio Geológico de los Estados Unidos de América del Norte para la evaluación de impactos ambientales de una mina de fosfatos en California y que desde entonces se ha utilizado y se utiliza en los estudios de impacto ambientales. Incluye dos extensas listas de revisión, una de acciones del proyecto, con 100 acciones, y la otra con 88 elementos ambientales. La lista de acciones y la de elementos ambientales que aparecen en la Matriz de Leopold se presentan en sendas Tablas 7.2 y 7.3 respectivamente.

Tabla 7.2. Lista de acciones de la Matriz de Leopold.

ACCIONES QUE PUEDEN CAUSAR IMPACTO AMBIENTAL (Matriz de Leopold, 1971)	
A) MODIFICACIÓN DEL RÉGIMEN:	
1. Introducción de flora y fauna exótica	8. Canalización
2. Controles biológicos	9. Riego
3. Modificación del hábitat	10. Modificación del clima
4. Alteración de la cubierta terrestre	11. Incendios
5. Alteración de la hidrología	12. Superficie o pavimento
6. Alteración del drenaje	13. Ruido vibraciones
7. Control del río y modificación del flujo	
B) TRANSFORMACIÓN DEL TERRITORIO Y CONSTRUCCIÓN:	
14. Urbanización	24. Revestimiento de canales
15. Emplazamientos industriales y edificio	25. Canales
16. Aeropuertos	26. Presas y embalses
17. Autopistas y puentes	27. Escolleras, diques, puertos y terminales marítimas
18. Carreteras y caminos	28. Estructuras en alta mar
19. Vías férreas	29. Estructuras recreacionales
20. Cables y elevadores	30. Voladuras y perforaciones
21. Líneas de transmisión, oleoductos y corredores	31. Desmontes y rellenos
22. Barreras incluyendo vallados	32. Túneles y estructuras subterráneas
23. Dragados y alineado de canales	

Tabla 7.2. Lista de acciones de la Matriz de Leopold (*continuación*).

C) <i>EXTRACCIÓN DE RECURSOS:</i>	
35. Voladuras y perforaciones	39. Dragados
36. Excavaciones superficiales	39. Explotación forestal
37. Excavaciones subterráneas	40. Explotación forestal
38. Perforación de pozos y transporte de fluidos	41. Pesca comercial y caza
D) <i>PROCESOS:</i>	
42. Agricultura	50. Industria textil
43. Ganaderías y pastoreo	51. Automóviles y aeroplanos
44. Piensos	52. Refinerías de petróleo
45. Industrias lácteas	53. Alimentación
46. Generación energía eléctrica	54. Herrerías (explotación de maderas)
47. Minería	55. Celulosa y papel
48. Metalurgia	56. Almacenamiento de productos
49. Industria química	
E) <i>ALTERACIONES DEL TERRENO:</i>	
57. Control de la erosión, cultivo en terrazas o bancales	60. Paisaje
58. Sellado de minas y control de residuos	61. Dragado de puertos
59. Rehabilitación de minas a cielo abierto	62. Aterramientos y drenajes
F) <i>RECURSOS RENOVABLES:</i>	
63. Repoblación forestal	66. Fertilización
64. Gestión y control vida natural	67. Reciclado de residuos
65. Recarga aguas subterráneas	
G) <i>CAMBIOS EN TRÁFICO:</i>	
68. Ferrocarril	74. Deportes náuticos
69. Automóvil	75. Caminos
70. Camiones	76. Telesillas, telecabinas, etc.
71. Barcos	77. Comunicaciones
72. Aviones	78. Oleoductos
73. Tráfico fluvial	
H) <i>SITUACIÓN Y TRATAMIENTO DE RESIDUOS:</i>	
79. Vertidos en mar abierto	86. Vertido de aguas de refrigeración
80. Vertedero	87. Vertido de residuos urbanos
81. Emplazamiento de residuos mineros	88. Vertido de efluentes líquidos
82. Almacenamiento subterráneo	89. Balsas de estabilización y oxidación
83. Disposición de chatarra	90. Tanques y fosas sépticas, comerciales y domésticas
84. Derrames en pozos de petróleo	91. Emisión de corrientes residuales a la atmósfera
85. Disposición en pozos profundos	92. Lubricantes o aceites usados
I) <i>TRATAMIENTO QUÍMICO:</i>	
93. Fertilización	96. Control de maleza y vegetación terrestre
94. Descongelación química de autopistas, etc.	97. Pesticidas
95. Estabilización química del suelo	
J) <i>ACCIDENTES:</i>	
98. Explosiones	100. Fallos de funcionamiento
99. Escapes y fugas	
K) <i>OTROS:</i>	
...	

Tabla 7.3. Lista de elementos ambientales de la Matriz de Leopold.

ELEMENTOS AMBIENTALES (Matriz de Leopold, 1971)	
A) CARACTERÍSTICAS FÍSICAS Y QUÍMICAS	
A.1 EXTRACCIÓN DE RECURSOS:	
1. Recursos minerales	4. Geomorfología
2. Material de construcción	5. Campos magnéticos y radioactividad de fondo
3. Suelos	6. Factores físicos singulares
A.2 AGUA:	
7. Superficiales	11. Temperatura
8. Marinas	12. Recarga
9. Subterráneas	13. Nieve, hielos y heladas
10. Calidad	
A.3 ATMÓSFERA:	
14. Calidad (gases, partículas)	16. Temperatura
15. Clima (micro, macro)	
A.4 PROCESOS:	
17. Inundaciones	22. Compactación y asientos
18. Erosión	23. Estabilidad
19. Deposición (sedimentación y precipitación)	24. Sismología (terremotos)
20. Solución	25. Movimientos de aire
21. Sorción (intercambios de iones complejos)	
B) CONDICIONES BIOLÓGICAS:	
B.1 FLORA:	
26. Árboles	31. Plantas acuáticas
27. Arbustos	32. Especies en peligro
28. Hierbas	33. Barreras, obstáculos
29. Cosechas	34. Corredores
30. Microflora	
B.2 FAUNA:	
35. Aves	40. Microfauna
36. Animales terrestres, incluso reptiles	41. Especies en peligro
37. Peces y mariscos	42. Barreras
38. Organismos bentónicos	43. Correos
39. Insectos	
C) FACTORES CULTURALES:	
C.1 USOS DEL TERRITORIO:	
44. Espacios abiertos y salvajes	49. Zona residencial
45. Zonas húmedas	50. Zona comercial
46. Selvicultura	51. Zona industrial
47. Pastos	52. Minas y canteras
48. Agricultura	

Tabla 7.3. Lista de elementos ambientales de la Matriz de Leopold (*continuación*).

C.2. <i>RECREATIVOS:</i>	
53. Caza	57. Camping
54. Pesca	58. Excursión
55. Navegación	59. Zonas de recreo
56. Zona de baño	
C.3. <i>ESTÉTICOS Y DE INTERÉS HUMANO:</i>	
59. Vistas panorámicas y paisajes	64. Parques y reservas
60. Naturaleza	65. Monumentos
61. Espacios abiertos	66. Especies o ecosistemas especiales
62. Paisajes	67. Lugares u objetos históricos o arqueológicos
63. Agentes físicos singulares	68. Desarmonías
C.4. <i>NIVEL CULTURAL:</i>	
69. Modelos culturales (estilos de vida)	71. Empleo
70. Salud y seguridad	72. Densidad de población
C.5. <i>SERVICIOS E INFRAESTRUCTURA:</i>	
73. Estructuras	76. Disposición de residuos
74. Red de transportes (movimiento, accesos)	77. Barreras
75. Red de servicios	78. Corredores
D) <i>RELACIONES ECOLÓGICAS:</i>	
79. Salinización de recursos hidráulicos	84. Invasión de maleza
80. Eutrofización	85. Controles biológicos
81. Vectores, insectos y enfermedades	86. Modificación hábitat
82. Cadenas alimentarias	87. Introducción de fauna y flora exótica
E) <i>OTROS:</i>	
88. Otros	

Cada elemento ambiental corresponde a una fila y cada acción a una columna que se relacionan mediante una matriz con 8 800 casillas, que corresponden a las posibles interacciones. Es una matriz causa-efecto donde cada causa o acción del proyecto se relaciona con el elemento o factor ambiental sobre el que actúa, produciendo un efecto o impacto ambiental.

Si se supone que hay interacción, se señala con una línea diagonal, indicando en la parte superior la magnitud (M) de la alteración del factor ambiental con un signo «más» (+) o «menos» (–) según sea el impacto beneficioso o adverso, y en la parte inferior la importancia (I) de la alteración, ambas expresadas numéricamente y valoradas entre 1 y 10, calificando de 10 la máxima interacción posible y con 1 la mínima. Una simplificación de ella aparece en la Figura 7.4.

Por tanto, el primer paso para construir una Matriz de Leopold (o similar) es escribir las acciones y los elementos ambientales, luego buscar las casillas de cruce donde se prevea que interactúan y marcarlas con una línea diagonal. El segundo paso es calcular la magnitud y la importancia de esa interacción. En las publicaciones sobre la Matriz de Leopold estos conceptos no resultan claros. La magnitud está relacionada con su extensión o escala, y se supone que se mide de forma objetiva utilizando indicadores. La importancia está relacionada con lo significativa o trascendente que sea la interacción y se basa en un juicio subjetivo,


	Acciones que afectan
Elementos ambientales	

Figura 7.4. Matriz de Leopold.

bien de una persona, bien de un equipo de expertos o de un grupo interdisciplinar. En el Capítulo 8: «Valoración de impactos ambientales» se utilizan ambos conceptos, magnitud e importancia, pero con un significado preciso.

Esta matriz puede contraerse o extenderse, pueden añadirse más acciones o más elementos ambientales, o puede hacerse el estudio eliminando previamente aquellas acciones que no produzcan impactos o aquellos elementos no afectados. Los impactos pueden agruparse por aquellas acciones que más afecten o bien por aquellas que afecten menos que la media, y lo mismo con los elementos ambientales. También puede usarse para identificar los impactos según se produzcan en la fase de construcción, de explotación o de abandono.

La matriz es un buen modelo para identificar los impactos porque proporciona más información que las listas de revisión o los diagramas de redes y es una forma clara y resumida de identificar los impactos y presentar los resultados, pero resulta difícil sólo con ella seleccionar la mejor alternativa. Otro inconveniente es que todos los factores ambientales se están ponderando con igual peso al ser calificados con un máximo de 10 por lo que tampoco es útil para obtener el impacto global.

Se pretendía utilizar esta matriz en la evaluación ambiental de todos aquellos proyectos en que estuviese implicada la Agencia Federal de Estados Unidos de América del Norte. En la lista de los elementos ambientales, hay muy pocos que correspondan al medio socio-económico, pues en los años 1970 y 1971 no se les daba importancia, aunque es sencillo añadirlos.

7.3.2. Otras matrices causa-efecto

Se utiliza la Matriz de Leopold, o adaptaciones de ella, en gran número de proyectos. Una adaptación es la Matriz de Grandes Presas o el Método PADDC (Project Appraisal for Development Control) ideado por la Universidad de Aberdeen que incluye una lista de acciones, otra de factores del medio afectados y una matriz de impactos que relaciona ambas listas para cada fase del proyecto, construcción y explotación. Se trata de una matriz de cruce entre acciones y factores en la que cada *elemento ij* de la misma refleja varias características, como la magnitud y naturaleza de la relación (positiva o negativa, directa o indirecta, ...) entre la acción *i* y el factor del medio *j*.

Los diagramas de causa-efecto se pueden representar en forma de matrices sucesivas, como las de la Tabla 7.4, que permiten determinar los impactos secundarios, terciarios...

Para construir una matriz de impactos sucesiva se ponen las acciones en una entrada y los factores ambientales en la otra y se realizan los cruces, de los que se obtienen los impactos ambientales primarios. Estos impactos se llevan a la entrada donde están las acciones

Tabla 7.4. Matrices sucesivas de causa-efecto.

		Acción 1	...	Acción m	Impactos primarios	Impactos secundarios	...
Factores ambientales	Factor 1	Impacto 11		Impacto 1m	Impactos	Impactos	...
	Factor 2						
	...		Impacto ij				
	Factor n	Impacto 1		Impacto nm			

y se cruzan de nuevo con los factores ambientales obteniéndose los impactos ambientales secundarios, que cruzados de nuevos con los factores ambientales proporcionan los impactos terciarios y así sucesivamente. Estas matrices se construyen, pues, de manera escalonada, y se pueden dividir en sucesivas matrices. Las herramientas de los diagramas de causa-efecto y de las matrices escalonadas son complementarias pues los grafos permiten visualizar las relaciones con claridad y las matrices expresarlas de forma ordenada.

En las casillas de una «Matriz de Leopold» (Apartado 7.3.1) se indica la importancia y la magnitud del impacto, sin embargo, en una primera aproximación es conveniente realizar un juicio *a priori* del valor de cada efecto, indicando si produce un impacto positivo o negativo, y si es negativo, ver si es significativo o no. Posteriormente los significativos se enjuician como impactos críticos, severos, moderados y compatibles, como aparece en la Tabla 7.5.

Tabla 7.5. Matriz de impacto con un primer juicio.

		Ocupación del suelo	Deforestación	Pistas de acceso a obra	Movimientos de tierra	Estructuras y obras de fábrica	Movimiento de maquinaria	Canteras y vertederos	Expropiaciones	Necesidad de mano de obra
Elementos	Alteración de geomorfología	-C	-M	-C	-S	-C	-C	-C		
	Calidad del aire			-C	-C		-C			
	Alteración red de drenaje	-M	-S	-M	-M	-C	-C	-C		
	Eliminación cubierta vegetal	-M	-S	-C	-M	-C	-C	-C		
	Fauna: destrucción hábitats	-M	-M	-M	-M	-C	-C	-C		
	Alteración paisaje	-M	-M	-M	-S	-M	-C	-M		
	Actividad económica								+	+
	Ruidos			-M	-C	-C	-M	-C		

+, -; c = Compatible, M = Moderado, S = Severo.

7.4. TÉCNICAS DE TRANSPARENCIAS

Sobre los mapas del inventario se pueden superponer planos y acciones del proyecto dibujados sobre transparencias o utilizando el computador o un sistema de información geográfica. De esta forma se visualizan los impactos de ocupación y es posible analizar los impactos de contaminación o de sobreexplotación. Si sobre un mapa se ha determinado la capacidad de acogida del medio a una actividad, al superponerlo con el de la obra, se observan claramente los impactos de ocupación. Esta técnica es particularmente útil para analizar las diferentes alternativas de localización, sobre todo cuando en alguna de ellas la obra se aproxima a una zona singular o protegida.

7.5. CRIBADO DE IMPACTOS

En una primera observación se han tratado los efectos ambientales producidos por las acciones de la obra sobre los factores ambientales. Muchos de estos efectos son mínimos, ya que aunque podrían constituir un impacto, no lo constituyen, y es posible despreciarlos y no tenerlos en cuenta en el resto de la evaluación una vez estimados si son efectos positivos o negativos. El análisis de los efectos para determinar cuáles son notables es lo que se denomina *cribado* de impactos. Los efectos mínimos se depuran de la matriz de impactos.

En el Anexo I del Real Decreto 1 131/1988 se define:

«Efecto **notable**.

Aquel que se manifiesta como una modificación del medio ambiente, de los recursos naturales, o de sus procesos fundamentales de funcionamiento, que produzca o pueda producir en el futuro repercusiones apreciables en los mismos; se excluyen por tanto los efectos mínimos.

Efecto **mínimo**.

Aquel que puede demostrarse que no es notable.»

Por ejemplo, en la matriz de la Tabla 7.5 se observa que la calidad del aire aunque hay algunas acciones que la afectan, apenas varía, por lo que es posible considerar, en este caso, que el impacto sobre la calidad del aire no es significativo, por lo que es cribado y se elimina de la lista de impactos. Sin embargo, la red de drenaje se ve modificada por varias acciones y en alguna la alteración es severa, luego ese impacto no puede ser cribado.

No todos los efectos deben ser tratados con la misma intensidad, sino que es conveniente centrar el estudio en los impactos. La valoración, como se estudia en el Capítulo 8, es un proceso complicado y es preciso hacer el cribado y seleccionar los que se consideran impactos significativos. Algunos de estos impactos se van a evaluar únicamente de forma cualitativa, otros cuantitativa y algunos de ellos tendrán que ser objeto de un tratamiento especial pues podrían determinar la no aceptación del proyecto.

La tarea de *identificación* de efectos como cruce, primero de acciones del proyecto y factores ambientales, y posteriormente de impactos o efectos con factores ambientales determina una primera aproximación de los efectos que la obra tiene sobre el medioambiente. La reflexión sobre dichos efectos indica cuáles pueden considerarse *mínimos* o no significativos y despreciarse en la valoración de impactos y cuáles son efectos *notables* o impactos.

7.6. PRÁCTICAS

7.6.1. Autoevaluación

1. Se denomina cribado de impactos a:
 - a) Clasificar los impactos en severos, críticos, moderados y compatibles.
 - b) Eliminar los impactos beneficiosos.
 - c) Considerar los impactos más importantes como críticos.
 - d) Eliminar los efectos mínimos o no significativos.
2. Se realiza la identificación de impactos utilizando:
 - a) Un árbol de acciones y un árbol de factores ambientales.
 - b) Relaciones causa-efecto entre las distintas acciones.
 - c) Una red que relacione cada acción con un único impacto.
 - d) Un árbol de efectos con un árbol de impactos.
3. Indica la respuesta que sea cierta respecto a la Matriz de Leopold:
 - a) Permite fácilmente calcular el impacto global de un proyecto.
 - b) Las casillas de cruce de una acción impactante y un factor impactado se dividen con una línea diagonal que separa la magnitud y la importancia del impacto.
 - c) La magnitud y la importancia se miden con valores comprendidos entre 0 y 1.
 - d) Se ponderan los elementos ambientales.

7.6.2. Ejercicios

1. Imagina la siguiente acción: desforestar una zona para realizar en ella una obra. Escribe un diagrama de causa-efecto con al menos 5 efectos ambientales.
2. Escribe en forma de matriz el diagrama anterior.
3. Se quiere evaluar el impacto producido por la construcción de una presa. Escribe una lista de revisión formada únicamente por 5 acciones y otra formada por 5 factores ambientales. Escribe una matriz de causa-efecto. Valora a priori los cruces como efectos mínimos no significativos (E), impactos moderados (M), compatibles (C) o severos (S).
4. Imagina el elemento ambiental de contaminación de los suelos en la instalación de una granja de gallinas. Dibuja un diagrama de causa-efecto que lo contenga, indicando tanto las acciones que lo originan como los efectos causados por dicha contaminación.

CAPÍTULO 8

Valoración de impactos ambientales

La lista de impactos ambientales se obtiene al realizar un cruce entre las acciones de la actividad sobre los factores ambientales, utilizando alguno de los métodos desarrollados en el capítulo anterior, por tanto, cada impacto ambiental de esta lista viene dado por un factor impactado y por una acción impactante. No todos ellos se evalúan de la misma forma y con la misma intensidad. En este capítulo se explica la forma de hacerlo.

En todos los casos la evaluación termina con un *juicio* sobre los efectos, clasificándolos en efectos notables o *impactos* y en efectos mínimos, y los impactos notables se clasifican a su vez en compatibles, moderados, severos y críticos. Si la única evaluación que se formaliza sobre un determinado efecto es esta categorización de los impactos dentro de dicha clasificación, a juicio del técnico, debidamente razonada, se dice que se ha realizado un *simple enjuiciamiento*.

Si se utiliza alguna técnica que permita mejorar la objetividad del juicio de valor realizado, se dice que se está ante una *valoración*, que puede ser cualitativa o cuantitativa. En una valoración cualitativa se evalúan una serie de cualidades de los impactos ambientales, utilizando normalmente las definidas por la legislación y obteniendo un valor numérico que se denomina *importancia*.

En una valoración cuantitativa se mide la *magnitud* del impacto para lo que se utilizan *indicadores* numéricos que, en un primer momento, se obtiene en *unidades heterogéneas*, y mediante las *funciones de transformación* se convierten en *unidades homogéneas* o comparables entre distintos tipos de impactos. Esto permite obtener una valoración numérica del *impacto total* producido, de forma que se puedan comparar las diferentes alternativas, permitiendo seleccionar la que menor impacto produzca. Es importante no sólo establecer la magnitud, sino también el umbral a partir del cual el impacto provocado debe imponer limitaciones a la actividad, tanto en la fase de construcción como en la fase de explotación.

Se deben tener en cuenta una serie de criterios al seleccionar las herramientas adecuadas para realizar la valoración. Una primera consideración es si las alternativas que se estudian

son parecidas o radicalmente diferentes en cuanto a tamaño y ubicación. En el segundo caso, es necesario comparar el impacto global, mientras que en el primero es posible comparar directamente determinados impactos. También es preciso valorar los recursos disponibles de personas, presupuesto, conocimientos y tiempo, así como el uso de herramientas informáticas. Las valoraciones cuantitativas tienen mayores necesidades.

Cuanto mejor sea el conocimiento del evaluador sobre la actividad, el entorno y las técnicas de evaluación mayor será la validez de su evaluación (subjetiva) respecto a los impactos. Una elección arbitraria de las ponderaciones, de los indicadores o de las fórmulas a utilizar hace que la evaluación no sea eficaz. La necesidad de una explicación minuciosa de la metodología y de las razones que han conducido a ella aumenta, al crecer la importancia de la actividad, su envergadura y su repercusión social.

Las técnicas utilizadas en la identificación de los impactos (Capítulo 7): listas de chequeo, diagramas de redes, matrices de cruces... pueden volver a utilizarse en esta fase y enriquecerse añadiendo ahora las valoraciones realizadas. Los apartados de la valoración cualitativa (8.2) y la valoración cuantitativa (8.3) terminan con unos ejemplos en los que se explica de forma pormenorizada el proceso de valoración.

Nota: En el CD anexo hay unas prácticas que se denominan «Valoración cualitativa» y «Valoración cuantitativa» respectivamente que reflejan los cálculos realizados. Es posible acceder a ellas con la intención de trabajarlas, o bien para observar o comprobar en «SOLUCIONES» los cálculos totalmente terminados. Las hojas de cálculo no sólo son adecuadas para practicar, sino que tienen utilidad para un técnico en la realización de una evaluación de impactos real. Para ello se deben conservar las fórmulas que ya están implementadas y utilizarlas simplemente *arrastrando* para efectuar nuevos cálculos.

8.1. SIMPLE ENJUICIAMIENTO

El *enjuiciamiento* es necesario por ley. De cada impacto se debe decir si es compatible, moderado, severo o crítico. Esta valoración puede hacerse de forma cuantitativa, cualitativa o por simple enjuiciamiento. Por simple enjuiciamiento se entiende tener un primer contacto, y separar aquellos impactos poco significativos que ya no requieran un estudio más profundo y distinguir entre efectos notables o impactos y efectos mínimos.

Una vez identificados todos los posibles efectos ambientales, mediante una matriz de causa-efecto, el siguiente paso es *cribar* los efectos *mínimos*, aquellos poco significativos, y valorar los efectos *notables* que se denominan *impactos ambientales*.

En muchos casos las diferencias entre un efecto notable y uno mínimo dependen de pequeños detalles en la forma de realizar el proyecto, por lo que, como indica la legislación, se requiere *«demostrar que no es notable»*, por lo que siempre que exista la posibilidad de que un efecto ambiental sea notable, habrá que incluirlo en la valoración.

Los impactos notables se clasifican en compatibles, moderados, severos y críticos. La legislación indica también cómo distinguirlos.

En el Anexo 1: Conceptos técnicos del Real Decreto 1131/1988 de 30 de septiembre, se define:

«Impacto ambiental compatible.»

Aquél cuya recuperación es inmediata tras el cese de la actividad, y no precisa prácticas protectoras o correctoras.

Impacto ambiental moderado.

Aquél cuya recuperación no precisa prácticas protectoras o correctoras intensivas, y en el que la consecución de las condiciones ambientales iniciales requiere cierto tiempo.

Impacto ambiental severo.

Aquél en el que la recuperación de las condiciones del medio exige la adecuación de medidas protectoras o correctoras, y en el que, aun con esas medidas, aquella recuperación precisa un período de tiempo dilatado.

Impacto ambiental crítico.

Aquél cuya magnitud es superior al umbral aceptable. Con él se produce una pérdida permanente de la calidad de las condiciones ambientales, sin posible recuperación, incluso con la adopción de medidas protectoras o correctoras.»

Una representación gráfica de estos tipos de impactos aparece en la Figura 8.1.

Es decir, un impacto es *compatible* si, al cesar la actividad y sin necesidad de realizar medidas correctoras o protectoras el factor ambiental afectado se va a recuperar. Por ejemplo, en una obra los camiones producen ruidos, con una intensidad dentro de los límites permitidos, y al cesar la construcción esos ruidos terminan. Si no existe un hospital cerca, ni núcleos urbanos demasiado próximos, de forma que el nivel sonoro previsto se califica de admisible, el impacto producido es compatible.

El impacto es *moderado* si no requiere medidas protectoras o correctoras *intensivas* para su recuperación, o su recuperación requiere un *cierto tiempo*. Siguiendo con el ejemplo anterior, el ruido producido por el tránsito de los camiones no cesa al terminar la construcción. Si la carretera pasa cerca de un núcleo urbano hay unos niveles de ruido permitidos y otros prohibidos, si pasa cerca de un hospital la restricción es mayor. El impacto producido por el

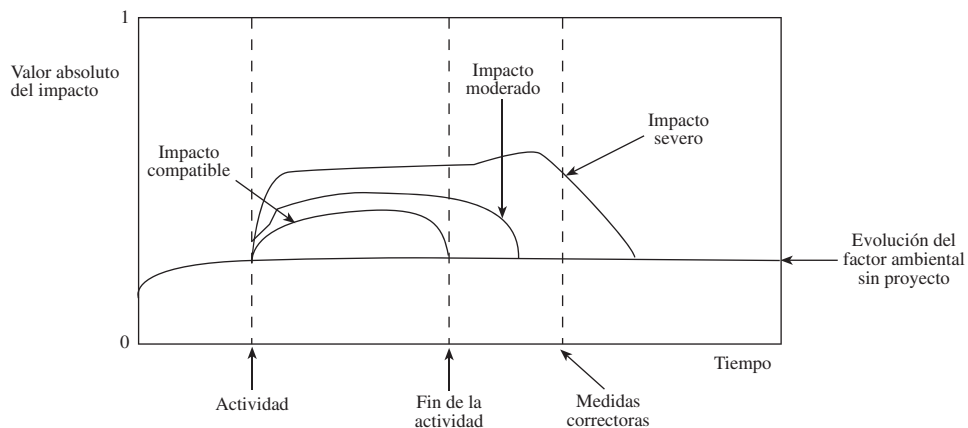


Figura 8.1. Representación gráfica de los impactos compatibles, moderados y severos.

ruido puede en ocasiones corregirse mediante medidas correctoras como barreras protectoras contra el ruido. En el caso de que esto sea posible el impacto es moderado.

Otro ejemplo: al hacer la obra se ha eliminado vegetación natural. Pero se ha tomado la medida protectora de almacenar adecuadamente la tierra vegetal y se tiene proyectada la medida correctora de utilizarla para revegetar las zonas que no queden ocupadas. Si las zonas ocupadas son pequeñas y si al cesar la obra, al cabo de poco tiempo esa vegetación puede recuperarse mediante las medidas citadas, entonces el impacto es moderado.

El impacto es *severo* si se requiere mucho tiempo para que se recupere el factor afectado a pesar de las medidas correctoras y protectoras o si el factor ambiental que se pierde para siempre, es sustituible. Por ejemplo, si la carretera anterior pasa por una zona muy sensible en flora y fauna, o por un parque natural, y aunque se tomen las medidas protectoras y correctoras adecuadas, es previsible que no se recupere o que tardará mucho tiempo en hacerlo.

El impacto es *crítico* si se pierde el factor. Un caso extremo sería una autovía que pasara por medio de la catedral de Burgos. Un impacto crítico requiere, naturalmente, la búsqueda de otra alternativa. Otros ejemplos de impactos críticos pueden ser la destrucción de restos arqueológicos, de árboles milenarios singulares, la extinción de una especie o el deterioro irreversible de un parque nacional. Todo lo que signifique una gran pérdida irreparable e insustituible.

Ejemplo: una autovía pasa por una zona de huerta. El terreno fértil, cultivable, se pierde para siempre por donde pasa la carretera. Si la zona de huerta es muy amplia respecto al terreno ocupado, el factor ambiental se puede considerar sustituible, pero si es escasa, de uso tradicional y de gran fertilidad se puede considerar un impacto crítico.

En todos los casos, e independientemente de la metodología que se utilice, la valoración de impactos siempre termina realizando un enjuiciamiento y organizando los impactos ambientales según la anterior clasificación.

8.2. VALORACIÓN CUALITATIVA DE IMPACTOS AMBIENTALES O CÁLCULO DE LA IMPORTANCIA

Toda valoración, por definición, es subjetiva, lo cual no significa que tenga que ser arbitraria, como ya se comentó en el Apartado 1.3. Las distintas técnicas de valoración de impactos intentan disminuir la subjetividad de las conclusiones justificando de la mejor manera posible todos los juicios de valor que se realizan. En las técnicas de valoración cualitativa se valoran de forma subjetiva, aunque el resultado obtenido sea numérico, una serie de cualidades de los impactos de cada una de las alternativas, asignando valores prefijados según esa cualidad sea alta, media o baja. Los valores obtenidos pueden volver a reflejarse en una matriz de cruce entre acciones y factores, que algunos autores denominan *matriz de importancia* y otros, *índices de incidencia*. La razón para llamar así a esta valoración cualitativa es que refleja, de alguna manera la *importancia* (*Im*) del impacto, midiendo la trascendencia de la acción sobre el factor alterado, mediante determinados atributos.

8.2.1. Legislación

Las metodologías de valoración cualitativa surgen como la forma más sencilla de cumplir al pie de la letra la legislación española o europea al respecto. Es muy importante adaptarla a

la legislación de cada lugar en cada momento, por ello se va a seguir, como ejemplo, la española actualizada en el momento de la edición del libro.

La legislación, en este caso, define las características que deben constar en este tipo de valoración, por lo que es preciso analizarla y comentarla para explicar los conceptos necesarios y la forma de llevar a cabo una valoración cualitativa. Posteriormente se desarrollan unos ejemplos que sirven de guía sobre distintas formas de realizarla.

El Reglamento de Evaluación de Impacto Ambiental (Real Decreto 1131/1988 de 30 de septiembre), en el Capítulo II Artículo 10 dice que:

«**Identificación y valoración de impactos.**

*Se incluirá la identificación y valoración de los efectos notables previsibles de las actividades proyectadas sobre los aspectos ambientales indicados en el artículo 6 del presente Reglamento, para cada **alternativa** examinada.*

*Necesariamente, la identificación de los impactos ambientales derivará del estudio de las **interacciones** entre las acciones derivadas del proyecto y las características específicas de los aspectos ambientales afectados en cada caso concreto.*

*Se distinguirán los **efectos** positivos de los negativos; los temporales de los permanentes; los simples de los acumulativos o sinérgicos; los directos de los indirectos; los reversibles de los irreversibles; los recuperables de los irrecuperables; los periódicos de los de aparición irregular; los continuos de los discontinuos.*

*Se indicarán los **impactos** ambientales compatibles, moderados, severos y críticos que se prevean como consecuencia de la ejecución del proyecto.*

*La valoración de estos efectos, **cuantitativa**, si fuese posible, o **cualitativa**, expresará los indicadores o parámetros utilizados, empleándose siempre que sea posible normas o estudios técnicos de general aceptación, que establezcan valores límite o guía, según los diferentes tipos de impacto. Cuando el impacto ambiental rebase el límite admisible, deberán preverse las **medidas protectoras o correctoras** que conduzcan a un nivel inferior a aquel umbral; caso de no ser posible la corrección y resultar afectados elementos ambientales valiosos, procederá la recomendación de la anulación o sustitución de la acción causante de tales efectos.*

Se indicarán los procedimientos utilizados para conocer el grado de aceptación o repulsa social de la actividad, así como las implicaciones económicas de sus efectos ambientales.

*Se detallarán las **metodologías** y procesos de cálculo utilizados en la evaluación o valoración de los diferentes impactos ambientales, así como la fundamentación científica de esa evaluación.*

Se jerarquizarán los impactos ambientales identificados y valorados, para conocer su importancia relativa. Asimismo, se efectuará una evaluación global que permita adquirir una visión integrada y sintética de la incidencia ambiental del proyecto.»

Por tanto, una vez identificados los efectos y/o impactos, se deben valorar. La legislación prevé poder hacerlo a diferentes niveles, al menos tres, dependiendo de la profundidad del estudio de impactos a realizar, desde un simple enjuiciamiento, una valoración cualitativa, hasta la valoración cuantitativa, que se recomienda, siempre que sea posible.

Sobre la valoración cualitativa, de nuevo la legislación ayuda a definir los atributos que deben tenerse en cuenta, en el Anexo 1: Conceptos Técnicos del Real Decreto 1131/1988, de 30 de septiembre:

«Los distintos aspectos ambientales (efectos directos e indirectos; simples, acumulativos o sinérgicos; a corto, a medio o a largo plazo; positivos o negativos; permanentes o temporales; reversibles o irreversibles; recuperables o irrecuperables; periódicos o de aparición irregular; continuos o discontinuos).»

8.2.2. Descripción cualitativa

Para realizar un análisis cualitativo se tienen en cuenta las características del Anexo I del Real Decreto 1131/1988, de 30 de septiembre, por lo que se incluyen citas del mismo:

Signo (\pm)

La primera es el **signo**, que puede ser positivo o negativo, según sea el efecto beneficioso o perjudicial:

«Efecto positivo.

Aquél admitido como tal, tanto por la comunidad técnica y científica como por la población en general, en el contexto de un análisis completo de los costes y beneficios genéricos y de las externalidades de la actuación contemplada.

Efecto negativo.

Aquél que se traduce en pérdida de valor naturalístico, estético-cultural, paisajístico, de productividad ecológica, o en aumento de los perjuicios derivados de la contaminación, de la erosión o colmatación y demás riesgos ambientales en discordancia con la estructura ecológico-geográfica, el carácter y la personalidad de una localidad determinada.»

La legislación, en esta etapa, todavía considera que se puede estar valorando efectos, es decir, que aún no se han separado los efectos significativos o notables de los efectos mínimos o despreciables. Algunos de estos efectos pueden ser positivos, por ejemplo el efecto de regulación de fuertes avenidas o riadas que puede producir una presa o el efecto económico derivado de la construcción de la obra (si no tuviera efectos positivos, no tendría sentido proyectarla). Dice la legislación que sólo se pueden considerar positivos aquellos efectos que la comunidad científica y técnica, y la población así los considere, y si los costes y beneficios lo indican.

También el Reglamento de Evaluación de Impacto Ambiental al definir los impactos positivos menciona las *externalidades*, refiriéndose a los beneficios o perjuicios no contemplados en el análisis de costes y beneficios del proyecto. Por ejemplo, en un análisis de costes de un automóvil, se contabiliza el gasto de material, de mano de obra... y no se contabiliza la contaminación atmosférica que va a producir, los ruidos o los accidentes de tráfico.

Según la relación causa-efecto

Otros atributos a valorar son si el efecto es directo o es indirecto.

La legislación lo define así:

«Efecto directo.

Aquél que tiene una incidencia inmediata en algún aspecto ambiental.

Efecto indirecto o secundario.

Aquél que no supone una incidencia inmediata respecto a la interdependencia, o, en general, respecto a la relación de un sector ambiental con otro.»

Si la obra tiene un efecto inmediato sobre el factor ambiental, se dice que el efecto es directo. Un ejemplo de efecto directo es la turbidez del agua del río producida por los movimientos de tierra. Otro ejemplo de efecto directo es la emisión de gases contaminantes, como CO₂, por el tráfico de vehículos en la carretera.

Un efecto indirecto, sin embargo, se produce cuando la causa hay que buscarla en las interdependencias. Ejemplos son la disminución de la pesca en el río causada porque el movimiento de tierra ha enturbiado el agua, con lo que ha disminuido la cantidad de oxígeno y las plantas, lo que ha hecho disminuir la cantidad de peces, o el calentamiento global y efecto invernadero que produce la emisión de CO₂. Un efecto directo es la destrucción de la vegetación en la zona ocupada por la obra, un efecto indirecto es la destrucción de la vegetación por la lluvia ácida causada por las emisiones de una central térmica.

Acumulación (A)

Se distingue entre efectos simples, acumulativos o sinérgicos según la forma de interactuar con otros efectos.

La legislación los define como:

«Efecto simple.

«Aquél que se manifiesta sobre un solo componente ambiental o cuyo modo de acción es individualizado, sin consecuencias en la inducción de nuevos efectos, ni en la de su acumulación, ni en la de su sinergia.

Efecto acumulativo.

Aquél que al prolongarse en el tiempo la acción del agente inductor, incrementa progresivamente su gravedad, al carecerse de mecanismos de eliminación con efectividad temporal similar a la del incremento del agente causante del daño.

Efecto sinérgico.

Aquél que se produce cuando el efecto conjunto de la presencia simultánea de varios agentes supone una incidencia ambiental mayor que el efecto suma de las incidencias individuales contempladas aisladamente. Asimismo, se incluye en este tipo aquel efecto cuyo modo de acción induce en el tiempo la aparición de otros nuevos.»

Los conceptos de *simple* y *acumulativo* se comprenden con facilidad. Un efecto puede considerarse acumulativo si, por ejemplo, cada una de las acciones produce sobre un determinado factor ambiental efectos pequeños, que cada uno de ellos podría considerarse un efecto mínimo, pero al sumarse ya tienen importancia (Figura 8.2). Un efecto es *sinérgico* si la suma de sus incidencias individuales es diferente (normalmente menor) que la incidencia total. Por ejemplo, con ciertos venenos, en los que un solo componente puede no ser perjudicial, pero unido con otros puede llegar a ser mortal. Se refuerzan unos efectos con otros.

Intensidad (In)

Por la intensidad o grado de destrucción del factor ambiental se clasifican los impactos en *total*, si la destrucción del factor es completa, *notable* si es elevada, *media* y *mínima* si es muy pequeña (Figura 8.3).

Características espaciales del impacto (EX)

Si la medida del impacto se realiza por la *extensión* de la superficie afectada se dice que puede ser *puntual*, *local*, *parcial* o *extensivo* y considerar incluso si la ubicación es *crítica*. Un

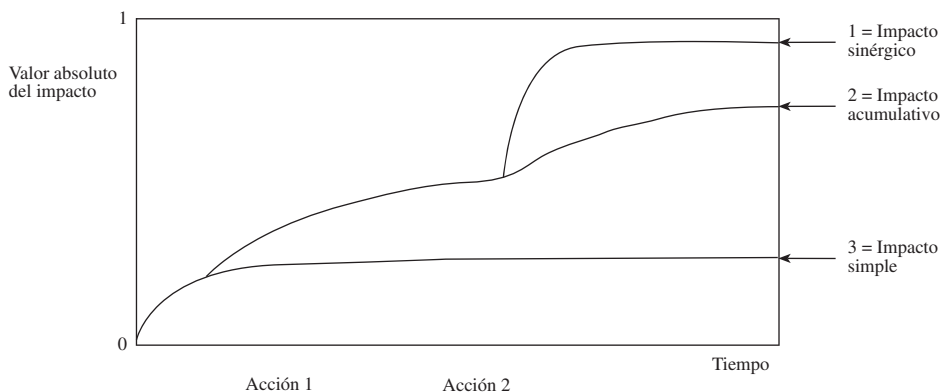


Figura 8.2. Representación gráfica de los impactos simples, acumulativos y sinérgicos.

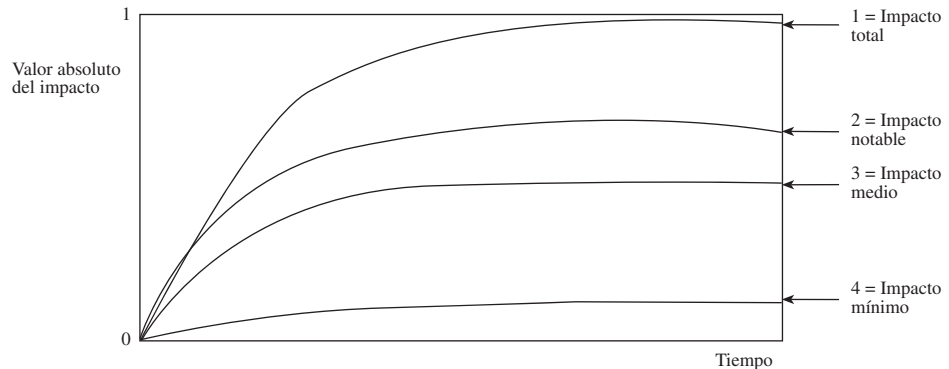


Figura 8.3. Clasificación de los impactos según la intensidad.

ejemplo de impacto extensivo es la modificación del nivel freático en la construcción de una presa y es puntual el efecto sobre la vegetación de la apertura de una cantera, aunque sobre la fauna o sobre el paisaje puede ser extensivo.

Momento (*MO*)

También se considera el **momento** en el que se produce el efecto respecto a la acción. Es decir, su incidencia en el tiempo:

«*Efecto a corto, medio y largo plazo.*

Aquél cuya incidencia puede manifestarse, respectivamente, dentro del tiempo comprendido en un ciclo anual, antes de cinco años, o en períodos superiores.»

Si al producirse la acción, el efecto es *inmediato*, ha pasado un tiempo cero. Si el efecto se produce en un tiempo inferior a un año, la legislación lo define como efecto a *corto plazo*. Si se produce entre un año y cinco, se dice que es un efecto a *medio plazo*, y si tarda en manifestarse más de cinco años se dice que es un efecto a *largo plazo* (Figura 8.4).

Nuevos conceptos son ahora necesarios para definir la *persistencia*, la *reversibilidad* y la *recuperabilidad*, que indican el tiempo que permanece el efecto desde su aparición. Así la legislación distingue entre permanente y temporal:

Persistencia (*P*)

Trata de las características del impacto con relación al tiempo:

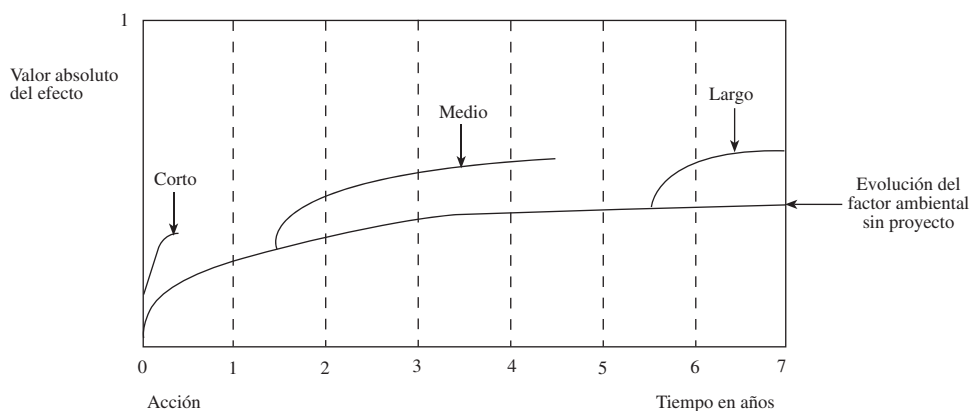


Figura 8.4. Representación gráfica de los efectos a corto, medio y largo plazo.

«Efecto permanente.

Aquél que supone una alteración indefinida en el tiempo de factores ambientales predominantes en la estructura o en la función de los sistemas de relaciones ecológicas o ambientales presentes en el lugar.

Efecto temporal.

Aquél que supone alteración no permanente en el tiempo, con un plazo temporal de manifestación que puede estimarse o desestimarse.»

Un efecto *temporal* va a ser siempre *reversible* y *recuperable*. Los efectos permanentes pueden ser reversibles o *irreversibles*, y recuperables o *irrecuperables*. Ejemplo de efecto temporal es el ruido que produce un camión durante la obra. Un efecto permanente es la modificación del régimen fluvial por la construcción de una presa, la destrucción de la vegetación o la destrucción de árboles singulares por la ocupación de la zona por una presa. A efectos prácticos es usual considerar un efecto como permanente si su manifestación dura más de 10 años (Figura 8.5).

Reversibilidad (R_v)

La definición del concepto de reversibilidad habla de procesos naturales y de medio plazo. Es decir, que de forma natural, al cesar la acción, el medio sea capaz de eliminar el efecto antes de cinco años (Figura 8.6).

«Efecto reversible.

Aquél en el que la alteración que supone puede ser asimilada por el entorno de forma medible, a medio plazo, debido al funcionamiento de los procesos naturales de la sucesión ecológica y de los mecanismos de autodepuración del medio.

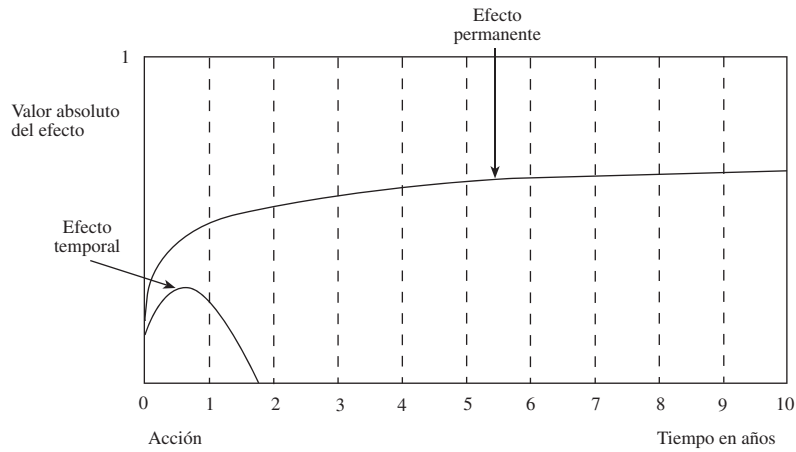


Figura 8.5. Representación gráfica de los efectos temporales y permanentes.

Efecto irreversible.

Aquél que supone la imposibilidad, o la “dificultad extrema”, de retornar, por medios naturales, a la situación anterior a la acción que lo produce.»

La destrucción de la vegetación puede ser reversible si el medio es capaz, antes de cinco años, de recuperarse. La destrucción de árboles singulares es irreversible, pues por medios naturales es imposible que se recupere, aunque es posible mitigarlo parcialmente mediante medidas correctoras plantando nuevos árboles. Otro ejemplo de efecto reversible es la turbidez en el agua de un río producida por un movimiento de tierras, mientras que es un efecto irreversible la colmatación de una presa por los sedimentos producidos en el mismo movimiento de tierras, ya que el río puede recuperarse por medios naturales, mientras que la presa, no.

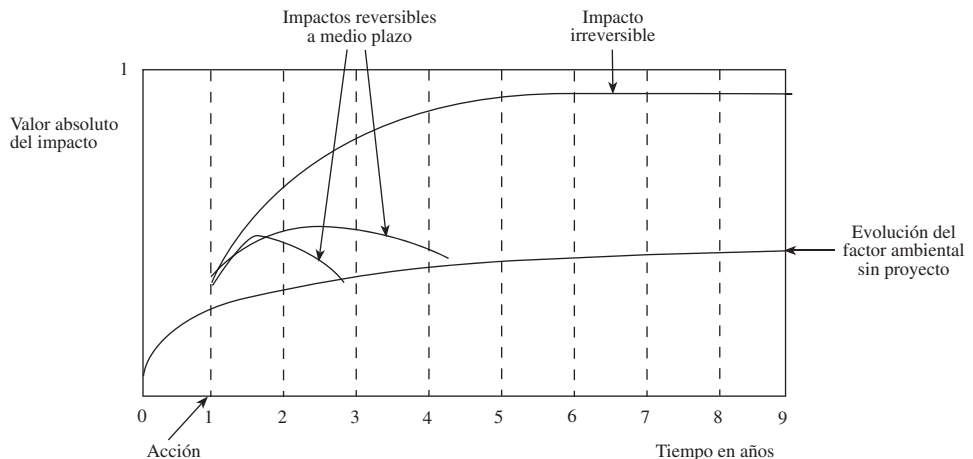


Figura 8.6. Representación gráfica de los impactos reversibles e irreversibles.

Recuperabilidad (Rc)

«Efecto recuperable.

Aquél en que la alteración que supone puede eliminarse, bien por la acción natural, bien por la acción humana, y, asimismo, aquel en que la alteración que supone puede ser reemplazable.

Efecto irrecuperable.

Aquél en que la alteración o pérdida que supone es imposible de reparar o restaurar, tanto por la acción natural como por la humana.»

En el ejemplo anterior, tanto si se realiza una revegetación (por la acción humana), como si la vegetación se recupera por medios naturales, se dice que el efecto es recuperable, pues se puede reconstruir. Si no hay forma de recuperarlo, como en el ejemplo de la tala de árboles singulares y milenarios, entonces es irrecuperable.

Para estudiar la persistencia se analiza el tiempo que tarda el efecto en recuperarse desde que termina la acción, y el tiempo que tardaría con la introducción de medidas correctoras, con lo que se puede hablar de recuperabilidad a corto, a medio y a largo plazo, así como de reversibilidad a corto, a medio y a largo plazo, valorando cada caso de una manera.

En ocasiones se puede catalogar el efecto como *mitigable* si la alteración que produce puede paliarse o mitigarse mediante medidas preventivas o medidas correctoras, y de *fugaz*, si es recuperable y su recuperación es inmediata sin necesidad de medidas correctoras, es decir, cuando cesa la acción, cesa el efecto (Figura 8.7).

Los efectos también pueden producirse de una forma *cíclica*, por ejemplo, siempre a la misma hora, de forma *irregular* o *impredecible* o ser un efecto *constante*.

La legislación lo define así:

«Efecto periódico.

Aquél que se manifiesta con un modo de acción intermitente y continua con el tiempo.

Efecto de aparición irregular.

Aquél que se manifiesta de forma imprevisible en el tiempo y cuyas alteraciones es preciso evaluar en función de una probabilidad de ocurrencia, sobre todo en aquellas circunstancias no periódicas ni continuas, pero de gravedad excepcional.

Efecto continuo.

Aquél que se manifiesta con una alteración constante en el tiempo, acumulada o no.

Efecto discontinuo.

Aquél que se manifiesta a través de alteraciones irregulares o intermitentes en su permanencia.»

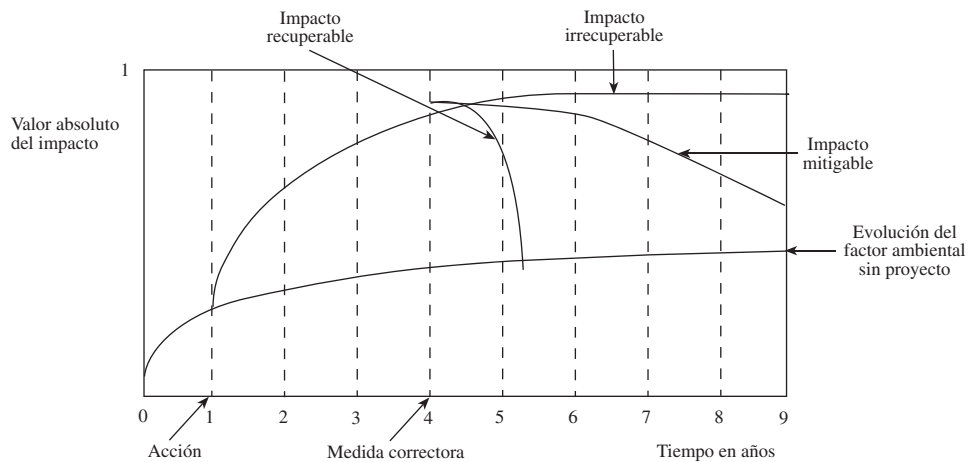


Figura 8.7. Representación gráfica de los efectos recuperables, mitigables e irrecuperables.

Un ejemplo de efecto continuo es la ocupación del territorio por la carretera, mientras que un efecto discontinuo es el ruido producido por las explosiones. Un efecto periódico es el gasto de energía de una fábrica que funciona de día y para de noche, mientras que un efecto irregular es el producido por una avería que causa un escape de gases, o un vertido de contaminantes, o la modificación de la vegetación por la aparición de un incendio en la obra. Dice la legislación que estos efectos irregulares deben valorarse, sobre todo cuando revistan gravedad, estimando la *probabilidad de ocurrencia*.

Como se ha comentado anteriormente la valoración cualitativa depende de los atributos descritos en la legislación, por lo que, a partir del año 2000 es necesario tener en cuenta la Ley 6/2001 donde se añaden nuevos atributos a tener en cuenta:

«**Los potenciales efectos significativos** de los proyectos deben considerarse en relación con los criterios establecidos en los anteriores puntos 1 y 2, y teniendo presente en particular:

- a) *La extensión del impacto (área geográfica y tamaño de la población afectada).*
- b) *El carácter **transfronterizo** del impacto.*
- c) *La magnitud y complejidad del impacto.*
- d) *La probabilidad del impacto.*
- e) *La duración, frecuencia y reversibilidad del impacto.»*

No es lo mismo una pérdida de vegetación muy extensa que poco extensa, o si se elimina completamente una población escasa de una determinada especie vegetal, que si el área en la que se destruye la vegetación es pequeña respecto a la población total.

Para cada comunidad autónoma es preciso adoptar nuevos criterios de valoración, que en ocasiones, pueden ser más rigurosos que los de la legislación estatal, aunque en ningún caso pueden serlo menos.

Nota: En el CD, en «Legislación», puede consultarse el texto completo de toda la normativa mencionada.

8.2.3. Ejemplos

Para comprender mejor la forma de realizar una valoración cualitativa se van a desarrollar detenidamente algunos ejemplos que permitan reflexionar sobre los anteriores conceptos y sobre las formas más usuales de valorarlos.

Nota: En el CD adjunto al libro, en el apartado de «Prácticas», en «Valoración cualitativa» hay archivos de Excel con varias hojas que permiten volver a realizar y comprender los resultados obtenidos, y en «Soluciones» comprobarlos.

Para la realización de los siguientes ejemplos se supone que ya se han detectado los impactos ambientales de una determinada obra y se quieren valorar mediante las técnicas de valoración cualitativa. Para el cálculo numérico de la valoración cualitativa o importancia (Im) se suman las puntuaciones asignadas a los atributos. Esto puede llevarse a cabo de diferentes maneras. La fórmula 1 o «Valoración cualitativa simple» corresponde a la forma más sencilla, y la fórmula 2 o «Valoración cualitativa completa» es una valoración más realista y un poco más complicada, con un segundo nivel de dificultad. Existen otras muchas fórmulas y opciones posibles para valorar cualitativamente los impactos, aunque naturalmente la técnica utilizada debe ser la misma para todos los impactos y todas las alternativas de un determinado proyecto y debe quedar explicado claramente en el Estudio de Impacto Ambiental en el apartado de «Metodología».

Fórmula 1 o «Valoración cualitativa simple»

Imaginemos, en primer lugar, que para realizar la valoración cualitativa se elige una forma, quizás la más sencilla posible, con fórmulas también muy simples. Las cualidades seleccionadas de la legislación están reflejadas en la Tabla 8.1, en la que a cada atributo se le asignan los valores indicados.

La *fórmula* de cálculo propuesta (fórmula 1) es:

$$\text{Fórmula: } Im = \pm (A + E + In + P + Rv + Rc).$$

Calculada la importancia mediante esta fórmula, o por otras similares, con sólo el resultado obtenido no es posible analizar si éste es bajo o elevado. Para contrastar los resultados de las distintas alternativas y para comparar con los obtenidos con otros impactos, usualmente se

Tabla 8.1. Fórmula 1, con valores asignados a las características de cada impacto en una valoración cualitativa simple.

VALORACIÓN CUALITATIVA 1			
SIGNO		ACUMULACIÓN (A)	
Impacto beneficioso	+	Simple	1
Impacto perjudicial	-	Acumulativo	3
		Sinérgico	5
EXTENSIÓN (E) Área de influencia		INTENSIDAD (In) Grado de destrucción	
Puntual	1	Baja	1
Parcial	2	Media	4
Extenso	3	Alta	8
PERSISTENCIA (P) Permanencia del efecto		REVERSIBILIDAD (Rv) Medios naturales	
Temporal	1	Reversible	1
Permanente	3	Irreversible	3
RECUPERABILIDAD (Rc) Medios humanos			
Recuperable	1		
Irrecuperable	3		

normaliza la fórmula. Se pueden usar distintas expresiones de normalización, según se pretenda que el resultado sea un número comprendido entre 0 y 1, o sea un valor comprendido entre otros valores a y b .

Para obtener valores entre 0 y 1 se usa:

$$\text{Fórmula normalizada 1: } I_{N1} = \pm (|Im| - \text{Mínimo}) / (\text{Máximo} - \text{Mínimo})$$

donde *Mínimo* es el mínimo valor, en valor absoluto, que se pueda alcanzar con la fórmula y *Máximo* es también el máximo valor en valor absoluto.

Para obtener valores entre a y b se usa:

$$\text{Fórmula normalizada 2: } I_{N2} = \pm ((b - a) \cdot (|Im| - \text{Mínimo}) / (\text{Máximo} - \text{Mínimo})) + a.$$

Así, por ejemplo, la siguiente fórmula normalizada proporciona valores entre 0,7 y 1:

$$\text{Fórmula normalizada 3: } I_{N3} = \pm (0,3 (|Im| - \text{Mínimo}) / (\text{Máximo} - \text{Mínimo})) + 0,7.$$

Observación:

El signo del impacto se asigna siempre al final. Por ello, en las fórmulas normalizadas es conveniente utilizar siempre el valor absoluto de la importancia para realizar los cálculos y únicamente al final del cálculo poner el signo positivo o negativo.

Ejemplo 1

En una obra de construcción de una autovía se han considerado varias alternativas. En una de ellas uno de los impactos «*Pérdida del relieve natural para adaptar el terreno a las necesidades de la vía*» proviene de:

Acción impactante:	Movimiento de tierras.
Elemento impactado:	Relieve.
Fase:	Construcción.
Nombre y descripción del impacto:	« <i>Pérdida del relieve natural para adaptar el terreno a las necesidades de la vía.</i> »
Peso del factor afectado:	0,025.

La construcción de la vía lleva consigo importantes obras de explanación, desmontes y terraplenes que modifican el relieve natural del territorio.

Valoración cualitativa: Importancia.

Las fórmulas seleccionadas para valorar la importancia son:

$$\text{Fórmula: } I_m = \pm (A + E + I_n + P + R_v + R_c).$$

$$\text{Fórmula normalizada 1: } I_j = \pm ((|I_m| - \text{Mínimo}) / (\text{Máximo} - \text{Mínimo})).$$

Se valoran los atributos, subjetivamente, como sigue:

- Signo: Negativo (-).
Modificar el paisaje por el movimiento de tierras se considera un impacto negativo.
- Acumulación simple, acumulativo, sinérgico (A): Acumulativo (3).
Se debe decidir si el impacto es simple, es acumulativo o es sinérgico. A lo largo de todo el tramo de vía se va alterando el relieve. Al continuar la acción de movimiento de tierra se acumula el impacto. Sin embargo no es sinérgico, no se ve afectado por otras acciones. El efecto es la suma de las distintas acciones, no es ni mayor ni menor que dicha suma.
- Intensidad (In): Media (4).
En esta alternativa se considera que la intensidad es media (4). Podría ser baja (1) si fueran pequeñas las modificaciones del relieve, o alta (8) si fueran grandes los mo-

vimientos de tierra con importante modificación del relieve pues habría muchos desmontes y terraplenes.

— Extensión (E): Extenso (3).

Se valora la extensión del factor en puntual, parcial y extenso. En la alternativa considerada se ha valorado como extenso (3) pues los movimientos de tierra afectan, con una intensidad media, a todo el trazado. La extensión indica, pues, la cantidad de terreno afectado. Si sólo hubiera afectado a una parte se podría valorar como parcial. Es difícil suponer que este impacto pueda ser valorado en una autovía como puntual, pues prácticamente todos los trazados afectan al relieve.

— Persistencia (P): Permanente (3).

Está claro que este impacto es permanente, pues no es un efecto pasajero que pueda desaparecer. Al ser permanente cabe valorar la reversibilidad y la recuperabilidad.

— Reversibilidad (Rv): Irreversible (3).

También está claro que de forma natural no se puede recuperar el relieve primitivo.

— Recuperabilidad (Rc): Irrecuperable (3).

Tampoco es posible suponer que se van a adoptar medidas correctoras para que se recupere el relieve primitivo.

Cálculo de la importancia:

$$I_m = \pm (A + E + I_n + P + Rv + Rc) = - (3 + 4 + 3 + 3 + 3 + 3) = -19.$$

Este valor, -19 , no transmite mucha información, no se sabe si es alto o bajo, por lo que se debe normalizar. Para obtener la importancia normalizada es preciso conocer el mínimo y el máximo valor:

El mínimo valor que se puede obtener con esta fórmula es 6 y el máximo es 25, luego:

$$I_1 = - ((19 - 6) / (25 - 6)) = - 0,68.$$

Ahora ya es posible comparar el valor de este impacto, pues se observa que alcanza un valor superior a la mitad (0,5).

En ocasiones se quiere primar a la importancia respecto a otras valoraciones y se decide que en lugar de oscilar entre 0 y 1, lo haga entre 0,7 y 1, entonces de obtendría:

$$I_2 = \pm (0,3 (|I_m| - \text{Mínimo}) / (\text{Máximo} - \text{Mínimo})) + 0,7 = - (0,3 (19 - 6) / (25 - 6)) + 0,7 = - 0,91.$$

Nota: En el CD en «Prácticas»: «Valoración cualitativa» se pueden comprobar los cálculos.

Ejemplo 2

En la obra de construcción de una autovía se está estudiando el impacto de «*Pérdidas en la vegetación*»:

Acción: Desbroce y despeje	Elemento: Formaciones vegetales
Factor: Cantidad de vegetación	Peso del factor: 0,100

Descripción del impacto: al construir la carretera y obras auxiliares se desbroza el espacio y se produce la destrucción de la vegetación de las franjas afectadas.

En una de las alternativas (Alternativa 1) la vegetación corresponde totalmente a zonas de cultivos abandonados, por lo que no se trata de vegetación natural ni interesante. En las alternativas 2 y 3 la carretera perjudica a un parque natural. En la alternativa 2 afecta únicamente a una zona con un pinar de repoblación con una edad de 10 años en una pequeña extensión, pero la vía no la ocupa, sino que sólo se verá dañada por las obras auxiliares. En la alternativa 3 se atraviesa el parque por una zona de alcornos y especies de ribera, como olmos y fresnos. En la alternativa 4 se atraviesa una zona de vegetación natural de matorral mediterráneo.

Caracterización cualitativa: Importancia

Fórmula: $I_m = \pm (A + E + I_n + P + R_v + R_c)$.

Fórmula normalizada 1: $I_1 = \pm ((I_m) - \text{Mínimo}) / (\text{Máximo} - \text{Mínimo})$.

Formula normalizada 2: $I_2 = \pm (0,3 ((I_m) - \text{Mínimo}) / (\text{Máximo} - \text{Mínimo})) + 0,7$.

El efecto de destrucción de la vegetación se manifiesta en el mismo momento de producirse la acción de desbroce y despeje. Por la zona donde se construye la carretera está claro que jamás volverá a establecerse la vegetación que se haya eliminado, con lo que el efecto es permanente, irreversible e irrecuperable. Sin embargo, en los espacios ocupados por las obras auxiliares debe estudiarse la permanencia.

En la alternativa 1 la vegetación no es natural, es zona de cultivos abandonados, la tierra ocupada no es fértil y no reviste interés agrícola. En la alternativa 2, de forma natural no se va a establecer el pinar, pero puede considerarse una medida correctora que lo recupere, y como esa zona se bordea, si esto se tiene en cuenta en las medidas preventivas con jalonados, señalización..., y se consigue que no quede estropeada por las obras auxiliares, el efecto se puede calificar de permanente, irreversible y recuperable. En la alternativa 3, como existen árboles significativos y se atraviesa esa zona, el efecto es irrecuperable. La alternativa 4 puede considerarse reversible y recuperable.

— Signo: Negativo.

La pérdida de vegetación es un efecto negativo.

— Acumulación simple, acumulativa o sinérgica (A): simple (1).

Se debe decidir si el impacto es simple, es acumulativo o es sinérgico. Se ha considerado una pérdida no acumulativa de la vegetación. Podría ser acumulativo o sinér-

gico si, por ejemplo, otras acciones incidieran también en la vegetación. Sin embargo, la pérdida de vegetación implica muchos otros efectos secundarios como de desaparición de hábitats, alteración del clima, disminución de la calidad paisajística, que habrá que haber tenido en cuenta en la identificación de impactos, valorando cada uno de ellos de forma independiente para cada alternativa.

— Intensidad (*In*):

La valoración de la intensidad en cada alternativa es diferente. En la primera alternativa se puede considerar que la intensidad es baja (1), en la 2 y la 3 se podría considerar que la intensidad es alta (8) mientras que en la 4 se puede valorar como media (4). Para ello se está considerando que las zonas afectadas por las alternativas 2 y 3 tienen una calidad de vegetación importante pues van a ser declaradas parque natural, mientras que la calidad de la 4 es interesante y la de la 1 es despreciable.

— Extensión (*E*):

Ahora se valora la extensión del factor en puntual, parcial y extenso. En las alternativas 2, 3 y 4 se considera una extensión parcial (2), mientras que en la 1 se puede valorar como puntual (1) debido al escaso interés de la vegetación afectada por lo que se considera como si no hubiese vegetación alguna.

— Persistencia (*P*): Permanente (3):

Está claro que este impacto es permanente. No es un efecto pasajero que pueda desaparecer, pues la obra de la carretera queda realizada. Como es permanente cabe valorar la reversibilidad y la recuperabilidad.

— Reversibilidad (*Rv*):

Las alternativas 1 y 4 se pueden valorar como reversibles en las zonas de los alrededores de la carretera, pues de forma natural se puede recuperar la vegetación primitiva. Las alternativas 2 y 3 son irreversibles pues está claro que de forma natural no se va a recuperar la vegetación primitiva.

— Recuperabilidad (*Rc*):

Al ser reversibles las alternativas 1 y 4 ya son recuperables (1), mientras que las alternativas 2 y 3 deben ser analizadas. Si se proponen medidas preventivas y correctoras y se restablecen las repoblaciones forestales se puede considerar que la alternativa 2 es recuperable (1), mientras que la alternativa 3 es irrecuperable (3).

Sumando estos valores para cada alternativa y asignando el signo se obtiene, aplicando la fórmula:

$$Im = \pm (A + E + In + P + Rv + Rc).$$

Alternativa 1: $Im_{Alt1} = -8,$

Alternativa 2: $Im_{Alt2} = -18,$

Alternativa 3: $Im_{Alt3} = -20$ y

Alternativa 4: $Im_{Alt4} = -12,$

Y la valoración cualitativa normalizada, respectivamente de:

$$\text{Alternativa 1: } I_{\text{Alt1}} = -0,11,$$

$$\text{Alternativa 2: } I_{\text{Alt2}} = -0,63,$$

$$\text{Alternativa 3: } I_{\text{Alt3}} = -0,74 \text{ y}$$

$$\text{Alternativa 4: } I_{\text{Alt4}} = -0,32,$$

pues el mínimo valor que se puede obtener con esta fórmula es 6 y el máximo es 25.

Si se quiere calcular la valoración cualitativa normalizada como un valor perteneciente al intervalo de 0,7 a 1, entonces los valores obtenidos son: $-0,73$, $-0,89$, $-0,92$ y $-0,79$ respectivamente para cada una de las alternativas consideradas.

La fórmula que se ha utilizado es la más sencilla posible, pero se suelen utilizar otras fórmulas, en ocasiones, que permitan discriminar más, como la fórmula 2 propuesta a continuación.

Nota: En el CD en «Prácticas»: «Valoración cualitativa» en «Soluciones» se puede ver el cálculo de la valoración cualitativa en la hoja «COMPLETA Fórmula 1».

Fórmula 2 o «Valoración cualitativa completa»

Por ejemplo, valorando si el efecto es **directo** (3), es decir si aparece directamente como resultado de las acciones, o es indirecto si aparece como resultado de otros efectos, siendo por tanto un efecto secundario (2) o terciario (1).

La **extensión** se puede también discriminar con mayor detalle considerando si es puntual (1), parcial (2), extensa (4) o total (6). Y en el caso en que sea crítica, sumando además 4 puntos. Una extensión crítica puede ser, por ejemplo, si se destruye una zona con plantas protegidas, (o si se afecta a un yacimiento arqueológico), algo cuya extensión puede no ser muy grande, pero son importantes para mantener la biodiversidad de la región o en estudios de investigación.

La **intensidad** se discrimina entre baja (1), media (2), alta (4), muy alta (6) o total (10).

La **persistencia**, además de considerar lo que indica la legislación, de temporal (2) y permanente (4) se puede añadir la consideración sobre si el efecto es fugaz (1), como por ejemplo, el ruido producido por una maquinaria que se use en un intervalo de tiempo muy pequeño. Se considera que el efecto es fugaz si persiste menos de un año.

Respecto a la **reversibilidad**, se puede distinguir si el efecto es reversible a corto plazo (1), si perdura de forma natural menos de 2 años; a medio plazo (2) si perdura más de dos y menos de 5 años; a largo plazo (3) si persiste más de 5 años y menos de 10; considerando el efecto irreversible (4) si de forma natural no puede recuperarse en menos de 10 años. Así, por ejemplo, el efecto de contaminación de un río por el vertido de áridos puede ser reversible a corto plazo, el efecto sobre la pérdida de la vegetación ya se ha visto que puede ser reversible a medio o a largo plazo, o puede ser irreversible si se trata de tala de árboles de gran valor.

También es posible discriminar la **recuperabilidad** distinguiendo si el efecto se puede recuperar a corto plazo (1), a medio (2) o a largo plazo (3), o bien si se puede mitigar (4) el

efecto usando medidas correctoras, hay que pensar, por ejemplo, en la medida correctora de la construcción de un paso para los animales y de esta forma mitigar el efecto barrera de una vía, y por último considerar que un efecto es irrecuperable. En una posterior valoración del impacto se tienen en cuenta las medidas correctoras y se vuelve a evaluar la recuperabilidad.

En resumen, la valoración cualitativa se puede realizar utilizando la Tabla 8.2.

Tabla 8.2. Fórmula 2, con valores asignados a las características de cada impacto en una valoración cualitativa completa.

VALORACIÓN CUALITATIVA 2			
SIGNO		ACUMULACIÓN (A)	
Impacto beneficioso	+	Simple	1
Impacto perjudicial	-	Acumulativo	3
		Sinérgico	6
EXTENSIÓN (E) Área de influencia		INTENSIDAD (In) Grado de destrucción	
Puntual	1	Baja	1
Parcial	2	Media	4
Extenso	4	Alta	4
Total	6	Muy alta	6
Crítica	+4	Total	10
PERSISTENCIA (P) Permanencia del efecto		REVERSIBILIDAD (Rv) Medios naturales	
Fugaz	1	Corto plazo	1
Temporal	2	Medio plazo	2
Permanente	4	Largo plazo	3
		Irreversible	4
RECUPERABILIDAD (Rc) Medios humanos		PERIODICIDAD (Pr)	
Recuperable de manera inmediata	1	Aperiódico o discontinuo	1
Recuperable a medio plazo	2	Periódico	2
Mitigable	4	Continuo	4
Recuperable a largo plazo	6		
Irrecuperable	8		
MOMENTO (Mo) Plazo de manifestación		EFECTO (Ef)	
Largo plazo	1	Directo	3
Medio plazo	2	Indirecto secundario	2
Inmediato	4	Indirecto terciario	1
Crítico	+4		

Otra posible fórmula (fórmula 2) más completa para calcular la **importancia** es:

$$Im F2 = \text{Signo} (A + E + In + P + Rv + Rc + PR + MO + EF).$$

Si se aplica esta fórmula en el Ejemplo 1 se obtiene:

- Acumulación: Acumulativo (3).
- Extensión: Extenso (4).
- Intensidad: Media (2).
- Persistencia: Permanente (4).
- Reversibilidad: Irreversible (4).
- Recuperabilidad: Irrecuperable (4).
- Periodicidad: Continua (4).
- Momento: Inmediato (4).
- Efecto: Directo (3).

Sumando estos valores y añadiendo el signo se obtiene la importancia.

En el CD en «Prácticas»: «Valoración cualitativa», en «SOLUCIONES», en la hoja «COMPLETA Fórmula 2», están explicitados los cálculos realizados y se puede comprobar que:

Cálculo de la valoración cualitativa: $Im = -32$.

Cálculo de la valoración cualitativa normalizada en el intervalo $[0, 1]$: $I1 = -0,48$.

Cálculo de la valoración cualitativa normalizada, en el intervalo $[0,7, 1]$: $I2 = -0,84$.

Si se aplica esta segunda fórmula en el Ejemplo 2 (véase CD) se obtiene:

- Acumulación: Simple (1) para todas las alternativas.
- Extensión: Las zonas afectadas de vegetación no son extensas. En la alternativa 1 es posible calificarlo de puntual (1) mientras que en las otras tres alternativas se califica de parcial (2).
- Intensidad: En la alternativa 1 se considera una intensidad baja (1), en la alternativa 2, como sólo lo afectan las obras auxiliares y de forma muy parcial se califica de intensidad media (2), la alternativa 3 de intensidad muy alta (6) y la alternativa 4 de intensidad alta (4).
- Persistencia: Permanente (4) en las cuatro alternativas.
- Reversibilidad: La alternativa 1 se considera reversible a corto plazo (1), las alternativas 2 y 3, irreversibles (4), la alternativa 4 reversible a medio plazo (2), pues de manera natural puede recuperarse el matorral en más de dos y en menos de cinco años.
- Recuperabilidad: La alternativa 1 se considera recuperable a corto plazo (1), la alternativa 2, recuperable, pues se puede mitigar con medidas correctoras (4), la alternativa 3, irrecuperable (8), mientras que la alternativa 4 se considera recuperable a medio plazo (2).
- Periodicidad: Continua (4) en las cuatro alternativas.
- Momento: Inmediato (4) en las cuatro alternativas.
- Efecto: Directo (3) en las cuatro alternativas.

En la Tabla 8.3 se observa que la alternativa 1 es la de menor importancia, seguida de la alternativa 4, siendo la de mayor importancia la alternativa 3.

Tabla 8.3. Valores de la importancia del ejemplo 2 obtenidos con la fórmula 2.

	Valoración cualitativa lm	Valoración cualitativa normalizada 1: l_1	Valoración cualitativa normalizada 2, en $[0,7, 1]$: l_2
Alternativa 1	-20	-0,23	-0,77
Alternativa 2	-28	-0,40	-0,82
Alternativa 3	-36	-0,56	-0,87
Alternativa 4	-26	-0,35	-0,81

8.3. VALORACIÓN CUANTITATIVA DE IMPACTOS AMBIENTALES O CÁLCULO DE LA MAGNITUD

El fin de una evaluación de impacto ambiental es identificar, predecir, valorar, prevenir o corregir y por último comunicar los efectos y los impactos producidos por las acciones al realizar una obra. En el apartado anterior se expone la forma de valorar los impactos de forma cualitativa, pero ésta, a pesar de tener una expresión numérica, no es una valoración tan exacta como la valoración cuantitativa, pues la evaluación de las cualidades se realiza de forma muy subjetiva. Por otro lado, la legislación recomienda que siempre que sea posible se realice una valoración cuantitativa, que es lo que se va a estudiar en este apartado.

Para que sea posible realizar una valoración cuantitativa se requiere expresar las características del *elemento ambiental* de forma medible, mediante *factores ambientales* y por tanto, los efectos producidos también deben de serlo. En ocasiones pueden medirse directamente, pero lo usual es que se requiera la utilización de un proceso más elaborado. Por ejemplo, la calidad del agua puede venir dada por la existencia de determinadas especies, por la cantidad de oxígeno que tiene disuelto o por la cantidad de determinados contaminantes, por lo que no se puede utilizar una medida directa sino que hay que elaborar un índice partiendo de varias características.

Cada uno de los indicadores o índices del impacto ambiental vienen expresados en distintas unidades, *unidades heterogéneas*: decibelios (dB) si miden ruido, toneladas métricas o metros cúbicos si miden cantidades de tierra removida, hectáreas si miden el área de zonas deforestadas..., por tanto, para que sea posible trabajar con ellos y comparar los resultados obtenidos con los de otros impactos se requiere expresarlos en una unidad común, *unidades homogéneas*, para lo que se utilizan las *funciones de transformación*.

En el siguiente capítulo se muestra la forma de llevar todos estos datos a una matriz de impactos que permita evaluar el impacto total de cada una de las alternativas.

8.3.1. Magnitud de un impacto

Se denomina *magnitud* de un impacto a la valoración cuantitativa que de él se realiza. La valoración cuantitativa es un proceso difícil que requiere del trabajo de especialistas. Primero,

es preciso determinar el *indicador* adecuado para cada elemento ambiental. La correspondencia entre elementos ambientales e indicadores no es biunívoca, pues las características de un elemento ambiental o un factor ambiental (por ejemplo, calidad del agua) pueden expresarse de forma cuantitativa por distintos indicadores. En otros casos puede no existir uno que convenza, o también puede ocurrir que su obtención sea tan complicada, que requiera tal cantidad de medidas de variables iniciales, que sea fácil perderse en su determinación, con lo que conviene buscar indicadores más sencillos que determinen un valor de forma realista.

Desde un punto de vista teórico, lo ideal sería que fuese posible descomponer todos los elementos del ambiente en una serie de indicadores que tuvieran las siguientes características:

- Fáciles de medir.
- Independientes entre ellos.

Para realizar una buena evaluación es preciso acercarse a esta situación ideal todo lo que sea posible. Una vez que se tiene la lista de posibles impactos la forma de proceder es evaluar la situación preoperacional con el valor de cada indicador del factor ambiental que podría ser afectado, sin proyecto, es decir, si la obra no se realizara, y luego evaluar el valor del mismo para cada una de las alternativas propuestas. Por tanto, en la comunicación de la valoración del impacto se debe reflejar el valor del factor o del indicador antes del proyecto y su previsible evolución SIN él y compararlo con el valor del factor o del indicador CON él para cada una de las alternativas, que va a ser lo que se denomine *magnitud de impacto en unidades heterogéneas*. También se estudiará en el Capítulo 9 el valor obtenido al corregir el impacto tras la aplicación de las medidas preventivas o correctoras.

Algunos autores utilizan *indicadores* que miden la *calidad ambiental* del factor como un paso previo para la obtención del valor del impacto ambiental, definido en este caso como la diferencia de calidad ambiental producida, de forma que se obtiene la disminución o aumento de calidad ambiental, que luego debe convertirse en disminución o aumento de la magnitud del impacto. La metodología seleccionada calcula directamente dicha magnitud, sin utilizar necesariamente el concepto de medida de la calidad ambiental, que subyace en el método, pero puede complicar su comprensión al ser medidas opuestas de distinto signo (al disminuir la calidad ambiental, aumenta el impacto). Otra razón estriba en que la legislación vigente recomienda una medida cuantitativa del impacto, no de la calidad ambiental.

La legislación contempla la jerarquización de las alternativas, es decir, se deben comparar unos impactos con otros al hacer la valoración global de cada alternativa. Por esta razón se debe conseguir que las magnitudes, que ya se tienen valoradas en sus unidades heterogéneas (t, m³, ha, decibelios...), puedan sumarse y operarse. Para ello se utilizan las funciones de transformación, *f*, que convierten el valor de la magnitud en un número entre 0 y 1, de forma que ya se puede sumar o comparar con el de otros impactos.

Las funciones de transformación pueden tener formas muy variadas según sea la relación entre la variación del factor ambiental con la del valor del impacto (o de la calidad ambiental). Esta relación puede ser lineal, logarítmica, exponencial, parabólica, etc. Si dicha función de transformación no es lineal se calcula la diferencia entre el valor obtenido al aplicar la función de transformación a la magnitud dada por el indicador con proyecto y el valor ob-

tenido al aplicar la función de transformación al valor del indicador sin proyecto, y así tener la magnitud del impacto en unidades homogéneas:

$$\text{Magnitud final en unidades homogéneas} = f(\text{Magnitud}_{\text{CON}} \text{ en unidades heterogéneas}) - f(\text{Magnitud}_{\text{SIN}} \text{ en unidades heterogéneas}).$$

8.3.2. Índices e indicadores de impactos ambientales

Los indicadores y los índices ambientales son instrumentos útiles que permiten describir el valor de un impacto mediante la síntesis de datos.

La definición que se va a utilizar de estos conceptos es:

- **Indicador de impacto ambiental:** estimación de la magnitud de un determinado impacto ambiental.
- **Índice de impacto ambiental:** estimación de la magnitud de un determinado impacto ambiental a partir de estimaciones indirectas del valor del factor ambiental afectado.

Un índice es un tipo de indicador. La diferencia entre unos y otros estriba en la idea de *indirecto*. Para estimar la cantidad de individuos de una determinada especie que vive en un entorno dado y que es imposible contar directamente de uno en uno, se puede obtener un índice de su abundancia delimitando un recorrido y contando el número de huellas o de excrementos de esa especie que se encuentren cada vez que se realice el recorrido. No se sabe cuántos individuos hay, pero ese índice muestra si esa especie aumenta o disminuye, y permite comparar su abundancia con la de otros entornos.

Son muchos los índices y los indicadores utilizados para medir los impactos producidos. Un indicador de un factor ambiental permite aportar una medida de forma cuantitativa. De hecho, todas las medidas que se realizan son estimaciones del valor real, más o menos precisas según el instrumento de medida que se utilice. Unas ocasiones se puede medir directamente, como el nivel de ruido en un punto determinado y en un momento dado, en otras se requiere usar medidas indirectas o muchas variables que lo midan, con fórmulas matemáticas más o menos complicadas. Ambos, indicadores e índices, son valores numéricos que proporcionan información, de forma simplificada, sobre la situación ambiental. Pero, mientras los indicadores se refieren a medidas directas de factores, como por ejemplo los ecológicos, en los que una especie de planta se utiliza como indicador de la calidad del agua o del suelo, los índices son medidas indirectas o combinaciones de medidas, en ocasiones muy complejas, que utilizan modelos o fórmulas matemáticas.

El desarrollo de índices numéricos que permitan valorar la calidad ambiental, la vulnerabilidad del medio o la contaminación producida requieren varias etapas genéricas, como la identificación de los factores ambientales, la asignación de pesos de importancia relativa (para lo que se puede emplear el método Delphi ya estudiado en el Capítulo 6), la utilización de funciones de escala, el uso de funciones de agregación que permita «sumar» variables diversas y los estudios de campo.

Habrán distintas acciones que afecten a un mismo factor con lo que existe la posibilidad de acumulación, debilitamiento o de sinergismo en cuyo caso no se hará una simple suma,

sino que se utilizará la fórmula adecuada aplicando un coeficiente de sinergia o una expresión potencial.

Si, por ejemplo, se quiere medir la contaminación del aire se puede utilizar como indicador un «índice de calidad del aire» o medir la cantidad añadida de un determinado contaminante como CO, NO_x, SO₂, VOC... que viene dado en unidades de masa, o la concentración de dichos contaminantes, dada como una proporción. Si, por ejemplo, se quiere medir la contaminación de un río por una obra, de nuevo puede usarse un índice de calidad del agua, pero también puede servir la longitud, expresada en kilómetros, de ribera del río afectada. Para considerar a un organismo (planta o animal) como indicador ambiental de la contaminación debe ser una especie escogida por su sensibilidad (o tolerancia) a dicha contaminación, como los metales pesados o la desaparición del oxígeno. Se observa que a cada indicador le corresponde una unidad de medida distinta: valor del índice, porcentaje, km...

Algunos ejemplos de posibles indicadores son: emisiones de CO, emisiones de CO₂, emisiones de SO₂, emisiones de NO_x, emisiones de VOC, hectáreas de terreno en los que se ha cambiado el uso del suelo, hectáreas de áreas protegidas, kilómetros de río afectados por el vertido de un contaminante, número de especies amenazadas, volúmenes de pesca, producción de residuos, número de accidentes, gasto de energía, consumo de combustible, decibelios producidos por un ruido...

Los índices para medir la *calidad del aire* recogen las concentraciones de muchos de los indicadores antes mencionados: CO, CO₂, NO_x, SO₂, ozono, partículas... en una única fórmula. Los criterios utilizados para la confección de un índice de este tipo son:

- a) Que pueda ser comprendido con facilidad por el público.
- b) Incluya los contaminantes más importantes.
- c) Pueda incluir con facilidad nuevos contaminantes.
- d) Tener relación con los estándares legales de calidad del aire.
- e) Tener bases científicas.

Las ciudades españolas más importantes tienen un organismo encargado de calcular diariamente un índice de calidad del aire que permite predecir su comportamiento (niveles de inmisión) en las próximas veinticuatro horas, y que se encarga tanto de publicarlo como de avisar si algún contaminante alcanza determinado nivel en el que empieza, según la legislación, a ser considerado peligroso. Una expresión muy simplificada de un índice utilizado es dividir la concentración de un contaminante entre el estándar fijado como máximo legal de dicho contaminante. La agregación de índices de este tipo proporciona un índice más completo.

Los *índices de calidad del agua* tienen en cuenta un gran número de variables como el uso que va a tener dicho agua: riego, baño, potable..., la cantidad de oxígeno disuelto, de coliformes fecales, herbicidas, temperatura, pesticidas, fosfatos, nitratos, amoníaco, partículas en suspensión, color, dureza, pH... Para cada variable considerada se calcula su medida M_i y se le asigna un peso de importancia P_i (según lo importante que sea dicha variable, por ejemplo, para la salud pública), con lo que se calcula un índice agregado mediante una suma ponderada:

$$\text{Índice} = \sum M_i \cdot P_i.$$

Los indicadores y los índices adecuados para medir el **ruido** en los estudios de impacto deben considerar separadamente ruidos puntuales de gran energía, ruidos especiales como ultrasonidos e infrasonidos... y se debe tener en cuenta la relación con el uso de suelo: densidad de población, cercanía a un centro hospitalario... Se define ruido como un sonido molesto o no deseado en un lugar o un momento equivocado. Para calcular los niveles sonoros que pueden impactar a la población se incluye la distancia a la fuente sonora, las barreras que impidan la llegada del ruido, las condiciones atmosféricas que puedan mitigar o acen-tuar el ruido, además de la intensidad de éste. Pueden ser ruidos de impacto, de elevada in-tensidad y corta duración, como una explosión, o ruidos continuos de mayor duración y menor intensidad, como los producidos por el tráfico. El sonido es una vibración que se mide por su intensidad (decibelios) y su frecuencia (número de vibraciones por unidad de tiempo) en hertzios (Hz). Los seres humanos detectan sonidos entre 16 y 20 000 Hz y su respuesta a los incrementos sonoros es logarítmica, por lo que partiendo de una presión sonora de referen-cia se utiliza la ecuación:

$$S = 20 \log_{10} (P/P_0).$$

Para estudiar el impacto producido por el ruido se usa la siguiente metodología:

Etapas 1: Identificación de los impactos sonoros, con sus niveles de ruido asociados al proyecto, para cada una de las acciones, y las distancias de éstos a viviendas, otros edificios públicos como hospitales o colegios, zonas industriales....

Etapas 2: Descripción de los niveles de ruido sin proyecto en el área de estudio, reco-giendo los niveles de ruido y sus fuentes, así como los datos sobre los usos del suelo y la distribución de la población y una función de ponderación adecuada.

Etapas 3: Estudio de la legislación y valores estándares pertinentes.

Etapas 4: Predicción del impacto, para lo que pueden usarse modelos más sencillos o más complicados según la importancia del impacto producido por el ruido, y según se conside-ren fuentes emisoras puntuales o emisiones en fuentes lineales. La propagación del ruido dis-minuye al alejarnos de la fuente de emisión según la ecuación:

$$\text{Nivel sonoro 1} - \text{Nivel sonoro 2} = 20 \text{ Log} (\text{distancia 2} / \text{distancia 1}).$$

por tanto, si se duplica la distancia, el nivel sonoro disminuye en 6 dB(A) aproximadamen-te. En el caso de considerar una fuente de emisión lineal, como una autopista o una línea fé-rrea, se considera que al duplicar la distancia el nivel sonoro sólo disminuye en 3 dB(A), luego la fórmula empleada es:

$$\text{Nivel sonoro 1} - \text{Nivel sonoro 2} = 10 \text{ Log} (\text{distancia 2} / \text{distancia 1}).$$

Para fuentes sonoras determinadas se han estudiado otras fórmulas que, por ejemplo, tengan en cuenta el máximo nivel de ruido, o la acumulación de diversas fuentes sonoras, como el ruido procedente de la construcción, originado por distintos equipos, con efectos temporales pues terminan al finalizar la obra, en los que se tiene en cuenta la duración de cada ruido y se producen de día por lo que no afectan al sueño. Se dibujan mapas con los límites sonoros permitidos.

Los límites fijados por la Dirección General de Carreteras de España en el Pliego de Prescripciones Técnicas son:

Zona residencial:

- Periodo diurno: Nivel sonoro continuo equivalente (L_{eq}) 65 dB(A).
- Periodo nocturno: L_{eq} 55 dB(A).

Zona hospitalaria:

- Periodo diurno: L_{eq} 55 dB(A).
- Periodo nocturno: L_{eq} 45 dB(A).

Zona industrial y comercial:

- Periodo diurno y nocturno: L_{eq} 75 dB(A).

Para conocer un *índice de sensibilidad* y un *índice de importancia* de los ecosistemas de una región a las posibles alteraciones se consideran las siguientes variables:

- a) *Nivel de protección legal del ecosistema.*
- b) Su rareza o abundancia.
- c) Su recuperabilidad o resiliencia.
- d) Su diversidad ecológica.
- e) *Protección legal de las especies que en él se encuentran.*
- f) Utilidad económica.
- g) Usos no económicos.
- h) Relaciones con otros ecosistemas: de transferencia: sumidero o fuente, refugio o nutrientes.

Con ellas se prepara un mapa con las áreas ecológicamente sensibles, indicando las características que hacen cada zona ecológicamente importante y ambientalmente sensible y las alteraciones que pueden preverse con el proyecto.

La importancia del ecosistema se determina mediante una valoración subjetiva en la que se tienen en cuenta características como su singularidad y aislamiento, su valor estético, científico y económico, su papel como ecosistema local en función del ecosistema regional, la importancia de sus especies, su tamaño relativo y su rareza, así como las expectativas de persistencia continuada.

La rareza o abundancia se mide al conocer con el inventario cada una de las plantas y animales de interés y el área ocupada por ellos. Si cubren áreas extensas proporcionan mayor flexibilidad para la ubicación del proyecto. Si el tamaño del área de distribución de una especie es reducido, existe mayor posibilidad de que esa especie sea totalmente destruida, por lo que esta característica está inversamente relacionada con la superficie. También se usan los *índices de diversidad* que intentan medir la cantidad de información que fluye por un ecosistema, lo que se puede interpretar como un indicador de la salud del mismo. Un cambio en

su valor, producido por un proyecto, significa que se han alterado relaciones entre las especies que componen el ecosistema, aunque el número de especies total no haya variado.

La *resiliencia* o *recuperabilidad* es una medida que proporciona la capacidad del sistema para no ser modificado de forma apreciable por las acciones del proyecto. Variables a tener en cuenta pueden ser los cambios en mortalidad e índices de nacimientos, en vitalidad, crecimiento de los individuos, comportamiento, desplazamientos (emigraciones o inmigraciones) y la interrupción de las interrelaciones del ecosistema, como las relaciones depredador-presa. Teniendo en cuenta estas variables se puede clasificar las zonas en mínimamente sensibles, si ya han sido alteradas por el ser humano y otra interferencia es probable que ya no produzca cambios ecológicos, de sensibilidad moderada, y de máxima sensibilidad si existen plantas o animales ecológicamente importantes muy sensibles a la acción humana.

Para obtener un índice de calidad de la fauna de una región se seleccionan un conjunto de especies representativas, *especies de valoración*, y se evalúa la calidad del hábitat en el que se encuentran esas especies, o se obtiene un índice de adaptabilidad del hábitat para una especie de valoración elegida. En ambos métodos se usa una técnica de comparación, índices de valor relativo y correcciones para ayudar a identificar impactos no deseados en la fauna.

Existen otros muchos índices como el de evaluar la posibilidad de que se produzca un impacto sobre *recursos arqueológicos*, en los que los factores considerados pueden ser:

- a) Época o periodo de ocupación del yacimiento.
- b) Determinación de su excepcionalidad o rareza.
- c) Inquietud de la población local.
- d) Coste del reconocimiento arqueológico.
- e) Profundidad del área ocupada.
- f) Catalogación del yacimiento.
- g) Número de yacimientos conocidos que pueden ser afectados.
- h) Número de yacimientos que se espera encontrar durante el reconocimiento.
- i) Importancia de los yacimientos.

Otros índices se utilizan para valorar la *calidad visual* o *paisajística*, o para evaluar la *calidad del medio socioeconómico*, en los que se evalúa el bienestar social, psicológico y económico mediante valores de ingresos, vivienda, salud, seguridad, empleo, educación, cultura, ocio, libertades y derechos civiles, prevención de emergencias, movilidad del transporte... que se ponderan para obtener el valor del índice.

En general, la identificación del índice supone fijar los factores clave y las variables que se van a tener en cuenta, para lo que debe consultarse a distintos grupos de expertos. El siguiente paso es la asignación de la importancia relativa de cada variable. En ambas fases se recomienda emplear el método Delphi, ya comentado en el Capítulo 6. Para evaluar los factores o los resultados en ocasiones se usan la clasificación en escalas, como las escalas lineales y la clasificación en distintas categorías. La agregación de la información en un único valor se hace mediante una fórmula. En el caso más sencillo puede ser una suma ponderada y normalizada, en otros requiere funciones más complejas, como por ejemplo, de logaritmos para evaluar el ruido. Por último, una vez definido un índice se debe verificar su aplicabilidad mediante la recogida de datos, verificando la posibilidad de disponer de ellos y su comprobación estadística.

Ejemplo de algunos índices o indicadores utilizados en la construcción de presas

A continuación se indican algunos de los índices que se utilizan en la construcción de presas, estudiados en la Guía Metodológica editada por el Ministerio de Medio Ambiente. Se utilizan a modo de ejemplo para comprender el tipo de expresiones que se pueden usar. En ella se mencionan:

La previsión del grado de eutrofia. La OCDE inició en 1973 un programa de cuatro años en el que, partiendo de la aportación de nutrientes a los embalses, se construyó un modelo matemático que analizaba sus respuestas. Se advirtieron así una correlación positiva entre la aportación de fósforo y los factores indicadores del grado de eutrofia, como son la concentración de clorofila o la tasa de agotamiento del oxígeno en el hipolimnón (parte de debajo del limo), entre otros. Este modelo se ha utilizado en una serie de embalses españoles en los que se ha deducido que dichas correlaciones no son directas, sino que dependen de otras características del embalse como la profundidad media o el tiempo de retención (volumen medio/aportación anual).

Sólidos transportados: Se utiliza la ecuación:

$$Y = kQ^n$$

donde Y es el azolve acarreado, Q el escurrimiento fluvial, n un valor comprendido entre 2 y 3, y k una constante que se obtiene cuando $Q = 1$.

Emisiones fugitivas: Los modelos de dispersión para las emisiones fugitivas de partículas, tanto en suspensión como sedimentables, son de dos tipos, los basados en medias de laboratorio o de campo, a los que se ajustan curvas para intentar generalizar los resultados, y los modelos gaussianos donde se usa la distribución normal. Una expresión utilizada en fuentes superficiales es:

$$I = \frac{Q}{\pi \sigma_y \sigma_x U}$$

donde I indica el nivel de inmisión ($\mu\text{g}/\text{m}^3$), Q es la cantidad de contaminante emitida ($\mu\text{g}/\text{s}$), σ_y es el coeficiente gaussiano de dispersión en la dirección transversal al viento (m), σ_x es el coeficiente gaussiano de dispersión en la dirección vertical al viento (m), y U es la velocidad del viento.

8.3.3. Función de transformación

Con el uso de indicadores y de índices se calcula la magnitud de cada impacto, es decir, se cuantifica la alteración del factor ambiental: el nivel de ruido en decibelios, el número de ríos afectados por la contaminación, la longitud de dichos ríos en km, las toneladas métricas de movimiento de tierra, la superficie de vegetación destruida en hectáreas, el efecto barrera y su afección a la fauna, el índice de calidad paisajística, la mejora en las comunicacio-

Tabla 8.4. Ejemplo de cálculo de la magnitud de impacto en unidades homogéneas.

Factores	Magnitud _{SIN}	Alternativa i Magnitud _{CON}	$f(\text{Magnitud}_{\text{CON}})$	$f(\text{Magnitud}_{\text{SIN}})$	Magnitud final
Nº de ríos contaminados	2	7	7/10	2/10	$(7/10) - (2/10)$ $= 5/10 = 0,5$

nes... Cada uno de estos impactos se mide con unas unidades diferentes por lo que a simple vista no se sabe si los valores obtenidos tienen una magnitud mayor o menor. Están medidos en unidades heterogéneas y con ellas no es posible relacionar unos impactos con otros, ni sumarlos para obtener el impacto total y comparar las distintas alternativas.

Para cada factor se calcula la magnitud del indicador o del índice seleccionado en la hipótesis de que no se realice el proyecto, en las unidades de dicho indicador: km, t, nº... que se denominan unidades heterogéneas. Luego se calcula dicha magnitud en la hipótesis de que haya proyecto para cada una de las alternativas, se aplica la función de transformación y se calcula la diferencia o magnitud neta final para dicho factor.

En la Tabla 8.4 se calcula, a modo de ejemplo, la magnitud en unidades homogéneas del factor: «Número total de ríos contaminados» utilizando la función de transformación: $f(x) = x/10$.

Determinar las funciones de transformación requiere estudios rigurosos por parte de especialistas. En casi toda la bibliografía existente hay funciones de transformación que miden en el intervalo [0, 1] la calidad ambiental del factor, y posteriormente debe transformarse en la magnitud del impacto, pero es posible transformar directamente la magnitud en unidades heterogéneas en magnitud del impacto en unidades homogéneas con un valor entre cero y uno. En el CD adjunto, en «Materiales»: «Funciones de transformación», se encuentran algunas de estas funciones.

La función de transformación hace corresponder, para cada factor ambiental, su magnitud en unidades heterogéneas a su magnitud en unidades homogéneas que ahora se hace variar entre 0 y 1. Al mayor valor posible de impacto, al más desfavorable, se le asigna el 1, y al menor, el 0, quedando comprendidas las magnitudes intermedias entre dichos valores. Para representarlos se sitúa, en ordenadas, la magnitud medida ya en unidades homogéneas, y en abscisas, la magnitud en unidades heterogéneas medida mediante el indicador o el índice. Esta función puede ser lineal o no, con pendiente positiva, si al aumentar el valor del indicador aumenta el valor absoluto del impacto (negativo), o con pendiente negativa si el índice mide calidad ambiental y al aumentar éste disminuye el impacto (negativo) o si el impacto ambiental es positivo o beneficioso, cuya presencia mejora la calidad ambiental. Para cada valor del que se dispone la magnitud en unidades heterogéneas se calcula la nueva magnitud en unidades homogéneas, bien gráficamente, bien analíticamente, tomando el primer valor como abscisa y obteniendo la ordenada correspondiente. La magnitud final del impacto, para una determinada alternativa se obtiene restando la transformada de la magnitud en unidades heterogéneas con el proyecto de dicha alternativa a la transformada de la magnitud en unidades heterogéneas sin proyecto.

Para obtener de forma adecuada las funciones de transformación se procede de la siguiente forma:

- a) Se busca la mayor información sobre el factor ambiental que se estudia, tanto científica, legal y como sobre las preferencias sociales del mismo. De este estudio se obtiene el mayor valor posible (*Máx*) del indicador del factor, bien porque un valor mayor se vaya a considerar como crítico, bien porque con él, el factor quede totalmente destruido..., y el menor valor posible (*Mín*) del indicador del factor, que puede ser 0.
- b) En el eje de abscisas se sitúan los valores *Máx* y *Mín* y se marca una escala.
- c) En el eje de ordenadas se sitúa el 0 y el 1, marcando también una escala.
- d) Ahora caben las siguientes posibilidades: que la función sea creciente, con lo que la función debe pasar por los puntos (*Mín*, 0) y (*Máx*, 1), que la función sea decreciente y deba pasar por (*Máx*, 0) y (*Mín*, 1), o que alcance un máximo o un mínimo en un valor, *a*, intermedio. Se marcan estos puntos.
- e) Para conocer la forma de la función de transformación: recta, parábola, logarítmica, exponencial, potencial... se puede hacer mediante una consulta a un panel de expertos usando el método Delphi, que indicarán la relación entre los valores intermedios del indicador o del índice, o seleccionar, con el conocimiento adquirido sobre el factor, una de las funciones de transformación.
- f) La función de transformación puede tener muchas formas. De algunas de ellas se determinan a continuación la representación gráfica y la fórmula, pero no son las únicas, por lo que en ocasiones, habrá que determinar otras nuevas, y en otras, será conveniente hacer modificaciones a las expresiones propuestas, que son:
 - I. Una recta, si ambas magnitudes son proporcionales.
 - II. Una parábola que varía rápidamente para valores bajos de la magnitud, y lentamente para valores altos.
 - III. Una parábola que varía lentamente para valores bajos de la magnitud y rápidamente para valores altos.
 - IV. El impacto varía rápidamente en los extremos y lentamente en el centro.
 - V. El impacto varía lentamente en los extremos y rápidamente en el centro.
 - VI. El crecimiento del impacto no es continuo y la función de transformación es una función en escalera, con saltos para determinados valores.
 - VII. Existe un umbral a partir del cual el impacto no es aceptable.
 - VIII. No hay relación entre el impacto y el indicador y se considera el impacto constante.
 - IX. La función de transformación no es siempre creciente ni siempre decreciente, sino que alcanza para un valor intermedio del indicador un máximo o un mínimo.
- g) En el caso de desear una mayor fiabilidad en la función elegida se puede realizar un nuevo proceso de consultas a nuevos expertos.

Se puede considerar, entre otras, nueve formas de funciones de transformación:

I) *Función lineal creciente* (Figura 8.8): Si se considera que el impacto producido es proporcional al valor del indicador o índice, o si no se tiene mejor información, siempre es posible elegir como función de transformación una *recta* que tome el valor 0, cuando el impacto

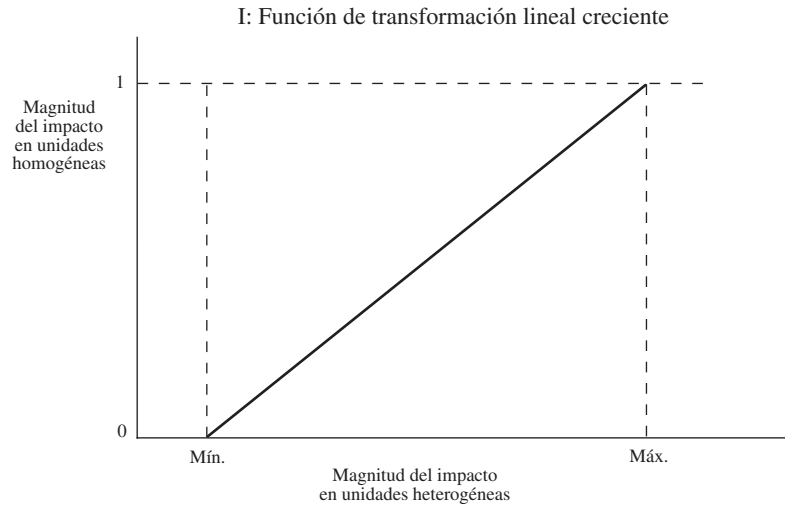


Figura 8.8. Función de transformación lineal creciente.

producido sea nulo, y tome el valor 1, cuando el valor del indicador sea máximo en unidades heterogéneas (*Máx*). La expresión de esta función de transformación es:

$$y = \frac{x}{Máx} ,$$

que es la utilizada en el ejemplo anterior, considerando que el número máximo de ríos que es posible contaminar es 10, donde *x* es la magnitud en unidades heterogéneas e *y* es la magnitud del indicador medido en unidades homogéneas.

Si existe un valor mínimo del indicador, *Mín*, distinto de cero, la función de transformación a utilizar es la recta que pasa por los puntos (*Mín*, 0) y (*Máx*, 1):

$$y = \frac{xd - Mín}{Máx - Mín} ,$$

Ejemplos:

- El impacto sobre la *vegetación* suele ser lineal creciente con respecto a la superficie afectada por el proyecto. A mayor destrucción del factor, mayor impacto.
- La función de transformación del *grado de destrucción de un valor cultural*: arquitectónico, histórico, arqueológico, natural singular...
- La función de transformación del *índice ORAQI* (Oak Ridge Air Quality Index) que mide la contaminación del aire y toma valores desde 0, aire limpio, a 50, aire contaminado en los valores máximos establecidos por los cinco contaminantes que se tienen en cuenta: CO, NOx, partículas, hidrocarburos y SO₂. A mayor contaminación, mayor impacto.

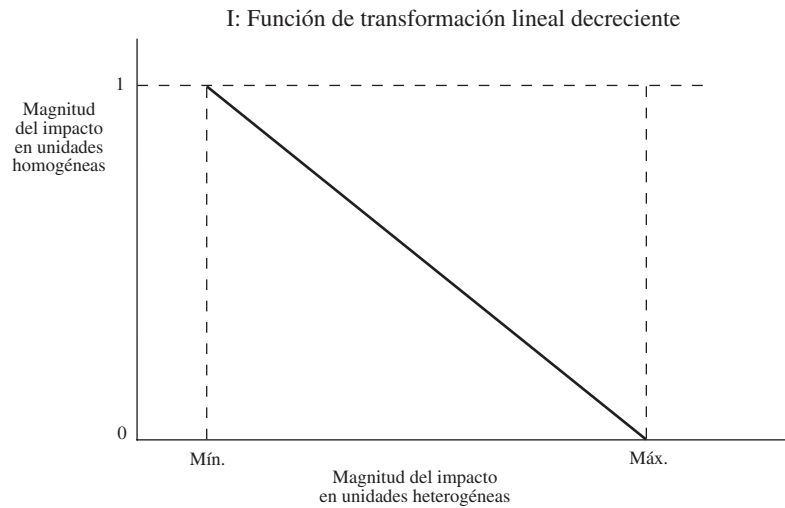


Figura 8.9. Función de transformación lineal decreciente.

I) *Función lineal decreciente* (Figura 8.9): En el caso en que al aumentar el valor de la magnitud (por ejemplo, un índice de calidad ambiental) disminuya el impacto, entonces la recta debe ser decreciente y pasar por los puntos (*Mín*, 1) y (*Máx*, 0). Su expresión es:

$$y = \frac{Máx - x}{Máx - Mín},$$

o bien $y = \frac{x}{Mín}$, si $Máx = 0$.

Ejemplos

- Si se usa como indicador, la *abundancia de una especie sensible*, a mayor abundancia, menor es el impacto.
- La función de transformación del *índice de calidad del aire ICAIRE* que toma valores de 0 a 100.
- La función de transformación del *índice de calidad del agua, ICA*, que toma el valor 1 para aguas claras, excelentes, y 0 en aguas negras con fermentaciones y olores, de aspecto pésimo en los 10 parámetros utilizados. A mayor calidad, menor impacto.

II) *Función parabólica de tipo 1 creciente* (Figura 8.10): Si el impacto crece rápidamente cuando el valor del indicador o del índice es pequeño y lentamente cuando es grande, se puede tomar como función de transformación una *parábola* [que pase por los puntos (*Mín*, 0) y (*Máx*, 1)] y que alcance su valor máximo en el punto (*Máx*, 1), con lo que la expresión de la función de transformación es:

$$y = \frac{-x^2 + 2 \cdot Máx \cdot x + Mín^2 - 2MáxMín}{(Máx - Mín)^2},$$

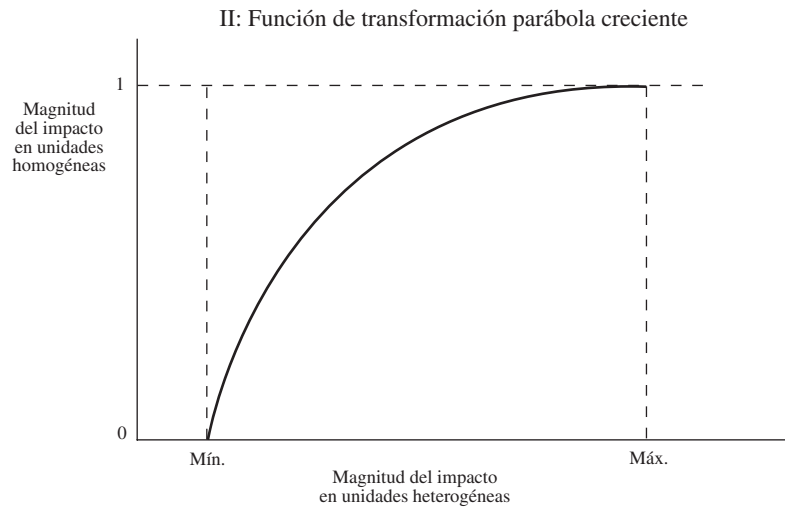


Figura 8.10. Función de transformación parabólica creciente, que crece rápidamente para valores del indicador pequeños y lentamente para grandes.

y si $Mín = 0$ entonces:

$$y = \frac{(-x^2 + 2 \cdot Máx \cdot x)}{Máx^2} .$$

Ejemplo

- Un indicador de efectos socio-económicos es el *nivel de empleo* o porcentaje de población ocupada respecto a la población activa para una determinada zona y población. Si por causa de la obra, no existe desempleo, el impacto es 0. Aunque cause muy poco desempleo, puede considerarse un impacto alto y si se supone que se causa desempleo al 1% de la población, el impacto es 1.

II) *Función parabólica de tipo 1 decreciente* (Figura 8.11): También se pueden considerar parábolas decrecientes, es decir, si la magnitud medida es, por ejemplo, un índice de calidad ambiental, al crecer el valor del índice, disminuye el impacto. Si a la parábola se le impone que pase por los puntos $(Máx, 0)$ y $(Mín, 1)$, y si para valores del índice pequeños, el impacto disminuye rápidamente, por lo que se considera que alcanza un mínimo en el punto $(Máx, 0)$ entonces la función de transformación tiene la expresión:

$$y = \frac{x^2 - 2 \cdot Máx \cdot x + Máx^2}{(Máx - Mín)^2} .$$

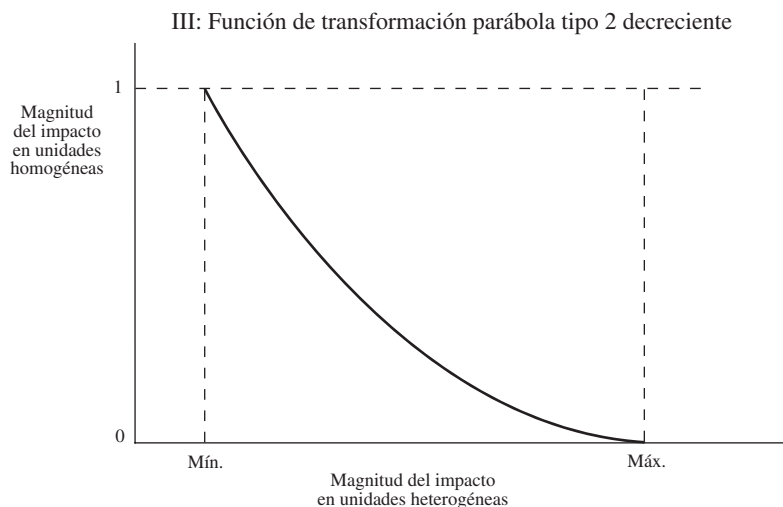


Figura 8.11. Función de transformación parabólica decreciente, que disminuye rápidamente para valores del indicador pequeños y lentamente para grandes.

III) *Función parabólica tipo 2 creciente* (Figura 8.12): Si por el contrario el impacto crece lentamente cuando el valor del indicador (o índice) es pequeño y rápidamente cuando es grande, y si se considera que alcanza un mínimo en el punto (*Mín*, 0), entonces la función de transformación a utilizar es:

$$y = \frac{x^2 - 2 \cdot \text{Mín} \cdot x + \text{Mín}^2}{(\text{Máx} - \text{Mín})^2},$$

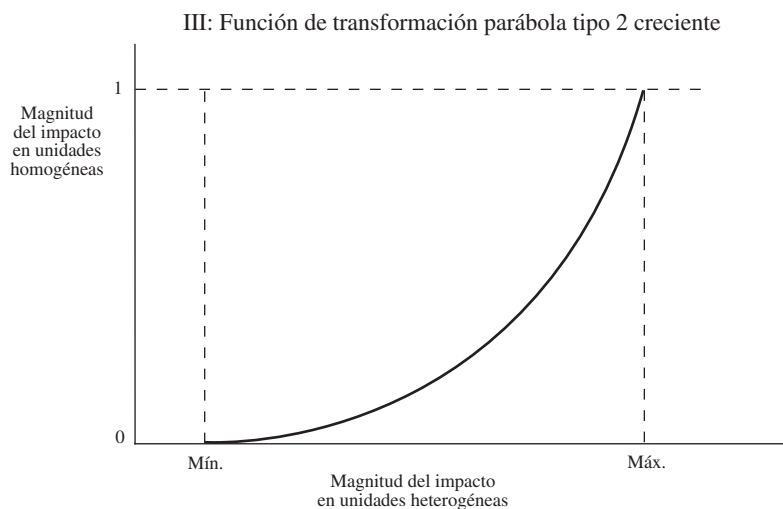


Figura 8.12. Función de transformación parabólica creciente, que crece rápidamente para valores del indicador pequeños y lentamente para grandes.

y si el valor mínimo es cero,

$$y = \frac{x^2}{Máx^2}.$$

Ejemplo

- Si se utiliza como indicador de la *valoración de cubierta vegetal, PSC, porcentaje de superficie cubierta*, se construye como una suma ponderada del interés de las especies existentes por su densidad. Si *PSC* vale 0, el impacto es nulo, y si toma un valor próximo a 100, cualquier variación modifica rápidamente el impacto.
- Si el indicador mide la *capacidad productiva agraria (P)* o potencia inicial del suelo para producir una cierta cantidad de cosecha por hectárea y año, expresada de 0 a 100, tomando el indicador el valor entre 0 y 7 en suelos muy pobres, no adecuados para el cultivo, y de 65 a 100, en suelos excelentes, entonces si se pierde «suelo pobre» la magnitud del impacto es menor que si se pierde «suelo rico».
- La función de transformación del *valor ecológico del biotopo: VEB*.
- La función de transformación del *valor relativo del paisaje: VRP*.

III) *Función parabólica de tipo 2 decreciente* (Figura 8.13): Si el impacto disminuye al crecer el valor del indicador, lo que significa que la parábola pasa por los puntos (*Máx*, 0) y (*Mín*, 1), pero cuando el valor del indicador es pequeño entonces el impacto decrece lentamente, y cuando es grande decrece con rapidez, lo que significa imponer que la parábola tenga un máximo en (*Mín*, 1), por lo que la función de transformación es:

$$y = \frac{-x^2 + 2 \cdot Mín \cdot x + Máx^2 - 2MínMáx}{(Máx - Mín)^2},$$

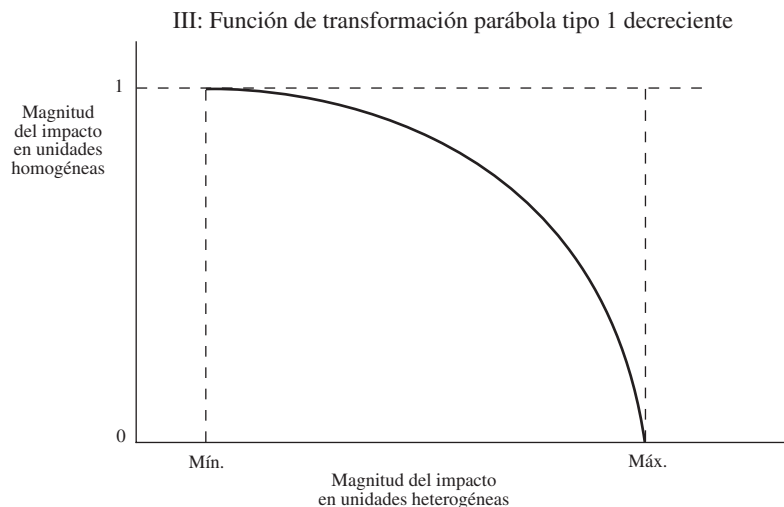


Figura 8.13. Función de transformación parabólica decreciente, que disminuye lentamente para valores del indicador pequeños y rápidamente para grandes.

y si $Mín = 0$, entonces:

$$y = \frac{-x^2}{Máx^2 + 1}.$$

IV) *Función creciente con dos parábolas, lento extremos, rápido centro* (Figura 8.14): Si la función debe crecer lentamente tanto para valores pequeños del indicador como para valores grandes y crecer rápidamente en valores intermedios, si es creciente se puede considerar que pasa por el punto $(Mín, 0)$ donde alcanza un valor mínimo, que pasa por el punto $(Máx, 1)$ donde alcanza un valor máximo, y que pasa por el punto $(A, 1/2)$ entre el máximo y el mínimo, donde la sensibilidad es más acusada, entonces se puede escribir la expresión de la función de transformación, como dos tramos de parábola:

$$y = \begin{cases} \frac{x^2 - 2 \cdot Mín \cdot x + Mín^2}{(A - Mín)^2} & Mín \leq x \leq A \\ \frac{-x^2 + 2 \cdot Máx \cdot x + Máx^2}{(A - Mín)^2} + 1 & A \leq x \leq Máx \end{cases}$$

En estos casos el punto de abscisa A es el de máxima sensibilidad, donde más impacto produce un pequeño cambio del indicador. Esta función es la que usualmente se utiliza para transformar el efecto del ruido.

Ejemplo

- La función de transformación del *nivel de inmisión de NOx ponderado por el número de personas afectadas*, NIP de NOx, que si vale 0, el impacto es 0, si vale $400 \mu\text{p}/\text{m}^3$, el impacto es 1, y la sensibilidad es máxima para $A = 100 \mu\text{p}/\text{m}^3$.

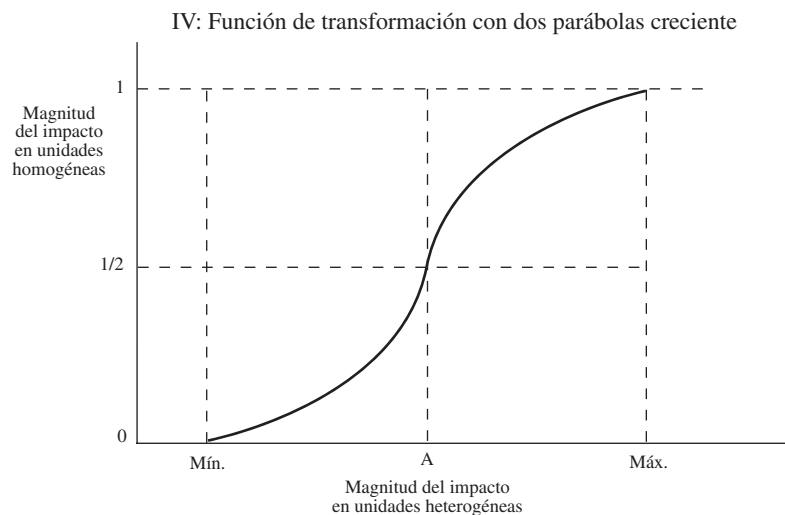


Figura 8.14. Función de transformación creciente confeccionada con dos parábolas, que crece lentamente para valores del indicador pequeños y grandes, y rápidamente para valores intermedios.

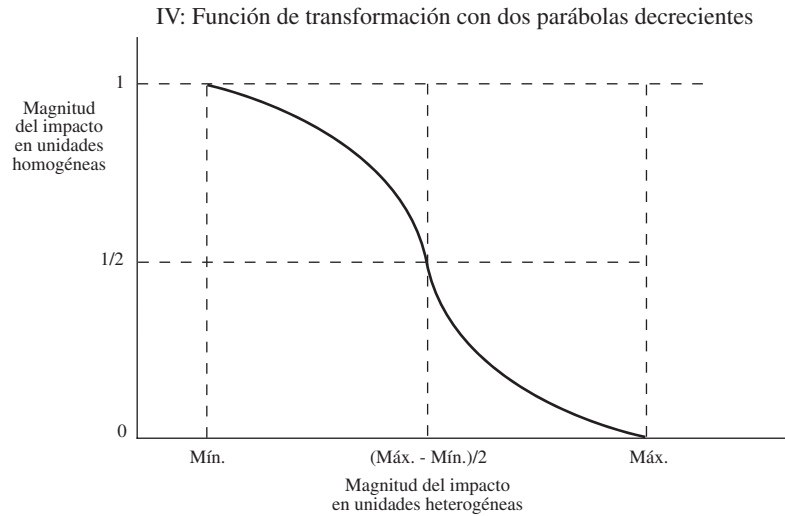


Figura 8.15. Función de transformación decreciente confeccionada con dos parábolas, que disminuye lentamente para valores del indicador pequeños y grandes, y rápidamente para valores intermedios.

IV) *Función decreciente con dos parábolas, lento extremos, rápido centro* (Figura 8.15): Si la función de transformación es decreciente, y decrece lentamente tanto para valores pequeños del indicador como para valores grandes y decrece rápidamente para valores intermedios, se puede expresar mediante dos parábolas, la primera que alcance un máximo en el punto $(Mín, 1)$ y la segunda que alcance un mínimo en el punto $(Máx, 0)$, y ambas que pasen por el punto $(A, 1/2)$ o bien $[(Máx + Mín)/2, 1/2]$:

$$y = \begin{cases} \frac{-x^2 + 2 \cdot Mín \cdot x - 2Mín^2}{(A - Mín)^2} + 1 & Mín \leq x \leq A \\ \frac{x^2 - 2 \cdot Máx \cdot x + Máx^2}{(A - Mín)^2} & A \leq x \leq Máx \end{cases}$$

Ejemplo

- La función de transformación de la *concentración de la cantidad de oxígeno disuelto* en agua. Si la concentración es 0, el impacto vale 1, y si es 10 mg/l, el impacto es nulo. La máxima sensibilidad se alcanza para concentraciones en torno a 5,5 mg/l.

V) *Función creciente con dos parábolas, rápido extremos, lento centro* (Figura 8.16): Otras funciones de transformación pueden calcularse teniendo en cuenta otras hipótesis de partida, como que el impacto crezca muy rápidamente tanto para valores pequeños del indicador como para valores grandes, y sin embargo crezca lentamente en los valores interme-

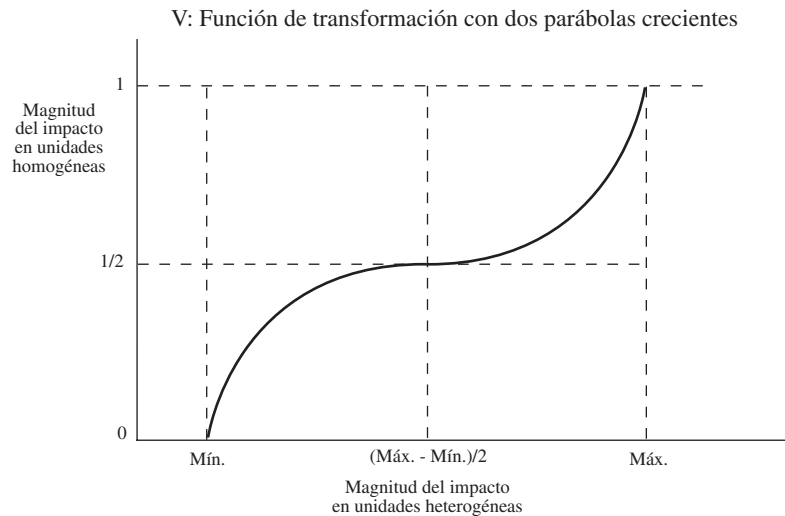


Figura 8.16. Función de transformación creciente, formada con dos parábolas, que crece rápidamente para valores del indicador pequeños y grandes, y lentamente para valores intermedios.

dios. Se puede entonces construir la función de transformación mediante dos parábolas que tengan su máximo y su mínimo en el punto central, bien A, bien $(Máx + Mín)/2$, la primera que pase por el punto $(Mín, 0)$ y la segunda por el punto $(Máx, 1)$:

$$y = \begin{cases} \frac{-2x^2 + 2(Máx + Mín)x - 2MáxMín}{(Máx - Mín)^2} & Mín \leq x \leq \frac{Máx + Mín}{2} \\ \frac{2x^2 - 2(Máx + Mín)x + 2MáxMín}{(Máx - Mín)^2} & \frac{Máx + Mín}{2} \leq x \leq Máx \end{cases}$$

Los valores centrales son los de mínima sensibilidad, donde menos impacto produce un cambio del indicador.

Ejemplo

El indicador *pérdida del suelo* que mide las alteraciones en las condiciones del suelo debidas a la erosión superficial en toneladas métricas por hectárea y año, utiliza esta función de transformación, haciendo corresponder al valor 0, el impacto 0, y a 25 t/ha/año el valor 1. El impacto crece rápidamente con los valores menores del indicador en que se pierde el suelo vegetal, y en los valores elevados, por el peligro de desertización.

V) *Función decreciente con dos parábolas, rápido extremos, lento centro* (Figura 8.17): Si la función de transformación debe ser decreciente, pero debe decrecer rápidamente para

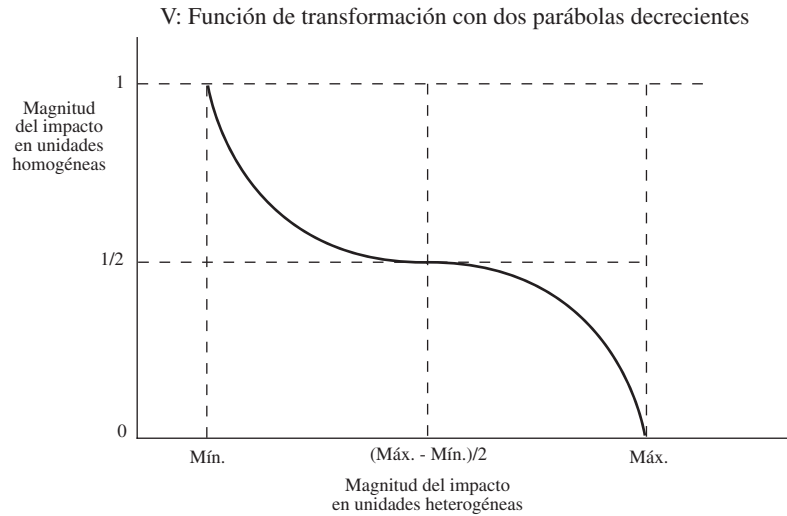


Figura 8.17. Función de transformación parábólica decreciente, construida con dos parábolas, que disminuye rápidamente para valores del indicador pequeños y grandes, y lentamente para valores intermedios.

valores grandes y para valores pequeños del indicador y lentamente para valores intermedios, se puede construir mediante dos parábolas que pasen por el punto intermedio: $[(Máx+Mín)/2, 1/2]$ o bien $(A, 1/2)$, la primera que alcance un mínimo en dicho punto y pase por el punto $(Mín, 1)$ y la segunda que alcance un máximo en dicho punto y pase por el punto $(Máx, 0)$:

$$y = \begin{cases} \frac{2x^2 - 2(Máx + Mín)x + 2MáxMín}{(Máx - Mín)^2} + 1 & Mín \leq x \leq \frac{Máx + Mín}{2} \\ \frac{-2x^2 + 2(Máx + Mín)x - 2MáxMín}{(Máx - Mín)^2} & \frac{Máx + Mín}{2} \leq x \leq Máx \end{cases}$$

VI) *Función escalonada creciente* (Figura 8.18): Si el impacto crece a saltos al aumentar el valor del indicador, se representa con una función en escalera:

$$y = \begin{cases} 0 & Mín \leq x \leq A \\ a & A < x \leq B \\ b & B < x \leq C \\ c & C < x \leq D \\ 1 & D < x \leq Máx \end{cases} ,$$

donde $0 < a < b < \dots < c < 1$ y donde $Mín < A < B < C < \dots < D < Máx$.

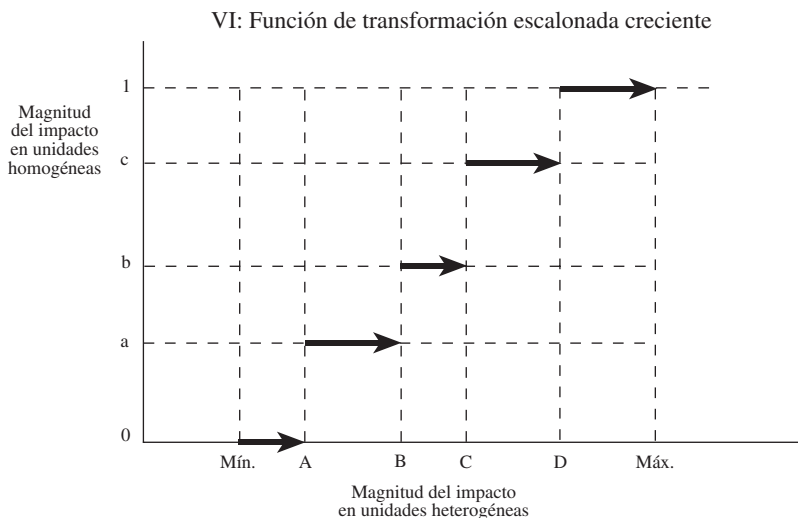


Figura 8.18. Función de transformación escalonada creciente.

Ejemplo

- La función de transformación de sólidos disueltos en el agua, donde si ésta vale 0, el impacto es 0, si toma valores entre 500 y 1 000 mg/l, el impacto toma el valor de 0,2, si toma valores entre 1 000 y 1 500 mg/l, entonces el impacto toma el valor de 0,6, y si la concentración es mayor, el impacto vale 1.

VI) *Función escalonada decreciente* (Figura 8.19): Si el impacto decrece a saltos:

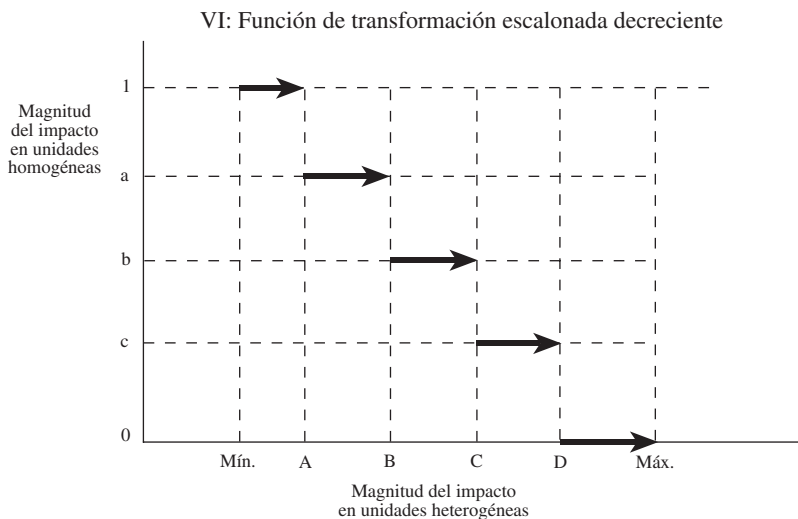


Figura 8.19. Función de transformación escalonada decreciente.

$$y = \begin{cases} 1 & \text{Mín} \leq x \leq A \\ a & A < x \leq B \\ b & B < x \leq C \\ c & C < x \leq D \\ 0 & D < x \leq \text{Máx} \end{cases},$$

donde $1 > a > b > \dots > c > 0$ y donde $\text{Mín} < A < B < C < \dots < D < \text{Máx}$.

Como casos particulares de funciones transformación en escalera se pueden considerar los dos siguientes:

VII) Existe un valor umbral de forma que en impacto es nulo para valores menores que él, y es máximo, 1, para valores mayores (Figura 8.20):

$$y = \begin{cases} 0 & \text{Mín} \leq x < \text{Umbral} \\ 1 & \text{Umbral} \leq x \leq \text{Máx} \end{cases}$$

Ejemplo

- La función de transformación de las sustancias tóxicas, donde se mide la capacidad de ser detectadas. Si no se detectan, el impacto es 0 y si se detectan, el impacto es 1.
- La función de transformación del ruido, si existe una normativa que lo limita a partir de una intensidad.

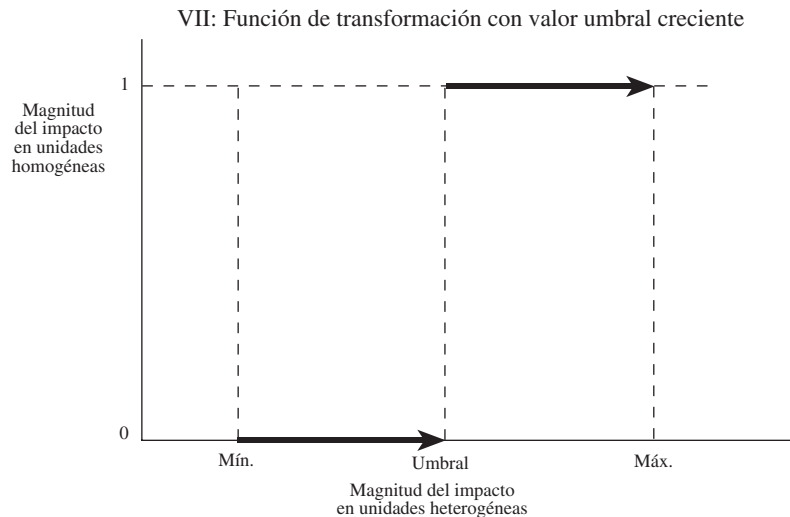


Figura 8.20. Función de transformación creciente con valor umbral.

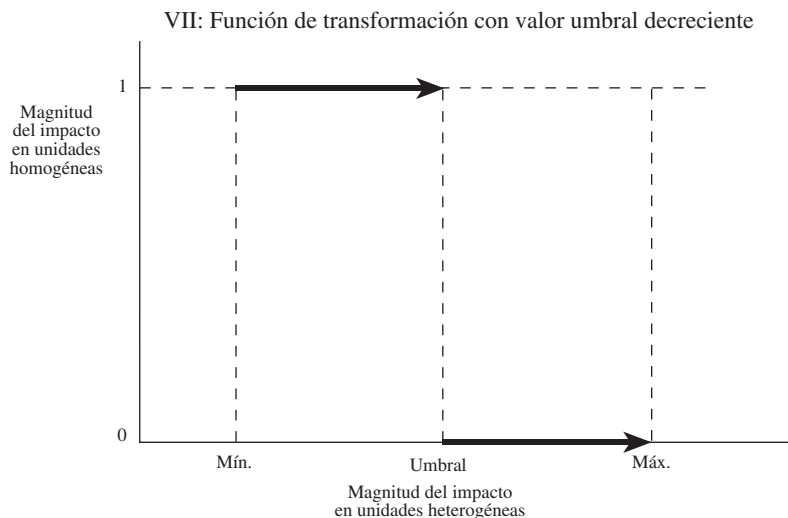


Figura 8.21. Función de transformación decreciente con valor umbral.

VII) Existe un valor umbral de forma que en impacto es 1 para valores menores que él, y es nulo para valores mayores (Figura 8.21):

$$y = \begin{cases} 1 & \text{Mín} \leq x < \text{Umbral} \\ 0 & \text{Umbral} \leq x \leq \text{Máx} \end{cases}$$

VIII) El impacto es constante para cualquier valor del indicador: $y = \text{constante}$ (Figura 8.22)

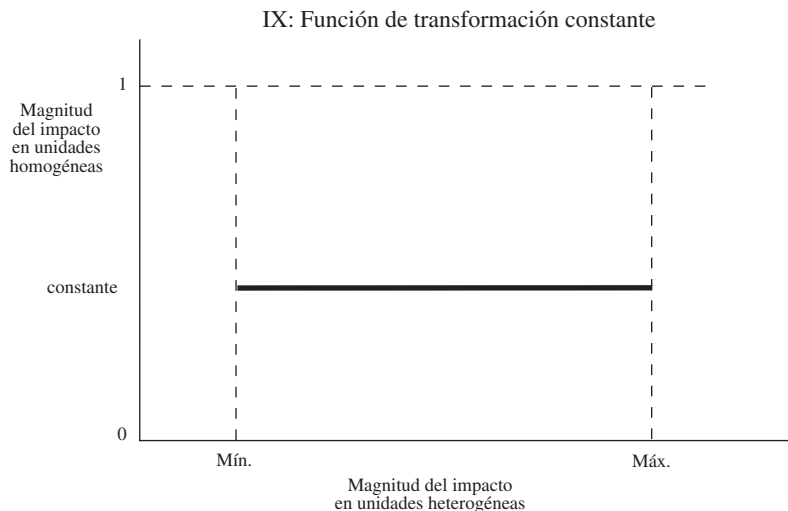


Figura 8.22. Función de transformación constante.

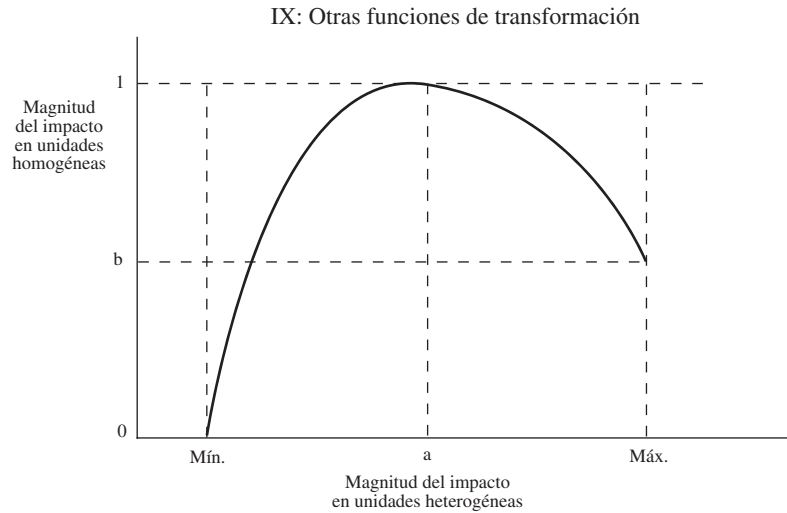


Figura 8.23. Otras funciones de transformación con un valor máximo (a, 1).

IX) *Funciones con máximo intermedio* (Figura 8.23): Se puede considerar también funciones de transformación que pasen por el punto (Mín, 0), que para valores pequeños del indicador sea creciente, alcance un máximo en el punto (a, 1) y luego decrezca hasta el punto (Máx, b):

$$y = \frac{-x^2 + 2ax + M\acute{i}n^2 - 2aM\acute{i}n}{(a - M\acute{i}n)^2} .$$

IX) *Funciones con mínimo intermedio* (Figura 8.24): Si la función de transformación debe

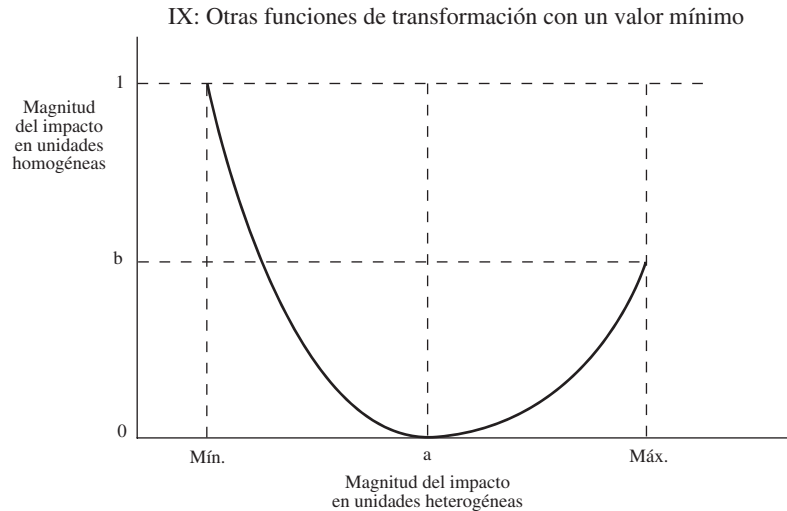


Figura 8.24. Otras funciones de transformación con un valor mínimo (a, 0).

pasar por el punto ($Mín, 1$) decrece hasta alcanzar un valor mínimo ($a, 0$) y luego crece, se puede expresar por:

$$y = \frac{x^2 - 2ax + a^2}{(a - Mín)^2}.$$

Ejemplo

- La función de transformación de la diferencia de temperatura respecto de la que se considera el equilibrio natural. Si la diferencia es nula, el impacto es 0, y alcanza el valor 1 para diferencias, positivas y negativas, superiores a 10°C .
- La función de transformación de la diferencia de pH.

En la Figura 8.25 se ha confeccionado un diagrama que permite seleccionar la función de transformación más adecuada a cada caso, contestando a las preguntas indicadas.

8.3.4. Ejemplos

A continuación se explican algunos ejemplos que ayudan a comprender el proceso y el uso de las funciones de transformación.

Ejemplo 1

Se quiere calcular la magnitud del impacto, para cada alternativa, del factor «**Pérdidas en la vegetación**» utilizando el Ejemplo 2 ya indicado en el Apartado 8.2: «Valoración cualitativa»:

Acción: Desbroce y despeje Elemento: Formaciones vegetales
Factor: Cantidad de vegetación Peso del factor: 0,100

Descripción del impacto: Al construir la carretera y obras auxiliares se desbroza el espacio, y se produce la destrucción de la vegetación de las franjas afectadas.

Recordando que las alternativas 2 y 3 afectan a una zona que va ser declarada parque natural. La alternativa 2 con masas forestales mixtas, con un pinar de repoblación de 10 años de edad, en una pequeña extensión, pero la vía no la ocupa, por lo que sólo se verá afectada por las obras auxiliares. En la alternativa 3 sin embargo, sí se afecta a una zona de alcornoques y especies de ribera, como olmos y fresnos.

Para estimar la magnitud de este impacto para dichas alternativas se utiliza como indicador el de valoración de cubierta vegetal que se construye teniendo en cuenta la superficie de vegetación afectada referida al interés de las especies y a su valor de conservación:

$$\text{Magnitud} = \text{Superficie afectada} \times \text{Valor de conservación.}$$

Como valor máximo se toma la superficie de vegetación en el ámbito de referencia de máximo valor de conservación. Para ello se considera como ámbito de estudio una franja de

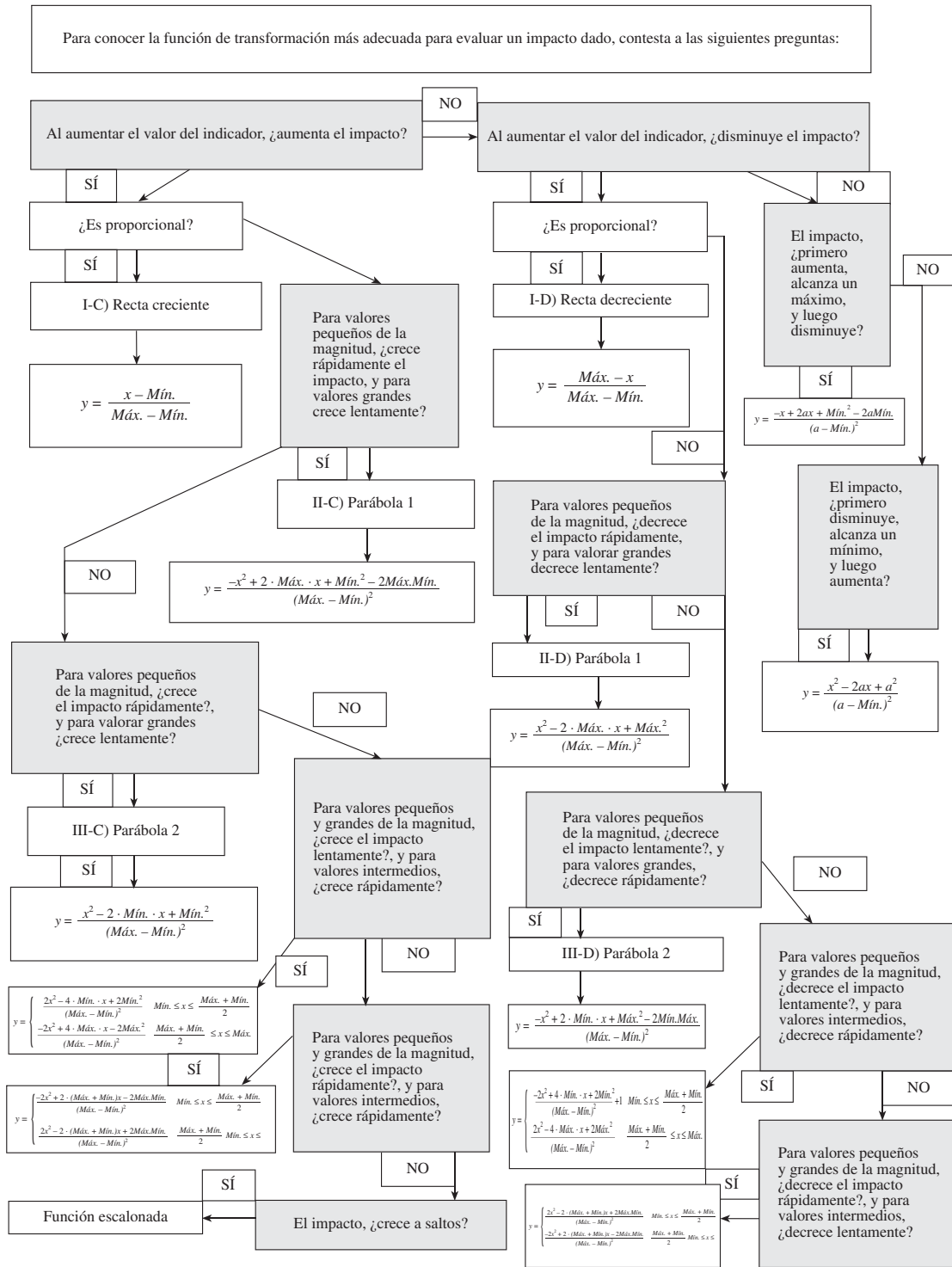


Figura 8.25. Diagrama para la selección de funciones de transformación.

un kilómetro de anchura a lo largo de la vía que se quiere construir. En el caso de la alternativa 2, con masas forestales mixtas, la superficie afectada es de 7,5 ha y la vía principal destruye 0,54 ha con un valor de conservación de 0,5. Por tanto el valor máximo del indicador es:

$$Máximo_{Alt\ 2} = 7,5 \times 0,5 = 3,8,$$

mientras que el valor del indicador con proyecto, en la alternativa 2, es:

$$Mag_{CON\ Alt\ 2} = 0,54 \times 0,5 = 0,27.$$

En la alternativa 3, la superficie afectada es de 20 ha y la vegetación destruida es de 5,1 ha, luego el valor máximo y la magnitud valen:

$$Máximo_{Alt\ 3} = 20 \times 0,5 = 10,$$

$$Mag_{CON\ Alt\ 3} = 5,1 \times 0,5 = 2,55.$$

En ambos casos el impacto aumenta, al crecer la pérdida de vegetación. Lo máximo que podría destruirse es la cantidad mencionada de vegetación y lo mínimo es 0. Se supone que sin proyecto no se destruye la vegetación. En la alternativa 2, si se toma una función de transformación lineal, utilizando los máximos calculados, el valor obtenido al aplicar la función de transformación es:

$$y = \frac{x}{3,8},$$

y para la alternativa 3:

$$y = \frac{x}{10},$$

luego el valor de la magnitud del impacto en unidades homogéneas, M , utilizando como función de transformación una recta, respectivamente valen:

$$M_{1\ Alt2} = \frac{0,27}{3,8} = 0,071,$$

$$M_{1\ Alt3} = \frac{2,55}{10} = 0,255.$$

Desde el punto de vista de la magnitud del impacto la alternativa 3 es más desfavorable, pues ha requerido movimientos de tierra que han supuesto la consiguiente eliminación de la cubierta vegetal, mientras que en la alternativa 2 apenas se ha destruido. Recordando que en la valoración cualitativa (Apartado 8.2) se había obtenido $-0,63$ y $-0,74$ para estas alternativas por lo que la discriminación obtenida era menor.

Como se conoce el peso del factor: 0,03 y las valoraciones cualitativas y cuantitativas, se calcula (Capítulo 10) el valor del impacto final como el producto de los tres valores:

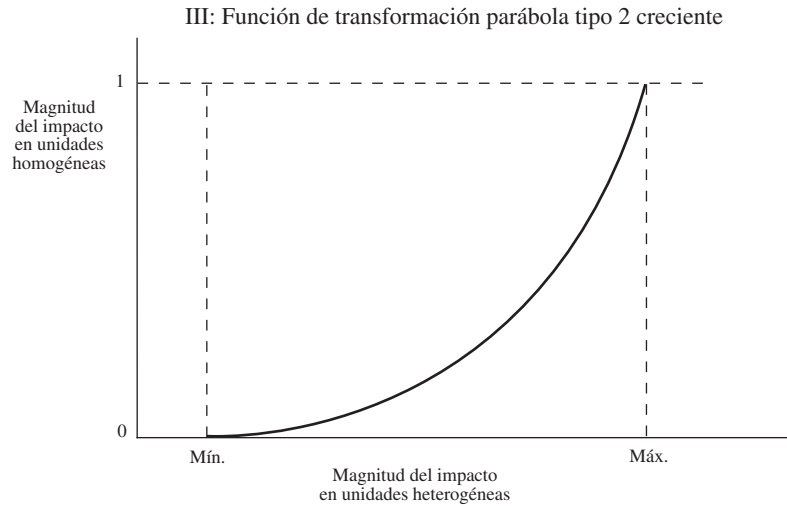


Figura 8.26. Función de transformación para el cálculo de la magnitud de la destrucción de la cubierta vegetal, medida en hectáreas de vegetación destruida.

$$\text{Índice del impacto} = \text{Peso del factor} \times \text{Valoración cualitativa} \times \text{Magnitud.}$$

Luego:

$$\text{Índice del impacto}_{Alt2} = 0,01 \times -0,63 \times 0,0711 = -0,00449.$$

$$\text{Índice del impacto}_{Alt3} = 0,01 \times -0,74 \times 0,255 = -0,01879.$$

Utilizando otras funciones de transformación se obtienen otros valores de la magnitud pero siempre es mayor la magnitud de la alternativa 3 que la de la alternativa 2. En el caso de vegetación de baja calidad la función de transformación más adecuada es la III, la parábola que para valores pequeños crece lentamente (Figura 8.26).

$$y = \frac{x^2}{Máx^2}.$$

La nueva valoración cuantitativa obtenida es:

$$M_{2 Alt2} = 0,005; M_{2 Alt3} = 0,065.$$

Sin embargo, si la vegetación es muy valiosa, la función de transformación más adecuada es la II, la parábola creciente que para valores pequeños crece rápidamente.

Nota: En el CD, en «Prácticas»: «Valoración cuantitativa» puede verse este ejemplo totalmente desarrollado.

Ejemplo 2

Se pretende calcular la magnitud del impacto del *Ruido* producido por una vía durante su funcionamiento.

La secuencia metodológica de dicho estudio debe comenzar con la investigación de los niveles sonoros diurnos y nocturnos previsibles a distintas distancias de la vía, según sea la intensidad de circulación.

En el Apartado 8.3.2: «Índices e indicadores ambientales», al tratar sobre los indicadores adecuados para medir el ruido se vieron los límites fijados por la Dirección General de Carreteras de España en el Pliego de Prescripciones Técnicas.

Para estudiar los niveles sonoros se va a partir de la situación más desfavorable, considerando que la propagación del ruido es libre, es decir, que no existen accidentes topográficos, pantallas vegetales... que produzcan amortiguaciones que rebajen los niveles sonoros que se van a calcular. Naturalmente estas amortiguaciones luego, en fases posteriores, podrán tenerse en cuenta.

Las variables que se van a utilizar para el cálculo son:

IMD: Número de vehículos por día.

FCv: Factor de corrección según la velocidad de circulación, que se va a suponer de 120 km/h que es la velocidad máxima permitida en España, y por tanto el valor más desfavorable de la variable. El factor vale en este caso +0,5 dB(A).

FCP: Factor de corrección según el tipo de pavimento que en este caso se supone firme drenante, por lo que va a ser -1 dB(A).

FCpend: Factor de corrección según pendiente máxima, que como la pendiente es inferior al 4%, este factor vale 0.

FCint: Factor de corrección según intersecciones. En este caso, no se considera.

IMH: Intensidad de tráfico en vehículos hora, 6% IMD de día, y 1,6% IMD de noche.

Tipo de vía: Autopista de 2 calzadas de 3 carriles cada una, arcén exterior 2,5 m, arcén interior 1,0 m, bermas 1,0 m, mediana de 12 m.

Condiciones de propagación del ruido: Libre.

P: Proporción de vehículos pesados, en el caso más desfavorable del 20% de media, con un 15% de día y un 25% de noche.

Se calcula el nivel sonoro (*Lm*) a 25 metros del eje de la calzada y a 4 metros sobre el nivel de ésta mediante la fórmula:

$$Lm(25) = 36,8 + 10\log(IMH(1 + 0,082 P)).$$

Para calcular el nivel de ruido (*L*) que soporta un determinado punto se utiliza:

$$L = Lm(25) + FCP + FCv + FCint + FCpend$$

El nivel sonoro continuo equivalente (*Leq*) correspondiente a un punto situado a una distancia, *d*, del eje de calzada más próxima y a una altura, *a*, sobre el nivel de la misma viene dado por la fórmula:

$$Leq = L + 10 \log(d_0/d)^{1+a}$$

donde d_0 es la distancia de referencia, en este caso de 25 m. Es decir, se calcula sumando al valor obtenido para $d_0 = 25$ m y $a_0 = 4$ m, un término de corrección: $10 \log(d_0/d)^{1+a}$. El valor de a depende del ángulo de visión, tomando el valor 0 para ángulos superiores a 30° , $a = 0,25$ para valores entre 15° y 30° , y $a = 0,5$ para ángulos inferiores a 15° .

Se determinan los niveles de ruido en función de las diferentes intensidades de circulación previstas para las distintas alternativas y los diferentes tramos. Las líneas isofónicas se representan con paralelas a la traza de la vía. La zona afectada por niveles de ruido no aceptables queda determinada por bandas situadas a ambos lados de la vía, dependiendo de la intensidad de tráfico *IMD* y según sea el periodo de día o de noche.

Se estiman dichas bandas para valores sonoros de 75 dB (A), 65 dB (A), 55 dB (A) y 45 dB (A) calculando la distancia en metros a la línea isofónica del eje de la carretera en la hipótesis de tráfico más desfavorable. Al superponer estas bandas con el plano del territorio afectado por la traza se obtienen las zonas afectadas por el ruido, con lo que se logra una visión rápida y gráfica de la magnitud que puede tener el impacto producido por el ruido para cada alternativa. Se suele contemplar un escenario de varios años posteriores a la construcción de la vía, con hipótesis de crecimiento alto, ya que se supone que, tarde o temprano, se alcanzarán dichos niveles y las vías deben diseñarse para la situación de confort sonoro más desfavorable.

Con todos estos datos, en el ejemplo propuesto, se obtiene:

- *IMD* (veh/día), en la hipótesis más desfavorable: 59 000.
- Intensidad hora punta (veh/h): 3 231.
- *IMH diurno* (veh/h): 3 600.
- *IMH nocturno* (veh/h): 960.

Con estos datos se calcula:

- La distancia para la banda de 75 dB (A) son 28 m.
- La distancia para la banda de 65 dB (A) son 132 m.
- La distancia para la banda de 55 dB (A) son 313 m.
- La distancia para la banda de 45 dB (A) son 610 m.

Para cada una de las alternativas se trazan estas bandas y se analizan las zonas residenciales, recreativas, industriales y comerciales afectadas, y si hay alguna zona educativa o hospitalaria.

Evaluando las zonas afectadas por las bandas se calcula el índice del impacto para el ruido.

En el supuesto de que el tramo de vía que se quiere construir mide 4 000 m de longitud, y que la alternativa 1:

- Zona 1.1: Atraviesa la vía durante 300 m por una zona recreativa, con una anchura de 600 m.
- Zona 1.2: Hay una zona residencial a 400 m de la vía con unas dimensiones de 200 m por 200 m.

Por su parte, la alternativa 2:

- Zona 2.1: Atraviesa una zona recreativa, en este caso a lo largo de 1 000 m con una anchura de 400 m.

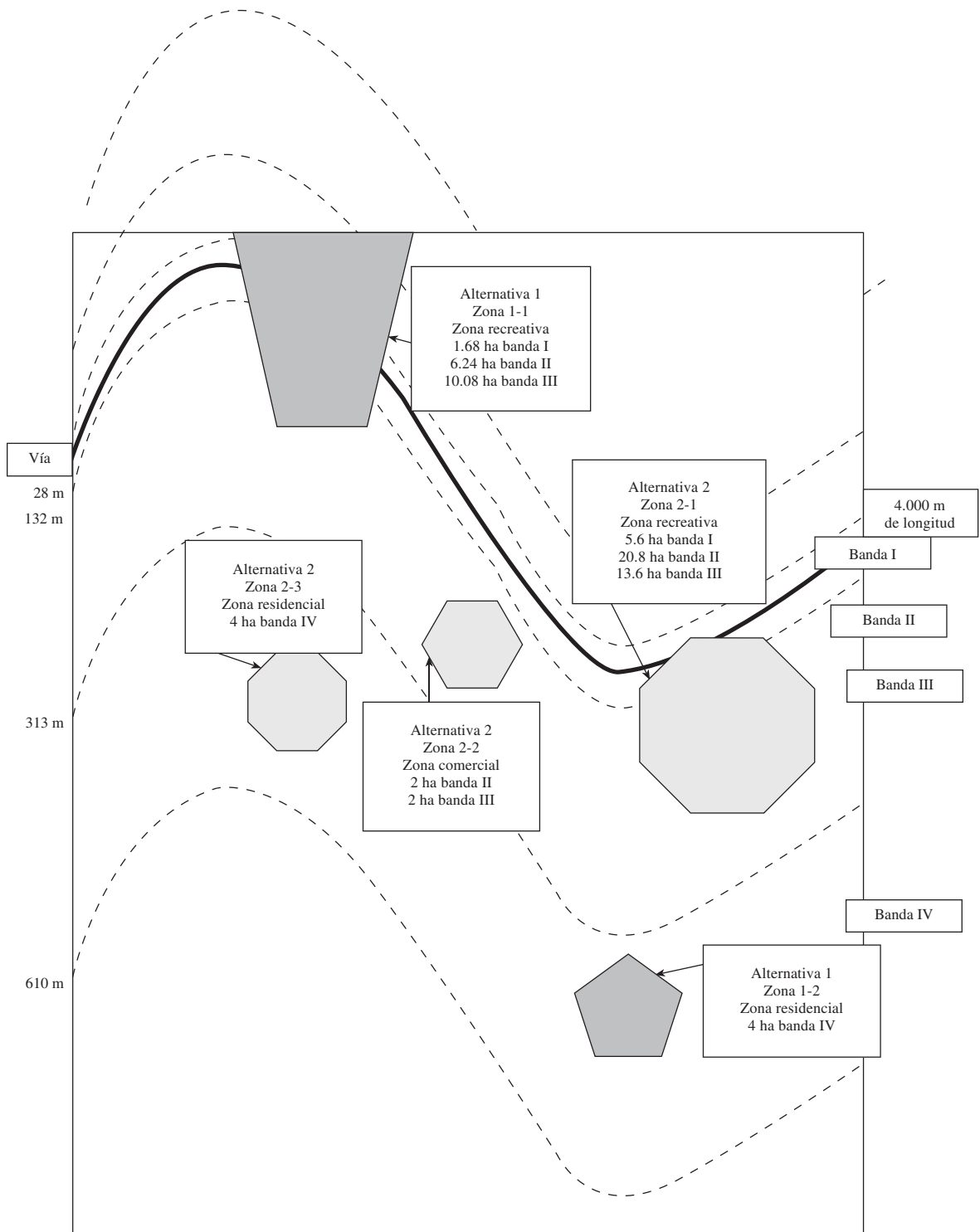


Figura 8.27. Zonas afectadas por el ruido de la vía en las distintas alternativas estudiadas en el ejemplo.

- Zona 2.2: Existe una zona comercial a 32 m de la vía con unas dimensiones de 200 m por 200 m.
- Zona 2.3: Una zona residencial a 400 m de la vía con unas dimensiones de 200 m por 200 m.

Para calcular la magnitud de cada alternativa se realiza una representación gráfica de estas zonas en el mapa (Figura 8.27) y se comprueba en primer lugar que no hay ninguna *bandera roja*, es decir, un nivel de impacto no permitido por la legislación por el que se deba desestimar la alternativa (por ejemplo, pasar muy cerca de un centro hospitalario).

Para tener un índice que determine la magnitud del impacto producido por el ruido se debe tener en cuenta, por un lado las diferentes bandas y, por otro, el uso del territorio, además de la dimensión de la zona afectada. Por ejemplo, se puede denominar a las cuatro bandas consideradas, I, II, III y IV, y evaluarlas respectivamente con un peso asignado en función a su distancia a la vía de: 10, 7, 4 y 1 respectivamente. Por otra parte, según el uso de la zona se valoran los siguientes pesos: zonas hospitalarias se evalúan con 10, los colegios, de día, con 8, las zonas residenciales, de noche con 8 y de día con 6, las zonas industriales y comerciales de día con 4 y de noche con 0, y las zonas recreativas con 4. El resultado se muestra en la Tabla 8.5 donde se han tenido en cuenta, conjuntamente, distancias a la vía y uso.

Para calcular el indicador de la magnitud del impacto producido por el ruido se decide multiplicar el número de hectáreas que atraviesa cada una de las bandas por el valor asignado de la banda según el uso (Tablas 8.6 y 8.7).

Tabla 8.5. Asignación de valores de impacto ambiental debido al ruido según los usos de las zonas.

	Banda I	Banda II	Banda III	Banda IV
Zona hospitalaria	100	70	40	10
Colegios de día	80	56	32	8
Residencial día	80	56	32	8
Residencial noche	60	42	24	6
Industrial y comercial	40	28	16	4
Recreativa	40	28	16	4

Tabla 8.6. Cálculo de la magnitud de impacto del ruido en la alternativa 1.

Alternativa 1:					
Banda	Zona	m ²	ha	Peso	Valor
Banda I:	1.1	$1\ 000 \times 56 = 56\ 000\ m^2$	1,68 ha	40	67,2
Banda II:	1.1	$1\ 000 \times 104 \times 2 = 208\ 000\ m^2$	6,24 ha	28	174,72
Banda III	1.1	$1\ 000 \times 68 \times 2 = 136\ 000\ m^2$	10,08 ha	16	161,28
Banda IV	1.2	$200 \times 100 = 20\ 000\ m^2$	4 ha	8	32
SUMA					435,2

Tabla 8.7. Cálculo de la magnitud de impacto del ruido en la alternativa 2.

Alternativa 2:					
Banda	Zona	m ²	ha	Peso	Valor
Banda I:	2.1	1 000 × 56 = 56 000 m ²	5,6 ha	40	224
Banda II:	2.1	1 000 × 104 × 2 = 208 000 m ²	20,8 ha	28	582,4
	2.2	1 000 × 68 × 2 = 136 000 m ²	2 ha	28	56
Banda III	2.1	1 000 × 68 x 2 = 136 000 m ²	13.6 ha	16	217,6
	2.2	200 × 100 = 20 000 m ²	4 ha	16	32
Banda IV	2.3	200 × 100 = 20 000 m ²			32
SUMA					1 144

La magnitud del impacto (en unidades heterogéneas) se calcula haciendo la suma:

$$Mag_{CON Alt 1} = 435,2.$$

La magnitud del impacto (en unidades heterogéneas) se calcula haciendo la suma:

$$Mag_{CON Alt 2} = 1 144.$$

Para calcular la magnitud en unidades homogéneas es preciso determinar la función de transformación adecuada, para lo que hay que calcular los valores máximo y mínimo del impacto. Como en ninguna de las alternativas se pasa cerca de una zona hospitalaria se puede considerar el valor de máxima afectación el de zona residencial de día y calcular el valor máximo multiplicando las hectáreas de cada banda por su máxima afección:

Máximo:

Banda I:	4 000 × 56 = 224 000 m ² .	22,4 ha × 80 = 1 792
Banda II:	4 000 × 104 × 2 = 832 000 m ² .	83,2 ha × 56 = 4 659,2
Banda III:	4 000 × 181 x 2 = 1 448 000 m ²	144,8 ha × 32 = 4 633,6
Banda IV:	4 000 × 297 = 1 188 000 m ²	118,8 ha × 8 = 950,4

Y el máximo se obtiene con la suma. *Máximo* = 12 035,2.

Para el caso del ruido la función de transformación más adecuada es la que se ha denominado IV Función con dos parábolas creciente (Figura 8.28) que crece rápidamente en los valores centrales y lentamente en los extremos, ya que al crecer el valor del indicador, crece el impacto, luego es una función creciente, y parece interesante que resulte muy sensible para los valores intermedios del indicador y menos para los valores extremos.

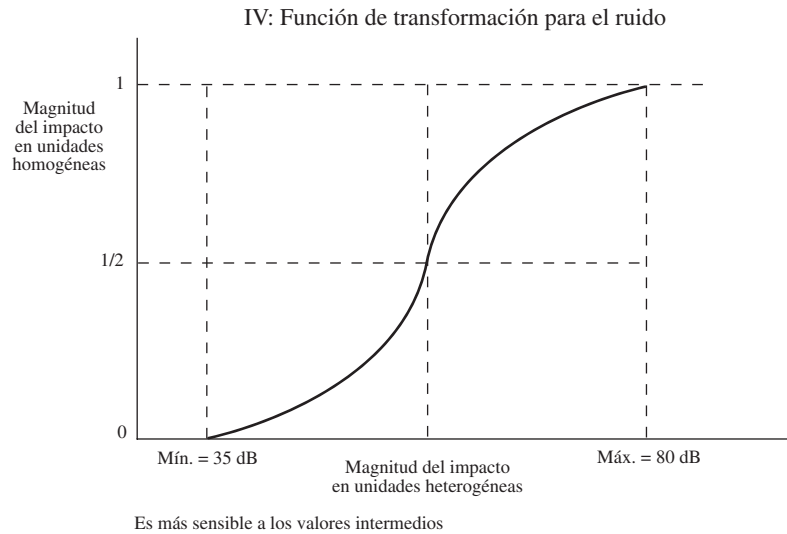


Figura 8.28. Función de transformación para el cálculo de la magnitud del ruido.

Su expresión es:

$$y = \begin{cases} \frac{x^2 - 2 \cdot \text{Mín} \cdot x - \text{Mín}^2}{(A - \text{Mín})^2} & \text{Mín} \leq x \leq A \\ \frac{-x^2 + 2 \cdot \text{Máx} \cdot x - \text{Máx}^2}{(A - \text{Mín})^2} + 1 & A \leq x \leq \text{Máx} \end{cases}$$

En este caso el valor de la magnitud del impacto obtenida es:

$$M_{4\text{Alt1}} = 0,0026; M_{4\text{Alt2}} = 0,0181.$$

Nota: En el CD adjunto, en «Prácticas»: «Valoración cuantitativa», en «SOLUCIONES», pueden verse los cálculos realizados con el valor del impacto para cada alternativa según la función de transformación elegida y comprobar que si la función de transformación elegida hubiera sido una recta creciente, la magnitud del impacto sería, para la alternativa 1: $M_{1\text{Alt1}} = 0,036$, y para la alternativa 2, $M_{1\text{Alt2}} = 0,095$. Si se seleccionaran otras funciones de transformación se obtendría:

$$M_{2\text{Alt1}} = 0,071; M_{2\text{Alt2}} = 0,181; M_{3\text{Alt1}} = 0,001; M_{3\text{Alt2}} = 0,009.$$

8.4. PRÁCTICAS

8.4.1. Autoevaluación

Responde señalando la única respuesta correcta:

1. En la evaluación de impactos por mero enjuiciamiento se dice que un impacto es compatible si:
 - a) Al finalizar la acción, el factor se recupera inmediatamente.
 - b) El factor puede recuperarse mediante medidas correctoras.
 - c) No existe recuperación posible.
 - d) Al finalizar la acción, el factor ambiental se recupera sin necesidad de medidas correctoras al cabo de un cierto tiempo.

2. Se denomina sinergia a una cualidad que puede tener un efecto ambiental que indica que:
 - a) En dicho efecto no existe intercambio de energía.
 - b) Distintas acciones pueden acumular sus efectos sobre un mismo factor ambiental.
 - c) La componente total de varios efectos simples se refuerza siendo distinto, superior o inferior, su resultado a la suma de los efectos que producirían individualmente.
 - d) La componente de varios efectos acumulativos queda modificada aunque actúen de forma independiente en el tiempo.

3. La distinción entre efectos recuperables y reversible viene dada por:
 - a) Un efecto es recuperable si el factor puede volver a sus condiciones iniciales sin medidas correctoras y es reversible si requiere medidas correctoras para volver a su condición inicial.
 - b) Un efecto es reversible si el factor puede volver a sus condiciones iniciales sin medidas correctoras y es recuperable si requiere medidas correctoras para volver a su condición inicial.
 - c) La distinción entre reversible y recuperable estriba en el tiempo que se requiera sobre su permanencia.
 - d) Si un efecto es permanente no puede ser irreversible ni recuperable.

4. La valoración cualitativa es:
 - a) Una evaluación numérica y objetiva.
 - b) Una evaluación no numérica, de simple descripción de cualidades, y por tanto subjetiva.
 - c) Una evaluación subjetiva a pesar de ser numérica.
 - d) La legislación indica explícitamente la fórmula y los valores numéricos que deben utilizarse en una evaluación cualitativa.

5. En la evaluación cualitativa debe distinguirse entre intensidad y extensión de un impacto, siendo:
 - a) La intensidad el grado de incidencia sobre el factor mientras que la extensión indica el área de influencia en relación con el entorno del proyecto.
 - b) La extensión es total si el factor queda destruido y la intensidad es máxima si afecta a toda el área del proyecto.
 - c) La intensidad es crítica si se produce un efecto que en otro lugar podría ser admisible, pero por su localización es peligrosa y no es posible introducir medidas correctoras.
 - d) La extensión es mínima si, aunque el área de influencia sea la totalidad del proyecto, el factor afectado tiene una baja calidad ambiental.
6. Respecto a la valoración cuantitativa indica si es cierto que:
 - a) En la valoración cuantitativa se calcula la importancia del impacto.
 - b) La legislación obliga a calcular en todos los casos la valoración cuantitativa.
 - c) En la valoración cuantitativa se resta la magnitud del impacto en unidades heterogéneas, con proyecto de la magnitud del impacto en unidades heterogéneas sin proyecto.
 - d) La legislación aconseja realizar, siempre que sea posible, la valoración cuantitativa.
7. Respecto a la magnitud de un impacto señala si es cierto que:
 - a) La magnitud del impacto indica la importancia de éste.
 - b) La importancia de un impacto es una medida objetiva ya que el resultado obtenido es numérico.
 - c) Para conocer la magnitud del impacto se requiere utilizar indicadores.
 - d) Para medir la magnitud del impacto se tiene en cuenta si éste es reversible o no.
8. Respecto a los índices y los indicadores, indica si es cierto que:
 - a) Índices e indicadores se utilizan para calcular la magnitud de un impacto.
 - b) Los indicadores utilizan en todos los casos fórmulas y expresiones matemáticas muy complicadas.
 - c) Nunca se reúnen los expertos para, usando el método Delphi, estudiar la mejor expresión de un índice.
 - d) Todos los indicadores utilizan la misma unidad, el porcentaje.
9. Respecto a las funciones de transformación indica qué afirmación de las siguientes es cierta:
 - a) Existe una única función de transformación que transforma la magnitud en unidades heterogéneas en magnitud en unidades homogéneas.
 - b) La razón para utilizar funciones de transformación es poder sumar o comparar distintas magnitudes de impacto, cada una medida en una unidad diferente, expresando todas las magnitudes en unidades homogéneas.
 - c) Las funciones de transformación son funciones siempre crecientes.
 - d) Las funciones de transformación alcanzan siempre su valor máximo en el punto (*Máx*, 1).

10. Indica qué afirmación es cierta. Para calcular la magnitud en unidades homogéneas, M , utilizando la función de transformación f se calcula:

- a) $M = f(\text{Magnitud}_{CON}) - f(\text{Magnitud}_{SIN})$.
- b) $M = f(\text{Magnitud}_{CON} - \text{Magnitud}_{SIN})$.
- c) $f(M) = f(\text{Magnitud}_{CON}) - f(\text{Magnitud}_{SIN})$.
- d) $M = f(\text{Magnitud}_{SIN}) - f(\text{Magnitud}_{CON})$.

8.4.2. Ejercicios de valoración cualitativa

1.
 - a) Escribe una fórmula normalizada para la valoración cualitativa cuyos valores estén comprendidos entre 0,5 y 1.
 - b) ¿Qué fórmula se usa si se quiere que la valoración cualitativa sea un número comprendido entre 0,4 y 0,7?
 - c) ¿Qué fórmula se usa si se quiere que la importancia sea un número comprendido entre 0 y 0,7?
 - d) Utiliza la hoja de cálculo del CD y recalcula la valoración cualitativa de los ejemplos siendo ésta un valor del intervalo [0,2, 0,8].
2. Calcula el índice del impacto «Pérdida de la vegetación» para cada una de las 4 alternativas, utilizando la «Práctica» del CD llamada «Valoración cualitativa» y la hoja de cálculo «Alumnos FÓRMULA 1».
3. Las fórmulas para calcular la valoración cualitativa de los impactos se deben explicar en el apartado de metodología, y naturalmente, debe usarse la misma en toda la evaluación para todas las alternativas. Se han visto dos posibles fórmulas, una más sencilla (fórmula 1) y la otra más completa (fórmula 2).
 - a) Analiza si ambas son aceptables según la legislación vigente.
 - b) Escribe, sobre la Tabla 8.8, una nueva valoración cualitativa añadiendo o eliminando atributos y puntuándolos a tu gusto para confeccionar una nueva fórmula y su fórmula normalizada:

8.4.3. Ejercicios de valoración cuantitativa

1. Comprobar las expresiones de las funciones de transformación con las características indicadas en la Figura 8.25: Diagrama de selección de funciones de transformación.
2. Si $Máx = 10$ y $Mín = 0$, escribe distintas expresiones de funciones de transformación, dibuja sus gráficas y comenta sus características.
3. Si en el ejemplo de contaminación de ríos el valor de la magnitud sin proyecto en unidades heterogéneas es 2 y con proyecto en una cierta magnitud es 7, calcula el valor del impacto si se calcula:
 - a) Mediante una recta.
 - b) Mediante una parábola que al principio crezca lentamente y luego rápidamente.
 - c) Y mediante una parábola que al principio crezca rápidamente y luego lentamente.

Tabla 8.8. Nueva fórmula para la valoración cualitativa.

SIGNO		ACUMULACIÓN (A)
Impacto beneficioso	+	Simple
Impacto perjudicial	-	Acumulativo
		Sinérgico
EXTENSIÓN (E) Área de influencia		INTENSIDAD (In) Grado de destrucción
Puntual		Baja
Parcial		Media
Extenso		Alta
Total		Muy alta
Crítica		Total
PERSISTENCIA (P) Permanencia del efecto		REVERSIBILIDAD (Rv) Medios naturales
Fugaz		Corto plazo
Temporal		Medio plazo
Permanente		Largo plazo
		Irreversible
RECUPERABILIDAD (Rc) Medios humanos		PERIODICIDAD (Pr)
Recuperable de manera inmediata		Aperiódico o discontinuo
Recuperable a medio plazo		Periódico
Mitigable		Continuo
Recuperable a largo plazo		
Irrecuperable		
MOMENTO (Mo) Plazo de manifestación		EFEECTO (Ef)
Largo plazo		Directo
Medio plazo		Indirecto secundario
Inmediato		Indirecto terciario
Crítico		

$I_m =$

I normalizada =

- Calcula el nivel sonoro de un punto situado a 50 m y altura de 4 m, de una vía que se quiere construir con pavimento drenante, una velocidad de 120 km/h, sin intersecciones y sin pendiente, con una intensidad media de 2 000 veh/h, y un porcentaje de vehículos pesados del 10%.

5. Calcula un índice de impacto para una pérdida de vegetación de 10 ha, con un nivel de conservación bueno, con una valoración de calidad de 0,75. Sabiendo que la zona máxima afectada es de 20 ha, y que sin proyecto se estima que también se van a perder 3 ha.

Nota: Véase el desarrollo de la solución en el CD en «Prácticas»: «Valoración cuantitativa».

8.4.4. Prácticas con computador

8.4.4.1. Valoración cualitativa

En el CD anexo al libro, en «Prácticas», están las prácticas de «Valoración cualitativa» y «Valoración cuantitativa», donde se reflejan los cálculos realizados a lo largo de este capítulo.

En «Prácticas»: «Valoración cualitativa» se encuentran hojas de cálculo denominadas «Objetivos», «Fórmula 1», «Alumnos FÓRMULA 1», «Fórmula 2» y «Alumnos FÓRMULA 2», adecuadas para que la persona que la realice, practique y obtenga la valoración cualitativa confeccionando su propia herramienta.

En «Prácticas»: «Valoración cualitativa» «SOLUCIONES» hay otras hojas con todos los cálculos ya hechos: «Completa FÓRMULA 1», «Completa FÓRMULA 2»:

1. Imagina una obra, por ejemplo, una presa, piensa únicamente en tres o cuatro impactos, por ejemplo, los producidos sobre la vegetación, la fauna, la modificación del curso de los ríos...
 - a) Calcula, en «Prácticas»: «Valoración cualitativa», «Alumnos FÓRMULA 1», la valoración cualitativa de dichos impactos. Indica también su valor normalizado entre 0 y 1.
 - b) Utiliza «Prácticas»: «Valoración cualitativa», «Alumnos FÓRMULA 2» y calcula la valoración cualitativa de los impactos anteriores. Indica también su valor normalizado entre 0 y 1.
 - c) Normaliza las valoraciones anteriores entre 0,2 y 0,9.

8.4.4.2. Valoración cuantitativa

1. En «Prácticas»: «Valoración cuantitativa» están las hojas denominadas «Objetivos», «Selección de la función de transformación» y «ALUMNADO» adecuadas para que la persona que la realice se confeccione su propia herramienta para hacer una valoración cuantitativa.

En «Prácticas»: «Valoración cuantitativa» «SOLUCIONES» están las hojas denominadas «COMPLETA CRECIENTE» y «COMPLETA DECRECIENTE» en las que se encuentran los cálculos de todos los ejemplos y algunos de los ejercicios propuestos.

En el CD en «Prácticas» en «Valoración cuantitativa» en la hoja de cálculo «COMPLETA CRECIENTE» puede verse el valor del impacto para cada alternativa según la función de transformación elegida. En esta hoja están las fórmulas de cada función de transformación creciente. Así, por ejemplo, para el ejemplo 2 sobre ruido, si la función de transformación hubiera sido una recta creciente, la magnitud del impacto obtenida para la alternativa 1 es: $M1_{Alt1} = 0,036$, y para la alternativa 2: $M1_{Alt2} = 0,095$.

Si se usan otras funciones de transformación se obtiene:

$$M2_{Alt1} = 0,071; M2_{Alt2} = 0,181; M3_{Alt1} = 0,001; M3_{Alt2} = 0,009.$$

Estas hojas no sólo son adecuadas para comprender los contenidos, sino que tienen utilidad en la realización de una evaluación de impactos real. Para ello se deben conservar las fórmulas que ya están implementadas y utilizar simplemente *arrastrando* para realizar nuevos cálculos.

2. Al realizar el estudio de un determinado impacto se conoce que el valor de la magnitud sin proyecto es de 500 y con proyecto es de 900, el valor máximo es 1 000 y el mínimo 400. Se utiliza funciones de transformación crecientes. Utiliza en el CD «Prácticas»: «Valoración cuantitativa», «SOLUCIONES», y ahí la hoja de cálculo «COMPLETA CRECIENTE»:
 - Calcula utilizando una función de transformación que sea una recta el valor de la magnitud en unidades homogéneas.
 - Utiliza ahora una parábola cuya magnitud crezca lentamente para valores pequeños y rápidamente para valores grandes.
 - Utiliza ahora una parábola cuya magnitud crezca rápidamente para valores pequeños y lentamente para valores grandes.
 - Utiliza una función de transformación que crezca rápidamente para valores grandes y pequeños de la magnitud y lentamente para valores intermedios.
 - Utiliza una función de transformación que crezca lentamente para valores grandes y pequeños de la magnitud y rápidamente para valores intermedios.

3. Calcula una valoración cuantitativa en unidades homogéneas de la magnitud del impacto producido sobre el factor: «número de ríos contaminados» si el máximo número posibles de ríos a contaminar es 10 y el mínimo es 0, para cada una de las funciones de transformación crecientes, para las siguientes situaciones:
 - El número de ríos contaminados sin proyecto: 0 y con proyecto: 2.
 - El número de ríos contaminados sin proyecto: 4 y con proyecto: 6.
 - El número de ríos contaminados sin proyecto: 8 y con proyecto: 10.

Observa que en las tres situaciones se han contaminado dos ríos, por lo que si la función de transformación es una recta en las tres situaciones el impacto es el mismo. Pero en un caso se trata de un número pequeño de ríos total, en el segundo de un valor intermedio y en el tercero de grande. Si se utilizan otras funciones de transformación el impacto se modifica. Analiza el resultado obtenido con cada una de ellas y elige la que creas que mejor corresponde.

CAPÍTULO 9

Medidas para minimizar el impacto global

Las medidas que se adopten para minimizar los impactos ambientales pueden considerarse como la parte más importante, o al menos una de las más importantes, del estudio de impacto ambiental. El impacto sobre el medio ambiente producido por una determinada actividad depende mucho de la forma en que se realice la misma, por lo que, en el proyecto, se deben detallar todas aquellas medidas necesarias para que sea el menor posible.

Es preciso partir de la premisa de que siempre es mejor no producir un impacto negativo que luego tener que corregirlo. Cualquier *medida correctora* supone un coste adicional que, aunque en relación con el coste global del proyecto pueda ser bajo, puede evitarse, y más si se tiene en cuenta que dicha medida no suele eliminar completamente la alteración, sino sólo reducirla. Por ello es muy importante incorporar en el proyecto, un diseño adecuado desde el punto de vista medioambiental y mantener los cuidados preceptivos durante la fase de ejecución de las obras.

El objetivo de una evaluación de impacto ambiental es prevenir y corregir los efectos negativos que la realización de la actividad pueda tener para el medio ambiente, para lo que se estudian las medidas preventivas, protectoras, correctoras y compensatorias con el fin de eliminar, atenuar, evitar, reducir, corregir o compensar los efectos negativos que las acciones que se derivan del proyecto producen sobre el medio ambiente, así como aumentar, mejorar y potenciar los efectos positivos.

En este capítulo se examina lo que exige y aconseja la legislación vigente a este respecto, para determinar los objetivos que se pretenden, se aprende a diferenciar entre los distintos tipos de medidas y la manera de evaluarlas. Se proporcionan listas para obtener nuevas medidas, se analizan algunos ejemplos para diferentes actividades, se estudia a fondo alguna que sea representativa y pueda servir de base para proyectar otras y se confeccionan fichas de medidas que resuman lo principal referente a ellas.

La evaluación de impactos ya realizada, tanto la cualitativa como la cuantitativa, queda modificada con la introducción de estas medidas, por lo que es necesario realizar una nueva evaluación teniendo ahora en cuenta las medidas correctoras, obteniendo, para los impactos

afectados, una nueva valoración, que por lo tanto también modifica el valor del impacto global de cada alternativa (véase Capítulo 10). Todo esto debe quedar reflejado en el Programa de Vigilancia Ambiental (véase Capítulo 11), que es obligatorio presentar como parte del Estudio de Impacto Ambiental.

9.1. LEGISLACIÓN

La Constitución Española, en su artículo 45, establece el derecho de todos los españoles a disfrutar de un medio ambiente adecuado para el desarrollo de la persona y, en paralelo, el deber de su conservación.

La legislación comenta en varias ocasiones la importancia de **prevenir** los impactos, y la Ley 6/2001 de Evaluación de Impacto Ambiental dice que la mejor manera de prevenir, es la de **evitar** los efectos negativos, mejor que intentar combatirlos posteriormente. Es lo que se denomina el *Principio de Precaución*: «*Más vale prevenir que curar*»:

«Uno de los principios básicos que debe informar toda política ambiental es el de la **prevención**. Por dicha razón, los sucesivos programas de las Comunidades Europeas sobre medio ambiente han venido insistiendo en que la mejor manera de actuar en esta materia es tratar de **evitar**, con anterioridad a su producción, la contaminación o los daños ecológicos, más que combatir posteriormente sus efectos.»

En las leyes desarrolladas por varias comunidades autónomas se explicita lo difícil y costoso que puede ser la corrección de los efectos negativos, incluso irreparables, por lo que es imprescindible adoptar las medidas preventivas adecuadas, añadiendo que la Administración debe tener capacidad jurídica para impedir las actividades que lesionen, de forma desproporcionada, el medio ambiente, ya que la corrección *a posteriori* de los daños causados al mismo es, con frecuencia, muy difícil y muy costosa, pudiendo en ocasiones requerir el desmantelamiento o la supresión de la obra, instalación o actividad causante del daño. Aun así, el daño producido puede ser a veces irreparable, con perjuicios económicos y sociales importantes. Por esta razón se deben adoptar las *medidas preventivas* antes que el resto.

Es preciso que la Administración responsable de velar por la calidad ambiental conozca de antemano los impactos negativos que pueden producirse como consecuencia de la ejecución de proyectos o el desarrollo de actividades susceptibles de afectar al medio ambiente para lo que se hace necesario el estudio de impacto ambiental. La Ley también capacita a la Administración para impedir aquellos proyectos o actividades cuyo impacto ambiental sea inadmisibles o desproporcionado con los fines propuestos, para condicionar o corregir lo que sea enmendable y para sancionar al infractor y obligarle a reponer lo ilícitamente alterado a la situación anterior.

El Acta Única Europea, en su punto 2, establece los principios de prevención y corrección en la fuente:

«La acción de la Comunidad en lo que respecta al medio ambiente se basará en los principios de **acción preventiva y de corrección**, preferentemente en la fuente misma, de los ataques al medio ambiente.»

También comenta que los objetivos de la Comunidad en materia de medio ambiente han de conseguirse por los Estados, siendo éstos los siguientes:

«Conservar, proteger y mejorar la calidad del medio ambiente, contribuir a la protección de la salud de las personas y garantizar una utilización prudente y racional de los recursos naturales.»

El Real Decreto 1131/1988, de 30 de septiembre, **por el que se aprueba el Reglamento de Evaluación del Impacto Ambiental** impone la obligación de establecer medidas protectoras y correctoras en el punto 5 del artículo 7, mientras que en el artículo 10, sobre identificación y valoración de impactos, repite esta obligación, añade la necesidad de disminuir el impacto, y recomienda anular o sustituir la acción impactante:

«... Cuando el impacto ambiental rebase el límite admisible, deberán preverse las **medidas protectoras o correctoras** que conduzcan a un nivel inferior a aquel umbral; caso de no ser posible la corrección y resultar afectados elementos ambientales valiosos, procederá la recomendación de la anulación o sustitución de la acción causante de tales efectos.»

Por último en el mismo Real Decreto, en el artículo 11, sobre «Propuesta de medidas protectoras y correctoras y programa de vigilancia ambiental» establece que:

«Se indicarán las medidas previstas para reducir, eliminar o compensar los efectos ambientales negativos significativos, así como las posibles alteraciones existentes a las condiciones inicialmente previstas en el proyecto. Con este fin:

Se describirán las medidas adecuadas para **atenuar o suprimir** los efectos ambientales negativos de la actividad, tanto en lo referente a su diseño y ubicación como en cuanto a los procedimientos de anticontaminación, depuración, y dispositivos genéricos de protección del medio ambiente.

En defecto de las anteriores medidas, aquellas otras dirigidas a compensar dichos efectos, y a ser posible con acciones de restauración, o de la misma naturaleza y efecto contrario al de la acción emprendida.»

Se habla ya de *compensar*, no sólo de reducir, atenuar, suprimir o eliminar los efectos negativos. Esto da lugar a las *medidas compensatorias*. Comenta también que pueden ser medidas del propio proyecto referidas a ubicación o diseño, así como procedimientos de no contaminación o de depuración.

Nota: En el CD, en «Legislación», puede consultarse el texto completo de toda la normativa mencionada.

9.2. OBJETIVOS

Muchos efectos negativos pueden reducirse o evitarse mejorando el proyecto en el sentido de estudiar cuidadosamente la localización de actividades desde el punto de vista ambiental, y otros pueden ser evitados mediante una gestión ambiental adecuada de las obras. Lo importante es prevenir los efectos negativos, y las medidas correctoras nunca deben ser una disculpa para realizar la actividad sin cuidados ambientales. Todo lo que sea posible mejorar en el propio proyecto, desde el punto de vista ambiental, luego no será necesario corregirlo. Las medidas utilizadas para ello son las medidas preventivas o protectoras.

Algunos impactos no se pueden prevenir y es preciso corregirlos, para lo que se utilizan las medidas correctoras. Algunos ejemplos son: barreras antirruído, adecuación de drenajes, dispositivos para el paso de la fauna, balsas de recogida del agua de escorrentías...

Algunas medidas pueden estar relacionadas entre sí, y es adecuado reflejar estas relaciones, ya que es posible que exista entre ellas una sinergia positiva, es decir, que el efecto positivo que produzcan sea mayor que la suma de los efectos individuales.

Se pueden representar estas relaciones en grafos causa-efecto o en árboles de impactos, (similares a los ya estudiados en el Capítulo 7), lo que puede, en cada caso, ayudar a definir los objetivos y formularlos correctamente, y usarse técnicas obtenidas de la implantación de las normas de calidad en la empresa y plantear principios como el de la *mejora continua* o la *mejora en espiral* (Figura 9.1).

El diseño de las medidas preventivas y correctoras resulta más efectivo, y usualmente más económico, si están contempladas en el proyecto y se realizan en paralelo a éste, de forma coordinada. Ambas deben minimizar el impacto, bien reduciéndolo a niveles más aceptables, bien eliminándolo totalmente.

Por ejemplo, si se quiere construir un aeropuerto, o ampliar uno ya existente, una medida preventiva que debe estar contemplada en el proyecto es que el pasillo de despegue y aterrizaje no pase por zonas habitadas, mientras que una medida correctora es limitar la utilización de ciertas pistas por la noche para no interferir en el descanso nocturno de la población afectada por el ruido.

En ocasiones es imposible prevenir y corregir un efecto negativo porque no existe ningún tipo de corrección posible, y en estos casos se estudia la posibilidad de adoptar *medidas compensatorias*.

Por ejemplo, después de prevenir y corregir todo lo posible el ruido que producen los aviones del aeropuerto, todavía éste molesta a unas viviendas, por lo que se decide compensar a los vecinos, y se pasa una encuesta preguntando si desean recibir una cantidad en metálico, que la empresa construya una casa de la cultura o que construya un parque recreativo.

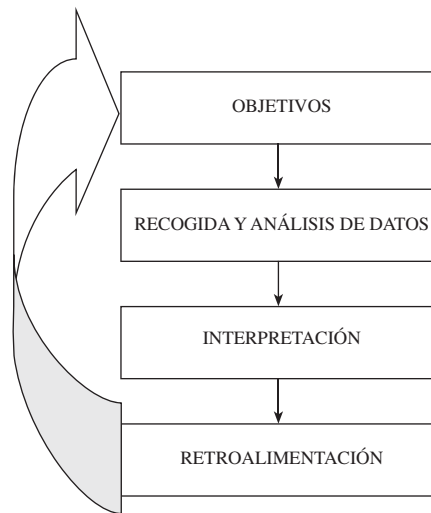


Figura 9.1. Esquema de mejora de objetivos.

Estas podrían ser medidas compensatorias, pues no disminuyen el efecto ambiental negativo pero compensan a quienes lo sufren, dando algo o produciendo un beneficio que resarza del perjuicio que el efecto negativo les cause. Al analizar con mayor profundidad las medidas del ejemplo se observa que la primera propuesta de la encuesta, la de compensar a los vecinos con una cantidad en metálico, quedaría descartada, pues nunca debe ser planteada como una medida temporal, sino que los efectos de la compensación deben ser estables y sostenidos en el tiempo, compensar económicamente a una persona o entidad privada resulta pues inadmisibles. Tampoco es posible proponer medidas irrealizables por estar en otra propiedad privada y fuera de los límites del proyecto. Son, sin embargo, medidas compensatorias adecuadas las de restaurar bienes de interés cultural en la zona cercana al proyecto.

El objetivo de cualquier medida preventiva o correctora es reducir los impactos que ocasiona el proyecto, que pueden ser, disminuir los insumos (gastar menos agua, menos energía, menos materias primas...), localizar convenientemente los elementos del proyecto o la obra misma (diseñar el mejor trazado, el emplazamiento de la maquinaria, jalonar, balizar...) o minimizar la contaminación (reciclar, recuperar, reutilizar...). En ocasiones una correcta gestión y una buena organización con medidas baratas y sencillas como, por ejemplo, la optimización el transporte dentro de la obra o la correcta manipulación de materiales, pueden suponer medidas preventivas muy adecuadas.

9.3. CLASIFICACIÓN DE LAS MEDIDAS DE MINIMIZACIÓN DE IMPACTOS AMBIENTALES

9.3.1. Según la forma de actuación

Suelen considerarse tres tipos de medidas según la forma de actuar: las medidas preventivas o protectoras, las medidas correctoras y las medidas compensatorias.

Se denominan *medidas protectoras* o *medidas preventivas* aquéllas que evitan la aparición de un efecto ambiental negativo, bien sea mediante un diseño adecuado, mejorando la tecnología, trasladando la localización de toda la obra o la ubicación adecuada de sus elementos. Se protege un entorno ambientalmente valioso al mejorar el diseño del trazado, y al usar una tecnología más adecuada y menos contaminante o menos ruidosa, si se disminuye la invasión del territorio con jalonamiento y balizas, y si se diseña el calendario de forma que las operaciones afecten menos a la fauna. Son también medidas preventivas las que modifican las condiciones de funcionamiento o las condiciones de seguridad para evitar accidentes, como la disminución de la velocidad de vehículos, y las medidas para evitar incendios u otros desastres durante la obra.

Son *medidas correctoras* aquéllas que al modificar las acciones o los efectos consiguen anular, corregir, atenuar un impacto recuperable, bien sea mejorando un proceso productivo o sus condiciones de funcionamiento, como los filtros para evitar emisiones contaminantes, o insonorizaciones para evitar ruidos. También lo son las que modifican un efecto hacia otro de menor importancia o magnitud, o un factor mejorando la dilución o la dispersión como agente transmisor, o aumentando el caudal de agua o su aireación como agente receptor.

Una medida correctora supone la intervención, una vez producido el impacto, como por ejemplo el tratamiento de las aguas residuales y su reciclado para no contaminar la red fluvial, o la recuperación de suelos contaminados. También lo son las medidas que favorecen los procesos naturales de regeneración, como el tratamiento del suelo vegetal, su almacenamiento adecuado, con el fin de utilizarlo en la revegetación de las zonas afectadas.

Son *medidas compensatorias* las que ni evitan, ni atenúan, ni anulan la aparición de un efecto negativo, pero contrarrestan la alteración del factor al realizar acciones con efectos positivos que compensan los impactos negativos que no es posible corregir y disminuyen el impacto final del proyecto.

La forma preferible de plantear estas medidas es tenerlas en cuenta desde los primeros momentos de diseño del proyecto, de forma que no es necesario separar las medidas de minimización de impactos del propio proyecto y el plan de vigilancia ambiental, sólo deberá entonces vigilar que la actividad se realiza según lo establecido.

Si aun así, en el estudio de impacto ambiental se detectan impactos que es posible recuperar, entonces se incorporan nuevas medidas, revisando todo el diseño, que debe volverse a valorar, para determinar si las medidas añadidas han eliminado o reducido suficientemente los impactos perjudiciales. Estas medidas se integran en proyectos anexos de menor entidad.

El análisis de *costes* de estas medidas es un elemento fundamental para la decisión. Se valora dicho coste según el porcentaje que suponga respecto al total del proyecto, considerándose:

- de nivel muy alto, de nivel 5, si supera al 20% de la inversión,
- de nivel 4, si el coste está entre el 10 y el 20%,
- de nivel 3 si está entre un 5 y un 10%,
- de nivel 2 si está entre un 1 y un 5% y
- el nivel más bajo, el nivel 1 si es menor al 1%.

Rosa Arce (2002) comenta que, del análisis de más de cuarenta proyectos de trazado y construcción de autovías en España, la media del gasto de las medidas correctoras por kilómetro

tro fue de 102 577 euros, fluctuando entre un máximo de 504 850 euros y un mínimo de 45 076 euros. El porcentaje de coste de las medidas minimizadoras sobre el presupuesto total de la obra fue aproximadamente de un 3%, oscilando entre el 7 y el 0,6%, luego varían entre el nivel 1 y el nivel 3. Estas cantidades, en muchos casos, se podrían haber disminuido si en vez de aplicar medidas correctoras una vez ejecutado un proyecto muy impactante, se hubiera diseñado de forma que impactara menos y necesitara menos medidas adicionales.

Hay medidas que deben ser valoradas e integradas en las partidas presupuestarias del proyecto, o en uno nuevo de mejoras, como colocar barreras contra el ruido, pero otras no requieren un presupuesto, sino que basta con un control o una gestión adecuados, como por ejemplo, que las especies usadas en una revegetación estén sanas o cuidar no hacer ruidos a determinadas horas y fechas. Estas medidas pueden incluirse como cláusulas en el pliego de condiciones.

Es preciso garantizar que todas estas medidas se lleven a cabo y de la forma adecuada. Para ello puede ser suficiente que consten (y dependa de ellas la aprobación del proyecto), que aparezcan en el plan de vigilancia ambiental y éste se realice con todas las garantías.

El proceso de búsqueda, selección y evaluación de las posibles medidas requiere, en primer lugar, identificarlas. Sería deseable mejorar los procedimientos de participación pública para la detección de impactos en los estados iniciales del proyecto y para la propuesta de medidas protectoras, correctoras y compensatorias.

Una forma conveniente consiste en estructurar los impactos en forma de árbol o grafo y anotar todas las posibilidades que puedan corregirlos. Para escribir la lista de posibilidades pueden usarse técnicas utilizadas en otros ámbitos, como la *tormenta de ideas* o similares, para obtener una relación amplia de posibles medidas, aún sin depurar. Algunas de ellas resultarán inviables, bien por su coste, bien porque el efecto positivo que vayan a producir no sea rentable, o porque no sean posibles técnicamente, entonces se eliminan de la enumeración de posibilidades. Las seleccionadas se pueden agregar en una o varias alternativas de medidas, entendiendo como tal a un conjunto de medidas que se consideren adecuadas para obtener los objetivos. Utilizando criterios de eficacia, de costes, de posibilidad o de eficiencia se determina la mejor alternativa, y se describen las medidas adoptadas siguiendo una ficha como la sugerida en el Apartado 9.4.

Entre otros aspectos se deben analizar los siguientes:

- La *eficacia*, que indica la capacidad de la medida para cubrir los objetivos mediante el cálculo del *impacto residual* e incluso del impacto que pudiera producir la propia medida.
- La *eficiencia*, que indica la relación entre los objetivos perseguidos y los medios que se requieren para ello.
- El *estudio de costos*, para conocer si es viable la implantación de la medida, tanto desde la relación de costos y beneficios como evaluando el presupuesto de la obra.
- El *realismo* en la posibilidad de implantar, mantener y controlar la medida.

Al formar parte del proyecto, el conjunto de medidas preventivas, correctoras y compensatorias tiene que ser evaluado también desde el punto de vista medioambiental y analizar los impactos que puedan producir, positivos o negativos.

9.3.1.1. Ejemplos de medidas preventivas o protectoras

A continuación y a modo de ejemplo se propone una lista de medidas preventivas que no se pretende que sea exhaustiva.

Canteras:

- Ubicación de la obra teniendo en cuenta los vientos dominantes para evitar partículas sólidas en el aire.
- Control de las emisiones sonoras: a) minimizando la carga de explosivo; b) programando las actividades de forma que no se produzcan niveles sonoros elevados por la acumulación de varias de ellas.
- Diseño cuidadoso de la localización de las canteras estudiando el tránsito de maquinaria pesada y su cuenca visual y auditiva.
- Diseño cuidadoso de la temporalización de las actividades para no interferir en las épocas de nidificación o de cría de determinadas especies. Prohibición de hacer voladuras en determinadas épocas.

Carreteras:

- Diseño de la vía para adaptarla al terreno y no estropear en lo posible el paisaje.
- Utilización de firmes silenciosos.
- Evitar pendientes pronunciadas y elevar o deprimir las vías para disminuir el ruido.
- Diseño del trazado de una vía férrea o de una carretera de forma que no pase a menos de 150 m de los cursos de agua para reducir la afección a los cauces, a la zona inundable y a la fauna.
- Elevar la rasante de una carretera cerca del curso de agua para evitar la afección a la vegetación de ribera.
- Situar el elemento inferior de la carretera 1,5 m por encima de la capa freática para no afectar a la hidrología.

Todas:

- Diseño del trazado de la ubicación de la obra (carretera, vía férrea, cantera...) de forma que no pase a menos de 200 m de una zona urbanizada.
- Diseño del trazado de forma que no fragmente masas boscosas ni áreas protegidas.
- Selección adecuada para cualquier obra de la localización de préstamos y vertederos.
- Catas de sondeo para prospecciones arqueológicas. Diseño del trazado de forma que la obra no destruya y se protejan (señalización, balizas...) los puntos de interés paleontológico o de interés geológico.
- Jalonamiento de yacimientos arqueológicos.
- Impedir el vertido de aceites y grasas de limpieza de los motores, talleres, maquinaria en todo tipo de obras.
- Correcto diseño del drenaje de aguas superficiales y subterráneas, respetando el sistema anterior de aguas de escorrentía e intentando modificar lo mínimo las vertientes existentes.

- Diseño de la descarga de materiales de forma que no se interrumpan cauces.
- Vigilancia en los procesos de movimientos de tierra.
- Mantener en las presas las posibilidades de remonte de los cauces de las especies acuáticas migratorias.
- Diseño cromático de ciertas estructuras.
- Utilización de mano de obra local.
- Señalización, jalonamiento y vallado adecuados de la zona de ocupación de la obra, de los caminos de acceso y de las áreas destinadas a instalaciones auxiliares como medida de protección del suelo y la vegetación.
- Prohibición de mover maquinaria en determinada época o por determinados lugares con el jalonado adecuado.
- Diseño correcto de la altura de terraplenes y desmontes.
- Protección del arbolado.
- Diseño de pantallas visuales.
- Diseño adecuado de la ubicación de la obra para evitar las zonas de mayor valor ecológico, los dominios vitales de alimentación y cría y las zonas de desplazamiento para proteger a la fauna.
- Diseño de pasos y vallados.
- Protección contra incendios naturales o provocados.
- Protección de las zonas húmedas.
- Programa de eliminación de residuos.
- Programa para proteger las especies amenazadas o en peligro.
- Programa de protección de hábitats singulares.
- Refugios de aves y desarrollo de rutas aéreas.

9.3.1.2. *Ejemplos de medidas correctoras*

A continuación y a modo de ejemplo se propone una lista de medidas correctoras que no se pretende que sea exhaustiva:

Atmósfera:

- Creación de setos y bardisas que impidan corrientes de aire que modifiquen el clima local (por ejemplo, en las canteras).
- Riegos continuados durante la obra para disminuir el polvo y partículas sólidas en suspensión en el aire. Control de emisiones de polvo y partículas.
- Limitación de la velocidad para disminuir el ruido y la contaminación atmosférica de una vía.
- Construcción de barreras acústicas.

Agua:

- Construcción de balsas de decantación, de sistemas de infiltración, arquetas, filtros, rejillas, tamices y desarenadores para eliminar los sedimentos del agua de escorrentía antes de que lleguen a la red fluvial.

- Construcción de barreras de contención que permitan cercar derrames de contaminantes.
- Depuración y reutilización de las aguas residuales.
- Construcción de humedales y lagunas artificiales que permitan el decantado de las aguas para no contaminar los cauces.

Flora:

- Medidas para evitar la erosión y los riesgos de deslizamiento: plantaciones, redes metálicas...
- Recubrir de vegetación los taludes, las riberas y las zonas denudadas.
- Retirada, acopio, conservación y recuperación de la tierra vegetal para su utilización en labores de revegetación.
- Plantación de vegetación en los bordes de la obra que creen un efecto barrera (acústica, paisajística...).
- Transplante del arbolado singular.
- Mantenimiento de las revegetaciones.
- Programa de reforestación.

Fauna:

- Construir pasos para la fauna para disminuir el efecto barrera.
- Adecuar los drenajes para el paso de la fauna para que no se conviertan en trampas.
- Protección de la fauna a los atropellos mediante vallas o cercas o mediante la limitación de la velocidad.
- Diseño de rutas aéreas que no interfieran con los refugios de las aves.

Otros factores:

- Reposición de servidumbres de paso.
- Reposición de servicios.
- Relocalización de elementos singulares.
- Construcción de pasos superiores e inferiores para evitar el efecto barrera de una infraestructura lineal en la actividad humana.
- Evitar la compactación de suelos.
- Orientación adecuada de los puntos de luz para disminuir la contaminación lumínica.
- Integración y restauración paisajística de las zonas de préstamos y vertederos.
- Envasado del aceite producido por el cambio en maquinarias y su tratamiento como residuo.
- Lavado de ruedas de los camiones y maquinaria que salga de la obra.

En esta lista de posibles medidas puede observarse la estrecha relación que existe entre las medidas preventivas y las correctoras. Muchas de las medidas correctoras, si están ya en el proyecto y adecuadamente gestionadas, pueden realizarse sin coste o con un coste pequeño, pasando entonces a considerarse medidas preventivas.

9.3.1.3. *Ejemplos de medidas compensatorias*

A continuación y a modo de ejemplo se propone una lista de medidas compensatorias que no se pretende que sea exhaustiva:

- Ayudas para el aislamiento acústico e insonorización de edificios.
- Asfaltado de viales cercanos a la obra.
- Ayudas a municipios locales.
- Construcción (o mantenimiento) de un centro cultural.
- Estudios sobre la nutria o de otras especies en el área afectada.
- Construcción de un centro de interpretación de la naturaleza.
- Habilitación y mantenimiento de un parque de ocio.
- Ayuda a la reproducción del lince en cautividad.
- Plantar en otro lugar los árboles singulares que se han debido suprimir del lugar de la obra.

9.3.2. **Según los elementos ambientales**

Calidad del aire

En el diseño del proyecto y como medida preventiva se puede utilizar vehículos poco contaminantes e intentar evitar las pendientes que exijan cambios de marcha a los vehículos pesados. Los vehículos y el transporte en general son fuentes de contaminación atmosférica. Los fabricantes estudian nuevas tecnologías y nuevos combustibles que los hagan menos contaminantes, (el uso de catalizadores va dirigido en ese sentido). Una medida para disminuir la contaminación puede ser controlar la velocidad (a velocidades bajas, menores de 40 km/h, y a velocidades altas, mayores de 80 km/h, se contamina más).

Durante la ejecución de la obra, se disminuyen las emisiones de polvo y partículas regando el suelo y tapando los materiales almacenados o en el transporte de camiones. La adición de agua es el método más utilizado, pero sólo proporciona un control temporal del polvo de un 50%. También es posible utilizar cortavientos y el aislamiento de las fuentes. En el almacenamiento de residuos a cielo abierto, si es posible, se cubren para evitar el polvo.

Si se utilizan productos químicos como pesticidas, se debe planificar la pulverización para que coincida con los periodos de baja velocidad del viento, y usar boquillas de pulverización de baja presión que minimizan la generación de partículas finas.

Para emisiones de fuentes concretas se pueden usar filtros, lavadores, precipitadores electrostáticos, absorción sobre carbón, condensadores...

Atenuación del ruido

Pueden generarse ruidos en la fase de construcción por el movimiento de la maquinaria, excavaciones y voladuras, movimientos de tierra y, dependiendo de la obra, en la fase de operación. Para disminuir el ruido se puede modificar la ubicación de la fuente emisora, la vía

desde la fuente al receptor o el receptor del ruido. Por ello, una medida preventiva es intentar proyectar de forma que este ruido no afecte a las zonas habitadas o a la fauna de interés, estudiando una previsión de los niveles sonoros para alejar las fuentes de ruido de las zonas sensibles.

Cuando esto no sea posible se utilizarán pavimentos y maquinaria silenciosos y se procurará atenuar la recepción modificando el ángulo (elevando o deprimiendo la zona emisora) y haciendo barreras contra el ruido (pantallas acústicas, muros, pantallas vegetales, diques de tierra o dispositivos especiales).

Se deben planificar las actividades en los momentos más oportunos, bien por las condiciones meteorológicas adversas o propicias; en los lugares adecuados, cerca de barreras naturales. Por último, se puede estudiar el aislamiento acústico de los edificios. En todos los casos se debe estudiar la eficacia de la protección y los costes de instalación y mantenimiento.

Geología y geomorfología

Para que la obra no afecte a yacimientos con puntos de interés geológicos la solución es modificar la ubicación seleccionando la de menor impacto, así como la correcta selección de zonas de préstamos y de vertederos. En la fase de ejecución se deben proteger las zonas sensibles mediante el jalonado adecuado y la prevención durante los movimientos de tierra y de maquinaria. Estudiar las zonas más susceptibles de erosión (dolinas, simas...) que se deben evitar durante el proyecto.

Como medida preventiva se puede disminuir la pendiente de los taludes y su longitud y proyectar con cuidado los drenajes.

Medidas correctoras para evitar desprendimientos y erosión son la estabilización de taludes, la construcción de muros, el uso de anclajes, la proyección de hormigón, tendido de mallas de protección, así como el aporte de tierra vegetal y la revegetación de los taludes.

Impactos sobre la hidrología

En las obras se ven afectados los cauces de agua, bien porque se modifiquen los cursos de agua, se afecte la llanura de inundación, se elimine la vegetación de ribera o porque se viertan materiales, (arrastre de materiales durante la obra o por escorrentías de aguas de lluvia o por erosión de los taludes; o por otros vertidos durante la obra como aceites, aguas residuales, mercancías peligrosas...). En ocasiones estos efectos no se perciben de inmediato.

Medidas preventivas son disminuir el uso del agua y la generación de aguas residuales promoviendo la retención del agua, y la depuración y conservación del agua residual, el correcto diseño del drenaje de aguas superficiales y subterráneas, el diseño del trazado óptimo intentando modificar lo mínimo las vertientes existentes, procurando que la cantidad de agua que llegue a cada cauce sea similar a antes de la actividad, alterando las escorrentías lo mínimo posible y diseñando la descarga de materiales de forma que no se interrumpan cauces.

También se estudian las afecciones a las aguas subterráneas. Si se conoce su existencia en ciertas zonas, no se debe depositar en ella maquinaria, ni hacer vertidos, ni acumular materiales y diseñar las excavaciones para que no se vean afectadas.

Si, a pesar de todo hay que desviar un cauce, se debe intentar que sea de poca longitud, que no afecte a zonas de desove y diseñarse con aspecto natural, para propiciar la recolonización de la flora y la fauna. Se temporalizan los trabajos para no alterar la reproducción de los peces, y no realizarlos en las épocas más lluviosas.

La localización de canteras debe hacerse de forma que no afecte a los cauces de agua, ni directa ni indirectamente, por erosión o escorrentía.

Las medidas preventivas pueden evitar la desaparición de la vegetación de ribera, y si esto ocurre, revegetar (medidas correctoras).

Otras medidas son estudiar planes para minimizar la erosión, de recogida de residuos, depuración de aguas residuales, correcto envasado del aceite producido por el cambio en maquinarias y su tratamiento como residuo, lavado de ruedas de los camiones y maquinaria que salga de la obra, construcción de balsas de retención para recoger el agua de la primera lluvia que es la más contaminada, construcción de superficies, zanjas, pozos de infiltración, fabricación de arquetas, filtros, rejillas, tamicos y desarenadores. Las aguas que procedan de movimientos de tierra y las residuales se someten a decantación de sólidos y se hace un seguimiento analítico para verificar si pueden ser vertidas a los cauces o requieren nuevas medidas de reciclado.

Se prohíbe el vertido de contaminantes (cementos, aceites...) que puedan llegar a las aguas y se establecen las normas para su utilización. Una fuente de contaminación de aguas puede ser el tratamiento con insecticidas, plaguicidas... para lo que debe hacerse un estudio y gestión de medios biológicos, químicos, físicos y mecánicos que disminuyan su uso para que no se contaminen con ellos.

Se pueden utilizar programas de gestión de fuentes de contaminación difusa de aguas: agrarias, urbanas, usos recreativos, sistemas de revegetación... Un sistema para controlar la contaminación difusa puede ser construir un humedal con una balsa de sedimentos, un filtro de hierba o de arena y una laguna profunda. Este sistema requiere muy poco mantenimiento.

Un problema aparte es considerar el gran número de medidas encaminadas a controlar la calidad del agua en presas y embalses, como la inyección de oxígeno o aireación del agua.

En las actividades que así lo requieran, utilizar sistemas de recogida del lixiviado, revestimientos y sistemas de detección de fugas de residuos tóxicos, o evitar la generación de lixivios inmovilizando los constituyentes o solidificando residuos.

Impactos en el suelo, la erosión y el paisaje

Se pretenden minimizar los cambios en el uso del suelo por la ocupación de la actividad, la erosión del suelo y la alteración del paisaje, teniendo en cuenta los suelos de alto valor productivo, las zonas especialmente sensibles o de alto valor de conservación como los bosques, la vegetación de ribera o los cultivos de regadío. Todo esto se debe tener en cuenta en el diseño.

Entre las medidas preventivas que usualmente se plantean están la minimización del tiempo de exposición del suelo en la fase de construcción, la adecuada señalización, jalonamiento y vallado de la zona de obra para restringir el movimiento de maquinaria o de tierras disminuyendo la superficie de suelo alterado. Otra medida preventiva es la protección del arbolado singular para que no resulte dañado con la obra.

Algunas de las medidas correctoras utilizadas son la retirada, acopio y conservación (cubrimiento para no producir partículas en suspensión), de la tierra vegetal para que luego sea utilizada en las labores de revegetación: siembra o plantación; plantado de vegetación de rápido crecimiento; utilizar depósitos para la retención de sedimentos; acondicionar dentro del paisaje la obra; medidas de conservación a largo plazo de las plantaciones, de las cunetas..., mediante la limpieza de las basuras, siegas, podas, riegos...

Para corregir impactos estéticos negativos se puede elegir pinturas, pautas de decoración, seleccionar adecuadamente los materiales de construcción, los elementos arquitectónicos, teñir el hormigón, reutilizar materiales de instalaciones anteriores que integren la obra en el paisaje, proporcionar apantallamiento, barreras visuales que la oculten o establecer cinturones verdes alrededor del proyecto.

Las canteras deben tener planes de restauración aprobados.

Los vertederos se diseñan en las zonas de actividades extractivas abandonadas o en las zonas de menor interés ecológico y paisajístico.

Impactos sobre la vegetación y la flora

Es claro que cualquier actividad ocupa un suelo que usualmente estaba ocupado por la vegetación. Ésta puede contener especies especialmente interesantes que sea preciso conservar, como árboles singulares, zonas boscosas, dehesas o cultivos que deban protegerse. Una forma de conservar zonas de interés es alejar la obra de ellas con el diseño adecuado de su localización. Diseñar con cuidado la localización de las instalaciones auxiliares de la obra (en lugar de que se coloquen donde caigan) permite situar éstas en los suelos de menor valor y evitar acercarse a zonas de arbolado o de vegetación de ribera que sea sensible.

La señalización (balizado, jalonado) de la obra para que no ocupe más que el espacio debido, tanto ella como los caminos de acceso y las zonas que deban utilizarse con maquinaria, permite reducir el impacto que se produce sobre la vegetación.

Recoger, almacenar adecuadamente y conservar la capa vegetal del suelo que vaya a ser afectado por la obra, para luego utilizarla como tierra vegetal en la revegetación, ayuda a que las semillas y nutrientes no se pierdan y la vegetación autóctona pueda volver a instalarse. Cualquier revegetación necesita de un plan de mantenimiento: riegos durante los primeros años, reposición de plantas, limpieza y siega para controlar incendios, etc.

Impactos sobre la fauna

El impacto sobre la fauna se produce tanto en la fase de construcción como en la de funcionamiento, en forma de molestias que conlleven el abandono de las zonas de reproducción (apareamiento o anidamiento), no respetando los recursos de agua, refugio o de alimentación, la alteración de los drenajes sobre peces y anfibios o por otras alteraciones del hábitat, la cercanía de la presencia humana, el efecto barrera ocasionado por carreteras, vías de ferrocarril o por otras estructuras lineales que impiden el paso natural de los individuos perjudicando la capacidad de reproducción de las especies. La mejor medida preventiva está en

diseñar una localización acertada evitando las zonas de mayor valor ecológico, los dominios vitales de alimentación y cría y las zonas de desplazamiento.

Para evitar o disminuir los impactos sobre la fauna se utilizan los vallados de cierre y los pasos de fauna. El vallado de cierre tiene como objetivo impedir atropellos, tanto de fauna salvaje como de ganado doméstico, y también alejará a la fauna del contacto directo, por ejemplo, con sustancias tóxicas de los estanques de sedimentación.

El conocimiento de los corredores de fauna permite diseñar y construir pasos para mamíferos y otros vertebrados (de pequeño, mediano o gran tamaño), para aminorar el impacto.

La prohibición de hacer voladuras en épocas concretas (por ejemplo, de febrero a agosto en el hemisferio norte), de mover maquinaria por delimitados lugares o en una época prefijada, de desbrozar determinada zona son otras medidas preventivas posibles en zonas importantes para, por ejemplo, la nidificación de aves rapaces.

Para proteger a animales pequeños que puedan caer en arquetas, sifones o drenajes se deben diseñar éstos con rampas de escape de cemento rugoso para evitar que queden atrapados.

En ocasiones se crean espacios nuevos que se convierten en hábitats de fauna singular, como las medianas de las carreteras, o con la instalación de charcas para la reproducción de anfibios, que por tanto deben acondicionarse adecuadamente. Otra medida puede ser el control de vertederos.

Al construir presas hay que dotar a éstas de saltos para peces, para que aquéllos que requieran remontar el río para cerrar su ciclo vital puedan hacerlo.

Impactos sobre el medio cultural: Patrimonio histórico, arqueológico o artístico

Para que la obra no afecte a yacimientos paleontológicos la única solución es modificar la localización seleccionando la de menor impacto y la correcta selección de zonas de préstamos y de vertederos. En el proyecto se debe comprobar que no quedan afectados bienes del patrimonio artístico, elegir la alternativa con menor probabilidad de que pueda provocar efectos negativos en los recursos culturales potenciales y que si aún quedaran afectados, diseñar la manera para minimizar o evitar los daños.

Si se considera que pueden existir yacimientos arqueológicos se exige la realización de prospecciones para definir luego el adecuado programa de protección. Las exploraciones y catas de sondeo permiten una determinación del número y dimensión de los recursos existentes, su importancia científica y definir el mejor trazado para su no afección. Con estos reconocimientos se intenta prevenir la destrucción del patrimonio arqueológico aún sin descubrir.

Si la obra es cercana a una zona de exclusión se procede al vallado del entorno para que éste no quede afectado.

La inspección y vigilancia por el equipo arqueológico en las fases de excavaciones o de movimiento de tierra puede indicar que han aparecido nuevos lugares dignos de conservarse o de especial precaución que, dependiendo de la naturaleza del bien y de los efectos de la obra sobre él, se deben evitar o reducir los daños.

Medidas correctoras típicas son: a) limitar la zona de actuación, b) rediseñar o replanificar la actividad modificando su localización de forma que se eviten los bienes históricos,

c) operaciones de conservación, reparación, rehabilitación, restauración y mantenimiento de los bienes afectados *in situ* sin efectos negativos por la construcción del proyecto, d) recuperación de información sobre material cultural (por ejemplo, con el traslado del bien).

Impactos sobre el medio socioeconómico

La construcción puede generar impactos positivos por la demanda de mano de obra, pero también puede tener un efecto negativo si se abandonan las actividades tradicionales.

Debe definirse en el proyecto la forma en que las carreteras, caminos rurales, vías pecuarias, acequias y otros servicios existentes, que vayan a quedar afectados por la localización de la obra, (tanto en la fase de obra como en la de explotación), queden reestablecidos.

Las infraestructuras lineales pueden tener también un efecto barrera y de disminución de la accesibilidad. Para cuidar esto se construyen pasos superiores e inferiores.

En ocasiones se debe estudiar si la actividad puede tener efectos negativos para la salud (centrales nucleares, ciertas plantas químicas, minería metálica...) con lo que, en este caso, las medidas correctoras estarían encaminadas a:

- a) Prevenir o vigilar la entrada de contaminantes, o el acceso de las personas a la zona afectada y estableciendo medidas de emergencia para los trabajadores y las personas en general (por ejemplo, el Plan de Evacuación en caso de accidente).
- b) Establecer programas de educación sanitaria y el desarrollo de medidas de asistencia con el conocimiento de los síntomas.
- c) Clasificar los efectos negativos en cancerígenos, hereditarios, teratogénicos, sobre órganos o tejidos o infecciosos.
- d) Estimar el número de personas potencialmente afectadas.
- e) Asignar valores y pesos.
- f) Evaluar las medidas correctoras.

Lo peor de estos impactos es que no son fáciles de detectar y de establecer relaciones de causa-efecto, por ello son importantes tenerlos en cuenta en los programas de vigilancia ambiental de forma que se pueda dar un rápido aviso de efectos adversos.

9.3.3. Según el entorno sobre el que actúan

Las medidas se pueden introducir únicamente en la zona puntual en la que se desarrolla la actividad, como la revegetación de un talud, o en un entorno amplio pero dentro del área de la actividad, como el acondicionamiento con plantaciones en toda la mediana de una carretera, o que afecte a zonas fuera de la actividad, como por ejemplo, la construcción de barreras vegetales que sirvan de barrera paisajística y no permitan ver una cantera desde determinados puntos sensibles. En el caso en que deba actuarse sobre áreas externas de la actividad, esto debería estar previsto en el proyecto de ejecución.

Pueden ser *generales*, si se refieren a todo el entorno o a todas las acciones del proyecto, o *particulares* si sólo se refieren a un lugar concreto.

9.3.4. Según el número de factores afectados

Según el número de factores alterados se clasifican en monovalentes y en polivalentes. Son *monovalentes* si disminuyen el efecto sobre un único factor en el que pueden incidir varias acciones, por ejemplo, insonorizar la maquinaria ya que afecta a un único factor, la cantidad de ruido. Son *polivalentes* si disminuyen los efectos sobre más de un factor, como por ejemplo, la revegetación de un talud que está relacionada con cantidad de vegetación, la erosión, la pérdida de paisaje, el ruido, la abundancia de fauna, la calidad del agua... Se denominan *sinérgicas* si la acción combinada de varias medidas es superior a la suma de cada una de ellas.

9.3.5. Según el momento en que se deciden

Las medidas minimizadoras de impactos ambientales se pueden decidir en diferentes momentos, como por ejemplo, en los estudios previos, en la redacción del anteproyecto o en la del proyecto. Ya se ha comentado que conviene introducirlas cuanto antes pues resultan más eficaces. Las medidas preventivas y correctoras que se han comentado están dirigidas a:

- mejorar el diseño, durante la construcción o instalación,
- mejorar el funcionamiento de la actividad,
- mejorar la capacidad de acogida del medio,
- recuperan impactos que son inevitables, durante la explotación o funcionamiento
- y por último en la fase de abandono o desmantelamiento, en la que también se deben prever las medidas adecuadas y planificar dicha fase en el proyecto.

En ocasiones se conoce la existencia de un impacto en una fase posterior al proyecto, bien al realizar el estudio de impacto ambiental, bien por algo que no se haya tenido en cuenta, como que fuera imprevisible o poco probable. Entonces se deben realizar anexos incorporando nuevas medidas correctoras.

Las medidas para el control y la vigilancia ambiental se proyectan para las fases de funcionamiento y de abandono en el programa de vigilancia ambiental.

Por último, cuando no quedan otras opciones, es preciso considerar las medidas compensatorias.

9.3.6. Según la importancia del impacto ambiental

Las medidas se denominan *posibles* si modifican impactos recuperables e *imposibles* si se trata de impactos irrecuperables ambientalmente inadmisibles o si son inviables. Son *obligatorias* si corrigen impactos recuperables ambientalmente inadmisibles que es preciso corregir hasta que alcancen valores legalmente admisibles, y son *convenientes* si enmiendan impactos recuperables ambientalmente admisibles o disminuyen efectos compatibles o moderados que pueden ser corregidos.

9.4. LA FICHA DE LAS MEDIDAS DE MINIMIZACIÓN DE IMPACTOS AMBIENTALES

En el informe que se ocupa de las medidas para minimizar impactos ambientales: preventivas, correctoras o compensatorias, se deben especificar los siguientes aspectos, que se describen con todo detalle. Además, es conveniente reflejar estas especificaciones de manera resumida en una ficha, de forma que se contemplen todas juntas:

- Impacto o efecto que se pretende prevenir o corregir.
- Factor o elemento ambiental sobre el que actúa.
- Acción que se intenta paliar.
- Descripción detallada y especificaciones de la medida.
- Objetivo que pretende cubrir.
- Estudio de otras opciones posibles, con la tecnología actual, y razones para la elección de la medida propuesta.
- Momento adecuado para su introducción.
- Análisis de su prioridad o de su urgencia.
- Documento en el que se incluye.
- Lugar de ubicación.
- Proyecto y viabilidad de ejecución.
- Precauciones o directrices a tener en cuenta durante su ejecución.
- Precauciones o directrices a tener en cuenta para su mantenimiento.
- Coste de ejecución y coste de mantenimiento.
- Estudio de la eficacia esperada con nueva evaluación de impactos y nuevo valor de importancia y magnitud de los impactos minimizados.
- Estudio de la eficiencia esperada.
- Cálculo del impacto residual.
- Análisis de otros impactos inherentes a la medida.
- Estudio de su conservación y necesidades de mantenimiento.
- Personas o equipos responsables de su gestión.
- Índices o indicadores que se deben medir para su control.

9.4.1. Ejemplo de ficha para disminuir el ruido producido por el movimiento de la maquinaria

- Impacto o efecto que se pretende prevenir o corregir: Control de las emisiones sonoras por el incremento del ruido por los movimientos de maquinaria.
- Factor ambiental sobre el que actúa: Ruido.
- Acción que se intenta paliar: Movimientos de maquinaria.
- Descripción detallada y especificaciones de la medida: Comprobar, antes del inicio de la obra, que la maquinaria que se va a usar ha pasado las inspecciones técnicas pertinentes. Adecuar la velocidad para disminuir el ruido. Uso de maquinaria menos rui-

dosa. Creación de pantallas de tierra para que el ruido no llegue a las zonas más sensibles. Localizar las zonas de ruido alejándolas de las habitadas por personas o fauna de forma que no deban soportar en ningún caso más de 65 dB (A). Engrase y cuidado de la maquinaria para reducir su nivel sonoro.

- Objetivo que pretende cubrir: Minimizar las molestias producidas por el ruido a personas y fauna.
- Estudio de otras opciones posibles con la tecnología actual, y razones para la elección de la medida propuesta: Estudio de maquinaria similar con atención al ruido que producen.
- Momento adecuado para su introducción. Análisis de su prioridad o de su urgencia: Desde el inicio de la obra.
- Documento en el que se incluye: En el proyecto de construcción, en especificaciones durante la construcción.
- Lugar de ubicación: Zonas de movimiento o localización de maquinaria.
- Proyecto y viabilidad de ejecución: Supone una correcta gestión de la obra, y requiere una información adecuada a los conductores y operarios.
- Precauciones o directrices a tener en cuenta durante su ejecución: Diseño, gestión, información. Si en algún momento el ruido sobrepasa los 65 dB se debe parar parte de la maquinaria.
- Precauciones o directrices a tener en cuenta para su mantenimiento: Se necesita un sonómetro y encargar a una persona que mida el ruido regularmente, especialmente en los puntos sensibles, y avise si se sobrepasan los 60 dB.
- Coste de ejecución y coste de mantenimiento: Ninguno. Basta con mayor control y mejor gestión.
- Estudio de la eficacia esperada con nueva evaluación de impactos y nuevo valor de importancia y magnitud: Media (es imposible eliminar los ruidos).
- Estudio de la eficiencia esperada: Alta (al no tener costes adicionales).
- Cálculo del impacto residual: véase Apartado 9.5 y Capítulo 10.
- Análisis de otros impactos inherentes a la medida: Ninguno.
- Estudio de su conservación y necesidades de mantenimiento: Se mantiene con la correcta información a los conductores y enseñar a la persona encargada.
- Personas o equipos responsables de su gestión: Promotor.
- Índices o indicadores que se deben medir para su control: Utilización de sonómetros para medir los niveles de ruido en las zonas próximas a la localización de personas y fauna en los momentos de mayor ruido, y en las distintas máquinas para determinar si producen más del adecuado.

9.5. VALORACIÓN DEL IMPACTO GLOBAL

Para paliar los efectos negativos del proyecto se establecen las medidas preventivas y correctoras, con lo que es preciso realizar una nueva valoración de impactos.

Respecto a la *importancia* de la medida habrá que tener en cuenta que:

- al introducir la medida el efecto de ésta será beneficioso y por tanto de *signo* positivo,
- la *intensidad* del efecto ahora no indicará el grado de destrucción del factor, sino el grado de corrección o de atenuación del mismo,
- la *recuperabilidad*, ahora se refiere a la posibilidad de que la acción humana anule los efectos beneficiosos de la medida y que se retorne a las condiciones existentes antes de su introducción.

Por tanto, la importancia de cada impacto queda modificada en las características de *intensidad* y *recuperabilidad*, por lo que el valor obtenido es diferente. Su signo seguirá siendo negativo, (o positivo si con la medida se mejora la calidad del elemento ambiental original), aunque menor en valor absoluto al disminuir la intensidad y tener en cuenta si el elemento ambiental se recupera total o parcialmente.

Para calcular la nueva *magnitud* de cada impacto es preciso evaluarla teniendo en cuenta las medidas correctoras incorporadas, por tanto, ahora se tiene la magnitud de cada impacto si no se realiza el proyecto (Mag_{SIN}), la magnitud que ya estaba calculada de cada alternativa con la realización del proyecto pero sin medidas correctoras ($Mag_{CON\ Alti}$) y ahora la magnitud de cada alternativa al realizar el proyecto e introducir las medidas correctoras ($Mag_{MC\ Alti}$). Se tiene pues la magnitud en unidades heterogéneas antes y después de las medidas correctoras, y antes y después de realizar el proyecto. La magnitud en unidades homogéneas con medidas correctoras se calcula:

$$M_{MC\ Alti} = f(Mag_{MC\ Alti}) - f(Mag_{SIN}),$$

donde $f(Mag_{SIN})$ es la magnitud del impacto ya calculada previamente en unidades homogéneas suponiendo que no se realiza la obra, y $f(Mag_{MC\ Alti})$ es el resultado de aplicar la función de transformación a la nueva magnitud obtenida si se aplican las medidas de minimización de impactos ambientales.

También es posible valorar la magnitud positiva de la medida correctora:

$$M_{medida} = |f(Mag_{MC}) - f(Mag_{CON})|.$$

El valor total del impacto sobre cada factor como consecuencia de la introducción de las medidas correctoras se calcula, de nuevo, multiplicando en peso del factor por la nueva importancia calculada y la nueva magnitud calculada (véase Capítulo 10).

Se calcula el *impacto final* de una alternativa como el impacto que se ejerce en el medio por dicha alternativa, teniendo en cuenta los efectos beneficiosos de las medidas proyectadas, para lo que se sumarán los impactos sobre cada factor en los se habrán tenido en cuenta los nuevos valores de la importancia y la magnitud obtenidos considerando las medidas de minimización de impactos. La matriz de los cálculos permite obtener también el impacto sobre cada componente ambiental, sistema, elemento o factor.

Nota: En el CD, en «Prácticas»: «Medidas correctoras» se presenta, de forma simplificada, un ejemplo de matriz para el cálculo global de impactos con las medidas de minimización, y en «Prácticas»: «IMPACTO TOTAL» la forma de tenerlo en cuenta.

9.6. EJEMPLOS

9.6.1. Contaminación de ríos

En el Capítulo 8, Apartado 8.3.3., Tabla 8.4, se vio un ejemplo en el que, sin proyecto, había 2 corrientes de agua o ríos contaminados, y con proyecto, 7, siendo el número máximo de corrientes en el entorno del proyecto de 10. Contaminar 7 de las 10 corrientes de agua es un impacto importante y se toman, para evitarlo, las siguientes medidas minimizadoras:

Preventivas: Se diseñan planes para evitar la erosión cuidando las zonas donde se ubica la maquinaria de obra y actuaciones como el lavado de las ruedas de los camiones y de la maquinaria que salga de la obra, y se diseñan planes para no producir residuos, vigilando su correcta recogida, como el envasado de aceites de la maquinaria.

Correctoras: Se construyen balsas de recogida del agua de la lluvia, para que se depositen los materiales de arrastre antes de llegar a las corrientes de agua y se fabrican zanjas, arquetas, filtros... para impedir dicha contaminación. Además, se proyecta revegetar todas las zonas del entorno de la obra que hayan perdido su vegetación natural para impedir la erosión al finalizar la obra.

Con todo ello se disminuyen drásticamente las corrientes de agua afectadas por el proyecto, pasando de 7 a 3 ríos, o corrientes de agua, contaminados, siendo el grado de contaminantes también mucho menor.

Se había calculado la magnitud del impacto utilizando una función de transformación lineal y creciente: $y = f(x) = x/10$, por lo que la magnitud, en unidades homogéneas obtenida era:

$$M = f(Mag_{CON}) - f(Mag_{SIN}) = 7/10 - 2/10 = 0,5.$$

Ahora, al aplicar las medidas preventivas y correctoras, la nueva magnitud obtenida es:

$$M_{MC} = f(Mag_{MC}) - f(Mag_{SIN}) = 3/10 - 2/10 = 0,1.$$

9.6.2. Pérdida de vegetación

En el Capítulo 8, en el Ejemplo 2 del Apartado 8.2.3, se estudia una pérdida de vegetación diferente según las distintas alternativas, siendo importante las de la alternativa 2 (pinar de repoblación) y 3 (bosque de alcornoque y especies de ribera), con valores de importancia, ya normalizada, y la magnitud en unidades homogéneas, utilizando la función de transformación:

$$y = (-x^2 + 2xMáx + Mín^2 - 2MáxMín) / (Máx - Mín)^2,$$

respectivamente de:

$$I_{Alt2} = -0,63; I_{Alt3} = -0,74; M_{Alt2} = 0,137; M_{Alt3} = 0,445.$$

En la alternativa 2 la vía que se proyecta construir no afecta a la zona con masas forestales mixtas, mientras que en la alternativa 3 se afecta a una zona de alcornoces y especies de

ribera, como olmos y fresnos. Por tanto, se proyecta cuidadosamente en las medidas preventivas, tanto para la alternativa 2 como para la alternativa 3, cuáles van a ser las zonas ocupadas por la maquinaria y el paso de camiones, de forma que queden lo más alejadas posible de estas zonas, y se jalona adecuadamente todo el perímetro para impedir, por despiste, el paso. Se proyecta también restaurar la vegetación en las zonas ocupadas durante la obra que no correspondan a la vía en construcción.

De nuevo se debe calcular la importancia y la magnitud para cada alternativa, teniendo ahora en cuenta las medidas adoptadas.

Cálculo de la importancia:

Fórmula: $Im = (A + In + E + P + Rv + Rc)$.

Fórmula normalizada: $I = \pm (|Im| - \text{Mínimo}) / (\text{Máximo} - \text{Mínimo})$.

La acumulación A : 1, extensión E : 2, persistencia P : 3 y reversibilidad Rv : 3 seguirán siendo las mismas, con o sin medidas. Variará la intensidad y la recuperabilidad.

Con la intensidad, In , se mide, bien el grado de corrección o atenuación del factor, bien el nuevo grado de destrucción al aplicar las medidas, según el razonamiento que se decida utilizar. La anterior intensidad era de 8 para ambas alternativas, y con las medidas adoptadas podría considerarse que la alternativa 2 baja a 1 si se consigue no afectar a la zona de masas forestales, mientras que en la alternativa 3, al atravesar la vía por esa zona, como mucho se conseguirá una intensidad de 4.

Respecto a la recuperabilidad, Rc , se debe valorar la posibilidad de que la acción humana anule los efectos beneficiosos de la medida y que se vuelva a las condiciones existentes antes de su introducción, o bien que se haya conseguido recuperar al factor. Ya se había valorado la alternativa 2 como recuperable, 1, y la alternativa 3 como irrecuperable, 3. Al recalcular la nueva importancia se obtiene, para las alternativas 2 y 3 respectivamente: -11 y -16 , y ya normalizadas: $-0,26$ y $-0,53$.

Nota: Los cálculos pueden revisarse en el CD en «Prácticas»: «Prevención de impactos». En el próximo capítulo se utiliza este mismo ejemplo para calcular la medida del impacto total, que puede revisarse en el CD en «Prácticas»: «IMPACTO TOTAL».

9.7. PRÁCTICAS

9.7.1. Autoevaluación

Responde señalando la única respuesta correcta:

1. Respecto de las medidas preventivas puede afirmarse que:
 - a) Se aplican sólo en la fase de abandono.
 - b) Sirven para compensar de los daños que pueda hacer la obra.
 - c) Sirven para prevenir o proteger el entorno respecto de la actividad proyectada.
 - d) Sirven para corregir impactos compatibles.

2. Las medidas correctoras se aplican en aquellos impactos que son:
 - a) Recuperables.
 - b) Irrecuperables.
 - c) Reversibles.
 - d) Compatibles.
3. Son medidas correctoras las siguientes:
 - a) Realizar un estudio sobre la vida y costumbres del lince.
 - b) Construir una balsa de decantación.
 - c) Diseñar la temporalización de la actividad para no molestar a los buitres negros que crían en la zona.
 - d) Construir un jardín.
4. Son posibles medidas compensatorias las siguientes:
 - a) Pagar al grupo ecologista para que no proteste.
 - b) Diseñar correctamente la ubicación de las actividades.
 - c) Pagar a los vecinos afectados como compensación.
 - d) Construir una zona de ocio en terrenos de la obra.

9.7.2. Ejercicios

1. En el estudio de impacto ambiental de una determinada obra se quiere disminuir el ruido. Indica tres medidas preventivas y tres medidas correctoras para este impacto. Indica también una medida compensatoria posible.
2. En el estudio de impacto ambiental de una determinada obra se quiere minimizar el impacto de contaminación de las aguas superficiales producido por la erosión. Indica tres medidas preventivas y tres medidas correctoras para este impacto. Indica también una medida compensatoria posible.
3. En el estudio de impacto ambiental de una determinada obra se quiere minimizar la contaminación del aire. Indica tres medidas preventivas y tres medidas correctoras para este impacto. Indica también una medida compensatoria posible.

9.7.3. Prácticas con computador: prevención de impactos

En el CD adjunto, en «Prácticas»: «Prevención de Impactos» se accede a una hoja de cálculo preparada para recalcular la importancia y la magnitud de un impacto cuando se aplican medidas correctoras.

1. Utiliza la hoja de cálculo para analizar los resultados del Ejemplo 1 y recalcular la magnitud.
2. Analiza los resultados del Ejemplo 2 y recalcula la importancia.
3. Calcula en el supuesto del Ejercicio 1 como variaría el impacto en cada caso.
4. Lo mismo con los Ejercicios 2 y 3.

CAPÍTULO 10

Cálculo del impacto final

Una vez que se conoce de cada impacto, i , su valoración cualitativa o importancia, I_i , y su valoración cuantitativa o magnitud, M_i , es preciso calcular el *impacto total* producido para cada una de las posibles alternativas. También se conoce el impacto residual que quedaría si se aplicasen cada una de las medidas de minimización de impactos: preventivas y correctoras previstas, su importancia, I_{MCi} , y su magnitud, M_{MCi} .

En este capítulo se estudia la forma de calcular el impacto final de cada alternativa teniendo en cuenta las medidas de minimización y la manera de presentar una ficha resumen de cada impacto. Los ejemplos utilizados están obtenidos de evaluaciones de impactos ambientales reales, por lo que adolecen de algunos defectos fácilmente mejorables.

Se analiza también un ejemplo completo, pero simplificado, de la evaluación de impactos en una gravera, para ayudar a una mejor comprensión de todo el proceso. En dicho ejemplo, aunque previamente se han estudiado los impactos de forma más pormenorizada, la tabla de cálculos se ha reducido a unos pocos para hacer posible la comprensión sencilla del proceso y el seguimiento de las operaciones.

También, como un apéndice, cuya lectura no se requiere para la comprensión del resto, se explica cómo esta forma de proceder podría verse inscrita dentro de una teoría general, la Teoría de los Conjuntos Borrosos, que se utiliza para la resolución de problemas de control. Al fin y al cabo, la Evaluación de Impacto Ambiental, es un caso particular de un problema de control.

Finalmente se presentan otros métodos, que se pueden denominar históricos, en los que se basa la metodología propuesta, y que han servido y pueden servir de modelo para mejorar, según cada caso particular, la Evaluación de Impacto Ambiental.

10.1. FICHAS DE IMPACTOS AMBIENTALES

Para cada uno de los impactos es conveniente confeccionar una ficha en la que debe reflejarse la siguiente información:

Descripción

En este apartado debe constar todo lo relativo al impacto:

- La descripción del proyecto de que se trata, así como de las alternativas (en ocasiones se hace una misma ficha para un mismo impacto con cada una de las alternativas).
- La acción o acciones que dan lugar al impacto en cada una de las alternativas.
- El elemento o factor ambiental impactado.
- El peso que se le ha asignado a dicho factor.
- A continuación se debe explicar de forma resumida el impacto.

Tipo de valoración

Se explica el tipo de valoración que se va a realizar: si fuese simple enjuiciamiento (véase Capítulo 8), es necesario desarrollar los motivos que han conducido a no realizar ni la valoración cualitativa ni la cuantitativa, como por ejemplo que el efecto producido es mínimo; si sólo fuese una valoración cualitativa, se explica por qué no se realiza la valoración cuantitativa, comentando por ejemplo, que no se conocen buenos indicadores o que éstos son demasiados sofisticados y caros para un efecto que se supone de pequeña magnitud; y por último si la valoración es cuantitativa cuál va a ser el indicador utilizado para cada impacto.

Valoración cualitativa: Importancia

En este apartado se recoge todo lo necesario para realizar la valoración cualitativa: la fórmula elegida, la fórmula normalizada, y todos los atributos que se van a tener en cuenta en esta valoración, así como el valor que se les asigna a cada uno de ellos: el signo, si es simple, acumulativo o sinérgico (A), la intensidad (In), la extensión (E), la persistencia (Pe), la reversibilidad (Rv), la periodicidad (P), el momento (Mo), la recuperabilidad (Rc). Por último, se aplica la fórmula para hacer el cálculo de la *importancia* (Im), y de la importancia normalizada (I).

Valoración cuantitativa: Magnitud

En la valoración cuantitativa, para cada impacto, se debe señalar cuál es el factor ambiental afectado y el indicador escogido para valorarlo, la función de transformación seleccionada (f) y las razones que se tienen para ello. A continuación se dan los valores a cada una de las variables implicadas para calcular el valor del indicador sin proyecto (Mag_{SIN}) y el valor del indicador con proyecto (Mag_{CON}), la función de transformación y la diferencia entre los valores transformados, con lo que se obtiene la *magnitud*: (M).

Índice del impacto

Para calcular el índice final del impacto sin medidas correctoras para cada alternativa se obtiene un único valor con el peso del factor ambiental afectado, la valoración cualitativa o importancia y la valoración cuantitativa o magnitud. La fórmula más utilizada es:

$$\text{Índice del impacto} = \text{Importancia} \times \text{Magnitud} \times \text{Peso del factor.}$$

Juicio

Una vez realizados todos los cálculos se emite el juicio donde se dice si el impacto es *positivo* o si es *negativo*, y en este caso si es *compatible*, *moderado*, *severo*, *crítico* o *bandera roja*. La legislación indica con claridad qué características tienen cada una de estas categorías. Si el impacto es bandera roja significa que hay que cambiar el proyecto y modificar la acción de manera que ese impacto no se produzca, es decir, que es excluyente.

Prevención de impactos. Medidas protectoras, correctoras y compensatorias. Programa de vigilancia

Se hace una descripción detallada de las medidas que se van a realizar para minimizar el impacto con el que se está trabajando, que pueden ser medidas protectoras, correctoras o compensatorias, así como la parte del programa de vigilancia ambiental que afecte al impacto.

Valoración con medidas correctoras

Al tener en cuenta las medidas de minimización de impactos, se debe recalcular una nueva importancia, una nueva magnitud y por tanto se tendrá un nuevo valor del impacto y un nuevo juicio:

$$\text{Índice del impacto}_{\text{Con Medidas Correctoras}} = \text{Importancia}_{MC} \times \text{Magnitud}_{MC} \times \text{Peso del factor.}$$

A continuación en el Apartado 10.1.1 se propone un posible modelo de ficha.

10.1.1. Ficha de un impacto ambiental

1. Descripción			
Alternativa 1:	Alternativa 2:		
Acción:	Factor:	Peso del factor:	
Descripción del impacto:			
2. Tipo de valoración			
Simple enjuiciamiento	Cualitativa	Cuantitativa	
3. Valoración cualitativa: Importancia			
Fórmula:	Fórmula normalizada:		
Signo:	Efecto:	Acumulación:	Intensidad:
Extensión:	Momento:	Persistencia:	
Reversibilidad:		Recuperabilidad:	Periodicidad:
Cálculo de la importancia: $Im =$		Importancia normalizada:	$I =$
4. Valoración cuantitativa: Magnitud			
Indicador de impacto:		Función de transformación utilizada:	
Valor del indicador sin proyecto: Mag_{SIN}		Valor del indicador con proyecto: Mag_{CON}	
Magnitud en unidades homogéneas:		$M = f(Mag_{CON}) - f(Mag_{SIN}) =$	
5. Índice del impacto			
$\text{Índice} = I \times M \times \text{Peso}.$			
6. Juicio			
Compatible. Moderado. Severo. Crítico. Bandera roja.			
7. Medidas de minimización de impactos			
Descripción detallada de la o las medidas de minimización de impactos.			
8. Valoración con medidas de minimización de impactos			
Nueva importancia, magnitud, índice y juicio.			

10.1.2. Ejemplos

Ejemplo 1: *Alteración del relieve por el movimiento de tierras en una carretera*

1. Descripción

Proyecto: Trazado de la vía ...

Alternativa: ...

Acción: Movimiento de tierras

Factor: Alteración del relieve

Peso del factor: 0,025

Descripción del impacto: *Alteraciones del relieve* actual en el entorno de la vía.

2. Tipo de Valoración

Cuantitativa.

3. Valoración cualitativa: Importancia

$$\text{Fórmula: } Im = \pm (A + In + E + P + Rv + Rc).$$

$$\text{Fórmula normalizada: } I = \pm (0,3 (|Im| - \text{Mínimo}) / (\text{Máximo} - \text{Mínimo})) + 0,7.$$

Signo: negativo (-) Acumulación (A): Acumulativo (3)

Intensidad (In): media (4) Extensión (E): extenso (3) Persistencia (P): permanente (3)

Reversibilidad (Rv): irreversible (3) Recuperabilidad (Rc): irrecuperable (3)

Cálculo de la importancia:

$$Im = \pm (A + In + E + P + Rv + Rc) = - (3 + 4 + 3 + 3 + 3 + 3) = -19.$$

$$I = \pm (0,3 (|Im| - 6) / (25 - 6)) + 0,7 = -0,91.$$

4. Valoración cuantitativa: Magnitud

A partir de datos objetivos sobre las toneladas métricas de movimiento de tierras se aplica una función de transformación lineal y se obtiene un valor de la magnitud $M = 0,75$.

5. Índice del impacto

$$\text{Índice} = I \times M \times \text{Peso} = -0,91 \times 0,75 \times 0,025 = -0,01697.$$

6. Juicio

Impacto negativo y **moderado**.

7. Medidas de minimización de impactos

Descripción detallada

8. Valoración con medidas de minimización de impactos

Nueva importancia, magnitud y juicio.

Ejemplo 2: Alteración de la accesibilidad por la construcción de una carretera**1. Descripción**

Proyecto: Trazado de la vía ... Alternativa: ...

Acción: Funcionamiento de la vía de comunicación Factor: Accesibilidad. Peso del factor: 0,015

Descripción del impacto: *Problemas de accesibilidad* entre márgenes de la vía.

2. Tipo de Valoración

Cuantitativa.

3. Valoración cualitativa: Importancia

$$\text{Fórmula: } Im = \pm (A + In + E + P + Rv + Rc).$$

$$\text{Fórmula normalizada: } I = \pm (0,3 (| Im | - \text{Mínimo}) / (\text{Máximo} - \text{Mínimo})) + 0,7.$$

Signo: negativo (-) Acumulación (A): Simple (1)

Intensidad (In): media (4) Extensión (E): parcial (2) Persistencia (P): permanente (3)

Reversibilidad (Rv): irreversible (3) Recuperabilidad (Rc): recuperable (1)

Cálculo de la importancia:

$$Im = \pm (A + In + E + P + Rv + Rc) = - (1 + 4 + 2 + 3 + 3 + 1) = -14.$$

$$I = \pm (0,3 (| Im | - 6) / (25 - 6)) + 0,7 = -0,83.$$

4. Valoración cuantitativa: Magnitud

Magnitud: baja $M = 0,25$.

5. Índice del impacto

$$\text{Índice} = I \times M \times \text{Peso} = -0,83 \times 0,25 \times 0,015 = -0,00031.$$

6. Juicio

Impacto negativo y **compatible**.

7. Medidas de minimización de impactos

Descripción detallada de la construcción de los pasos que permitan la comunicación

8. Valoración con medidas de minimización de impactos

$$\text{Índice}_{MC} = I_{MC} \times \text{Peso} = -0,26 \times 0,13 \times 0,015 = -0,00051.$$

Nuevo juicio del impacto: Impacto negativo y mínimo.

Ejemplo 3: Incremento del ruido producido durante la construcción de una carretera

1. Descripción

Proyecto: Trazado de la vía ... Alternativa: ...

Acción: Circulación de vehículos Factor: Nivel sonoro Peso del factor: 0,03

Descripción del impacto: La construcción de una nueva vía incrementa los niveles sonoros e incrementa el ruido.

2. Tipo de Valoración

Cuantitativa.

3. Valoración cualitativa: Importancia

Fórmula: $Im = \pm (A + In + E + P + Rv + Rc)$.

Fórmula normalizada: $I = \pm (|Im| - \text{Mínimo}) / (\text{Máximo} - \text{Mínimo})$.

Signo: negativo (-) Acumulación (A), Acumulativo (3) Intensidad (In), alta: 8.

Extensión (E), extensa (3) Persistencia (P): permanente (3)

Reversibilidad (Rv): irreversible (3) Recuperabilidad (Rc): recuperable (3)

Cálculo de la importancia:

$$Im = \pm (A + In + E + P + Rv + Rc) = - (3 + 8 + 3 + 3 + 3 + 1) = -21.$$

$$I = \pm (|Im| - \text{Mínimo}) / (\text{Máximo} - \text{Mínimo}) = -0,79.$$

4. Valoración cuantitativa: Magnitud

Indicador de impacto: decibelios y superficie afectada.

Función de transformación: IV C) El impacto crece rápidamente para valores intermedios.

Valor del indicador sin proyecto: $Mag_{SIN} = 0$. Valor del indicador con proyecto: $Mag_{CON} = 435$.

Función de transformación para ambos valores: $f(Mag_{SIN}) = 0$ $f(Mag_{CON}) = 0,285$.

$$\text{Magnitud: } M = f(Mag_{CON}) - f(Mag_{SIN}) = 0,285.$$

5. Índice del impacto

$$\text{Índice} = I \times M \times \text{Peso} = -0,79 \times 0,285 \times 0,03 = -0,00675.$$

6. Juicio

Negativo y moderado.

7. Medidas de minimización de impactos

Descripción detallada: localización y temporalización de actividades. Pantallas fónicas.

8. Valoración con medidas de minimización de impactos

$$\text{Índice}_{MC} = I_{MC} \times \text{Peso} = -0,526 \times 0,174 \times 0,03 = 0,00275.$$

Nuevo juicio del impacto: Negativo y compatible.

Estos ejemplos están obtenidos de evaluaciones de impacto reales y por lo tanto adolecen de algunos defectos. Sin embargo, son una buena representación de la forma en que los datos pueden ponerse en una ficha de manera que aparezcan de forma resumida y permitan, de una simple ojeada, conocer el estudio que se ha realizado. La ficha, naturalmente, no sustituye a la explicación técnica necesaria para conocer todas las decisiones que se han tomado para las valoraciones cualitativas y cuantitativas.

Nota: En el CD, en «Prácticas»: «Impacto Total» es posible revisar los cálculos efectuados en los tres ejemplos anteriores.

10.2. CÁLCULO DEL IMPACTO FINAL

Una vez que de cada alternativa se han estudiado todos los impactos y de cada uno de ellos, *Impacto i*, se conoce el peso del factor, P_i ; su valoración cualitativa normalizada o importancia normalizada, I_i ; y su magnitud en unidades homogéneas, M_i ; es el momento de calcular el impacto total (del proyecto o de la alternativa). En una primera valoración, se calcula el impacto total sin medidas de minimización de impactos para lo que se hace una tabla resumen con todos los impactos y su valoración (véase Tabla 10.1).

Tabla 10.1. Valoración del impacto total sin medidas correctoras.

Impacto	Peso	Importancia	Magnitud	Valor del impacto	Juicio
Impacto 1	P_1	I_1	M_1	$P_1 \cdot I_1 \cdot M_1$	Moderado
Impacto 2	P_2	I_2	M_2	$P_2 \cdot I_2 \cdot M_2$	Severo
...	...	...	...	...	Compatible
Impacto i	P_i	I_i	M_i	$P_i \cdot I_i \cdot M_i$	
...	...	...	...	...	Crítico
Impacto n	P_n	$I_n M_n$	$P_n \cdot I_n \cdot M_n$		
TOTAL				$\sum_i P_i \cdot I_i \cdot M_i$	N.º Compatibles = N.º Moderados = N.º Severos = N.º Críticos =

A continuación se estudian detenidamente cada una de las medidas de minimización de impactos: preventivas, correctoras y compensatorias. Se vuelve a hacer una nueva valoración de impactos, teniendo en cuenta la modificación que cada uno de ellos habrá tenido gracias a las medidas de minimización de impactos, en los valores de la importancia: intensidad, reversibilidad y de la magnitud. De nuevo se hace un cuadro resumen (véase Tabla 10.2) para cada alternativa, de la nueva valoración de impactos.

Tabla 10.2. Valoración del impacto total con medidas correctoras.

Impacto	Peso	Importancia	Magnitud	Valor del impacto	Juicio
Impacto 1	P_1	I_{MC1}	M_{MC1}	$P_1 \cdot I_{MC1} \cdot M_{MC1}$	Compatible
Impacto 2	P_2	I_{MC2}	M_{MC2}	$P_2 \cdot I_{MC2} \cdot M_{MC2}$	Moderado
...	
Impacto i	P_i	I_{MCi}	M_{MCi}	$P_i \cdot I_{MCi} \cdot M_{MCi}$	
...	
Impacto n	P_n	I_{MCn}	M_{MCn}	$P_n \cdot I_{MCn} \cdot M_{MCn}$	Severo
TOTAL				$\sum_i P_i \cdot I_{MCi} \cdot M_{MCi}$	N.º Compatibles = N.º Moderados = N.º Severos = N.º Críticos =

El juicio de los impactos habrá variado, algunos severos (o todos) se habrán transformado en moderados, y algunos moderados en compatibles. Los impactos críticos habrán supuesto modificar el proyecto de dicha alternativa de forma que dejen de serlo.

10.3. CONJUNTOS BORROSOS E IMPACTO AMBIENTAL

La Teoría de los Conjuntos Difusos o Conjuntos Borrosos (*fuzzy set* en inglés) se aplica con éxito para resolver problemas de control. Fue introducida por primera vez en 1965 por Zadeh que trabajaba con estos problemas y se dio cuenta de que, utilizando ecuaciones diferenciales, en muchas ocasiones no se llegaba a soluciones prácticas, bien por las simplificaciones que había que introducir, bien por los muchos cálculos que era preciso realizar, por lo que precisó utilizar nuevas herramientas.

Un subconjunto clásico se conoce al saber los elementos de un conjunto referencial que pertenecen a él. La idea de Zadeh es proponer un grado de pertenencia. Mientras que en un conjunto clásico un elemento, o pertenece o no pertenece, ahora en la Teoría de los Conjuntos Borrosos, puede pertenecer con un cierto grado. Esta flexibilidad permite tratar con problemas de incertidumbre y con problemas de conocimiento incompleto. Un ejemplo muy utilizado es el subconjunto de «personas altas». Si una persona mide 2 m es alta, y si mide 1 mm menos que una persona alta, sigue siendo alta. Con este razonamiento se llega a que alguien que mida 1,2 m es una persona alta. Este conjunto, el de las personas altas, no tiene una frontera claramente definida. Y lo mismo ocurre con muchos otros conjuntos, el de jóvenes, rubios, guapos, que saben inglés... con todos aquellos cuya medida requiera una cierta subjetividad.

Un conjunto clásico viene dado por su función característica, f , que asigna un 0 a un elemento que no pertenece al conjunto y un 1 al que si pertenece: $f: X \rightarrow \{0, 1\}$. Un conjunto difuso, A , se define con su función de pertenencia, que a cada elemento le asigna un valor comprendido entre 0 y 1: $A: X \rightarrow [0, 1]$.

Se puede observar que las funciones de transformación, que se han estudiado en el Apartado 8.3.3, son precisamente funciones definidas desde un conjunto referencial, X , formado

por el conjunto de las magnitudes en unidades heterogéneas, y con imagen en el intervalo cerrado $[0, 1]$, es decir, pueden ser consideradas como conjuntos borrosos: $M: X \rightarrow [0, 1]$. Al transformar la magnitud de cada impacto de unidades heterogéneas a unidades homogéneas se utiliza un conjunto difuso, lo que permite usar todos los instrumentos de esta teoría.

En la teoría de conjuntos borrosos se utilizan diferentes opciones para definir las operaciones entre conjuntos: unión, intersección, complementario. Para la intersección, para A y B, se usan las normas triangulares o t-normas. Las más importantes son el mínimo, *Mín*, el producto, *Prod*, y la t-norma de Lukasiewicz, *W*.

Cuando se ha calculado la importancia de un impacto, ésta se ha debido de normalizar, con lo que el resultado es un valor comprendido entre 0 y 1 (¡de nuevo!), luego puede verse como otro conjunto difuso: $I: X \rightarrow [0, 1]$.

Para calcular el valor que proporciona «la importancia y la magnitud» del impacto, se ha utilizado el producto de esos valores: $Prod\{I, M\} = I \cdot M$, pero de igual modo, se podría calcular mediante cualquier otra t-norma, como por ejemplo el mínimo: $Min\{I, M\}$, o la t-norma de Lukasiewicz: $W\{I, M\} = Máx\{0, I + M - 1\}$ dependiendo, en cada caso, de las necesidades, y sabiendo que siempre $M \geq Mín \geq Prod \geq W$.

En teoría de conjuntos borrosos para modelizar el «o lógico»: $A \circ B$, se usan las conormas triangulares, de las que las más utilizadas son las duales de las t-normas antes mencionadas:

- El máximo: $Máx\{A, B\}$, que es dual del mínimo.
- La suma probabilística: $P^*\{A, B\} = A + B - AB$, que es dual del producto.
- La dual de la norma triangular de Lukasiewicz: $W^*\{A, B\} = Mín\{1, A + B\}$.

Para modelizar el «no lógico» se usan las funciones de negación. La más sencilla de ellas y la más utilizada es: $N(x) = 1 - x$. Se puede observar que es la que se usa cuando se utilizan funciones de transformación y en lugar de obtener el valor del impacto (que es la metodología propuesta en este libro), se obtiene el valor de calidad ambiental, y posteriormente se debe calcular la *negación* de la calidad para obtener el impacto producido:

$$\text{Magnitud del Impacto} = 1 - \text{Calidad ambiental.}$$

Una vez que se conoce el valor de cada uno de los impactos, éstos se deben agregar para obtener el impacto final. La teoría de conjuntos borrosos también dota de instrumentos para hacer agregaciones. La manera usual de hacerlo en el cálculo de impactos es asignar a cada impacto, i , el peso del elemento o del factor ambiental: P_i , multiplicar estos pesos por los valores de los impactos y sumar todos ellos:

$$\text{Impacto total} = \sum_i P_i \cdot (I_i \cdot M_i).$$

Si el peso de los factores y elementos ambientales se ha asignado de forma que la suma de todos sea 1, entonces el impacto total vuelve a ser un valor comprendido entre 0 y 1, y por lo tanto un conjunto borroso. Si la suma de todos los pesos es 100 o 1 000, la idea sigue siendo exactamente la misma, pues bastaría dividir por 100 o por 1 000 para tener los valores comprendidos entre 0 y 1. En el Capítulo 7 se estudió la asignación de pesos.

Esta forma de agregar es la más usada también en la Teoría de Conjuntos Borrosos, donde imponiendo que la suma de pesos sea 1, el valor máximo que puede obtener el *Impacto Total* es 1, que se corresponde con la máxima certeza y en este caso, con el máximo impacto:

$$\text{Impacto Total} = \sum_i \text{Peso}_i \cdot \text{Valor de cada impacto}_i.$$

Cada día se publican nuevos estudios sobre las funciones de agregación de la Teoría de Conjuntos Borrosos, sus expresiones, propiedades y las ventajas e inconvenientes de cada una de ellas. Por poner un nuevo ejemplo bien conocido, se podría utilizar la media aritmética de los valores parciales (que sería equivalente a suponer que todos los elementos ambientales son igualmente importantes y por tanto tienen igual peso).

10.4. EJEMPLO: IMPACTO AMBIENTAL EN UNA GRAVERA

Para la mejor comprensión de la manera de obtener el valor de cada impacto y del impacto total de un proyecto, se presenta un ejemplo simplificado de todo el proceso de realización de un estudio de impacto ambiental de una gravera. Se va a estudiar el impacto total producido tanto en la fase de construcción como en la de explotación, aunque el número de efectos y de impactos analizados se ha reducido para permitir una mayor profundización de cada uno de ellos.

10.4.1. Descripción de las alternativas del proyecto y sus acciones

Los áridos de origen natural representan un alto porcentaje de la extracción de minerales desde tiempo inmemorial. Se utilizan para preparar hormigones o en los aglomerados asfálticos, siendo uno de los índices de la actividad económica de una región. Se presentan, en general, dos graves problemas: los lugares de donde se extraen suelen estar cerca de ríos y tener gran valor ecológico, con diversidad de flora y fauna, y la proximidad de los núcleos urbanos a los que se quiere abastecer. Las zonas afectadas por estas explotaciones en general han quedado gravemente degradadas, pero ahora, la legislación vigente obliga a que cualquier explotación minera tenga un proyecto racional, con una evaluación de impacto ambiental y un plan de restauración para la fase de abandono.

La prospección e investigación geológica proporciona el conocimiento del depósito de gravas y arenas, base del proyecto de explotación y de restauración. Los yacimientos de mayor interés se encuentran en las proximidades de antiguos cauces o de ríos existentes, en terrazas, valles o deltas. En el proyecto de explotación se modeliza el yacimiento, se diseña el hueco final y se evalúan las reservas recuperables, se planifica la explotación con el diseño del tratamiento y clasificación de los áridos.

Comparando con otros tipos de minería, el tamaño de los huecos excavados es inferior en profundidad y los volúmenes de estériles son menores, pero, en contrapartida, el medio sobre el que se actúa suele ser más frágil. La alteración de un elemento ambiental, aunque sea pequeña, puede suponer una gran distorsión en el ecosistema fluvial o de ribera y también es muy elevado el riesgo de alterar gravemente la calidad del agua.

El estudio del medio natural es un punto de partida básico para diseñar el proyecto de restauración de graveras, en donde se afectan directamente a los ríos o espacios cercanos a

ellos, con lo que se altera el medio fluvial y el ribereño. Entre los elementos y factores implicados existe alta interdependencia, por lo que hay que conocer sus relaciones y su importancia relativa. Si el diseño de restauración no se realiza de forma integral, con un profundo conocimiento del sistema, puede incluso tener efectos negativos.

10.4.2. Legislación que afecta a extracciones de áridos

La legislación que afecta directa o indirectamente a las extracciones de áridos es:

- Real Decreto 2994/1982 de 15 de octubre, sobre Restauración del Espacio Natural Afectado por Actividades Mineras.
- Orden de 20 de noviembre de 1984 en la que se desarrolla el RD de 1982 sobre Restauración del Espacio Natural Afectado por Actividades Extractivas.
- Ley 29/1985 de 2 de agosto, y Reglamento del Dominio Público Hidráulico 849/1986, de 30 de abril, que regula la extracción de áridos en zonas que afecten a cauces públicos determinados por la Ley de Aguas.
- Directiva Comunitaria 85/3777/CEE de 27 de junio que trata sobre la Evaluación de Impacto Ambiental de los Proyecto Públicos y Privados e indica que las actividades mineras deben presentar dicha Evaluación.
- Real Decreto Legislativo 1302/1986 de 28 de junio de Evaluación de Impacto Ambiental.
- Real Decreto 1131/1988, de 30 de septiembre, por el que se aprueba el Reglamento para la ejecución del Real Decreto Legislativo 1302/1986, de 28 de junio, de Evaluación de Impacto Ambiental.
- Ley 6/2001 de Evaluación de Impacto Ambiental.

10.4.3. Inventario ambiental

Los elementos ambientales característicos de las riberas son:

- La existencia de una capa freática superficial permanente aunque con fuertes oscilaciones, donde se desarrolla una vegetación particular de ribera.
- Un microclima especial con menores oscilaciones y más húmedo.
- Una alta producción de biomasa (mientras en la región mediterránea se puede considerar una producción anual de 2,8 t/ha, en un bosque de ribera se produce 12 t/ha).
- Y una alta diversidad biológica en los ecosistemas.

En la regulación del ecosistema fluvial intervienen un gran número de factores, unos son limitantes y por lo tanto regulan la composición del ecosistema y el desarrollo de las poblaciones, mientras que otros son creadores de diversidad debido a su alta variabilidad e infinidad de combinaciones posibles. Muchos de estos factores presentan un gradiente de variación a lo largo del río, siendo distinto en el curso alto o *Crenon*, en el medio o *Rithon* o en el bajo o *Potamon*.

Algunos de estos factores son:

- Estabilidad del lecho y orillas.
- Profundidad.
- Intensidad del caudal.

- Velocidad de la corriente.
- Turbidez.
- Temperatura.
- Concentración de nutrientes (trofia): contenido del agua en fosfatos, nitratos, sólidos en suspensión...
- Concentración de oxígeno disuelto (DBO, DQO).
- Producción primaria y productividad biótica.
- Riqueza y diversidad de especies.
- Tamaño o abundancia de cada una de las poblaciones.

En el inventario ambiental se debe haber realizado un estudio del medio biofísico y socioeconómico adecuado. Se suele hacer un análisis general del medio a nivel de cuenca y otro de la zona concreta donde se localiza el proyecto. El primero es importante debido a que las modificaciones que se provoquen con el proyecto pueden repercutir en el resto del río.

Se delimita la cuenca en la cartografía y se hace una descripción de las características físicas y usos del suelo, un análisis del paisaje, la localización de las zonas sensibles y del proyecto. Los elementos que suelen ser estudiados son: litografía, clima, geomorfología, hidrología superficial y subterránea, vegetación, usos del suelo, utilización directa del río con la demanda actual y previsible, y la localización de los puntos singulares.

En la segunda parte, el inventario de la zona afectada directamente por el proyecto debe tratar los siguientes elementos: las características del valle con los elementos que sean más significativos y probablemente queden afectados como dimensiones del cauce, naturaleza del lecho, puntos singulares, régimen del río, relación con la capa freática, pendiente longitudinal, sinuosidad, calidad del agua, presencia de especies indicadoras de calidad, vegetación acuática, vegetación de ribera, bentos (fondo o lecho del río), fauna acuática y de ribera.

10.4.4. Identificación de impactos ambientales

Para identificar los impactos ambientales en cada una de las alternativas del proyecto, hay que detectar las acciones impactantes, que se obtienen de un estudio detallado del proyecto, y los elementos o factores ambientales impactados, que se obtienen del inventario. La lista de acciones debe ser específica del proyecto concreto que se trate, con su ubicación particular, pero pueden servir de guía otras listas de acciones del mismo tipo de proyecto: autovías, tren de alta velocidad... y en este caso, graveras. Para obtener la lista de elementos y factores ambientales impactados se analiza el inventario. Con acciones impactantes y factores ambientales impactados se construye una matriz de cruce donde aparecen los efectos del proyecto. Algunos de estos efectos serán mínimos y otros notables (impactos).

10.4.4.1. Acciones impactantes

Las acciones que se llevan a cabo en una gravera son:

- En la fase preparatoria, aquellos trabajos para dotar de infraestructura a la explotación: la preparación del terreno y los movimientos de tierra para la construcción de accesos y viales y la construcción de edificaciones y de la planta de tratamiento.

- En la fase de explotación, las operaciones necesarias para obtener el producto: como las excavaciones y el uso de la maquinaria pesada, el transporte del material dentro de las instalaciones y al lugar de su venta, el clasificado y lavado de los áridos y el acopio de material.
- En la fase de abandono se han creado huecos o lagunas (si está por debajo del nivel freático) o el vertido de lodos o materiales no aprovechables. Actualmente la legislación obliga a que exista un plan de restauración en la fase de abandono, antes de empezar la explotación.

10.4.4.2. Matriz de identificación de impactos ambientales

Los impactos más frecuentes se recogen en una matriz, como la de la Tabla 10.3, que relaciona las acciones impactantes con los elementos afectados:

Los impactos son diferentes si afectan al sistema fluvial, a la ribera o en los medios adyacentes. El acondicionamiento del terreno y construcción de accesos tiene como efectos di-

Tabla 10.3. Matriz de cruce de acciones y elementos ambientales para detectar los impactos en una gravera.

Elementos ambientales		Aire			Agua			Suelo		Flora		Fauna			Procesos					
Fases ↓	Acciones ↓	Calidad del aire	Ruido	Frecuencia de nieblas	Calidad del agua del acuífero	Temperatura agua superficial	Turbidez agua superficial	Fertilidad de los márgenes	Conservación del lecho	Calidad de la vegetación ribereña	Calidad de la vegetación acuática	Abundancia fauna ribereña	Abundancia fauna acuática vertebrados	Abundancia fauna acuática invertebrados	Probabilidad de inundaciones	Erosión por inestabilidad de márgenes	Colmatación del lecho del río	Calidad del paisaje	Valores singulares	Usos del suelo
Fase de Instalación	Preparación terreno	X	X	X	X			X		X		X				X		X	X	X
	Accesos	X	X					X		X		X						X	X	X
	Edificaciones	X	X					X		X		X				X	X	X	X	
Fase de explotación	Extracción	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X		X		X	X	X
	Transporte	X	X		X		X	X		X		X		X	X			X	X	X
	Acopio	X					X	X		X		X		X		X		X	X	X
	Tratamiento	X	X		X	X	X		X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
Fase de abandono	Huecos inundados			X	X	X	X		X	X	X	X	X	X	X		X	X	X	X
	Huecos secos							X		X		X			X			X	X	X

rectos más evidentes la eliminación de la cobertura vegetal, la modificación de las características del suelo y de la morfología de la zona. Al utilizar maquinaria se incrementa el nivel de ruidos, se emiten partículas y polvo por lo que disminuye la calidad de la atmósfera y aumenta la compactación del suelo. Como consecuencia de las acciones del proyecto se producen perturbaciones en la flora y en la fauna debido a la pérdida de hábitat, alteraciones en la red de drenaje superficial, erosión y se modifica el paisaje y los usos del suelo de la zona.

10.4.4.3. Impactos ambientales

Un cuadro resumen genérico para graveras de los impactos producidos por las acciones del proyecto, que se modificará para cada proyecto concreto, es el de la Tabla 10.4.

Además de estos efectos directos o indirectos de primer orden pueden existir otros, más difíciles de señalar. A continuación se comentan estos impactos, y de algunos de ellos, su valoración cualitativa y una valoración cuantitativa, suponiendo una alternativa concreta.

Tabla 10.4. Lista de posibles impactos producidos por una gravera.

Impacto sobre la atmósfera	Incremento de ruidos Emisión de polvo y partículas Modificación del microclima
Impacto sobre el agua: superficial, subterránea e hidrología	Alteración permanente de los drenajes superficiales Contaminación de las aguas superficiales, por turbidez por partículas en suspensión Alteración temporal del régimen de caudales Contaminación de acuíferos Aumento de la temperatura del agua
Impactos sobre el suelo	Ocupación del suelo fértil Inducción de efectos edáficos Hundimiento de las orillas
Impactos sobre flora y fauna	Eliminación o modificación de hábitats Modificación de las pautas de comportamiento de la fauna Eliminación o reducción de la cubierta vegetal y fauna Eutrofización de las aguas embalsadas
Impacto sobre los procesos geofísicos	Aumento de la inestabilidad Aumento de la carga de sedimentación aguas abajo Aumento de la erosión
Impactos sobre el paisaje y usos del suelo	Modificación del paisaje Cambios en el uso del suelo

10.4.5. Valoración de impactos ambientales

Para realizar la valoración de impactos ambientales, tanto en la solución propuesta como en sus alternativas, se va a usar la fórmula de valoración cualitativa propuesta en el Capítulo 8 para el tipo de valoración más sencilla (fórmula 1).

Incremento de ruidos: La maquinaria y los vehículos producen ruidos en las fases preparatorias y de explotación, en la construcción de edificios y viales, en la excavación y tratamiento de materiales y en el transporte.

El impacto del ruido (véase en CD en «Prácticas»: «Impacto Total») se puede catalogar de:

- *Acumulativo* ($A = 3$), al ser varias acciones distintas las que lo producen.
- Su extensión es sobre todo el territorio objeto del proyecto, luego es *extensa* ($E = 3$).
- La *intensidad* depende del proyecto, de lo cerca o lejos que esté de zonas urbanizadas y por tanto de la cantidad de decibelios que puedan llegar. De momento se va a calificar de *media* al no tener en cuenta, todavía, las medidas preventivas ($In = 4$).
- La *persistencia* es temporal pues al terminar las fases preparatorias y de explotación se termina el ruido ($P = 1$) por lo que es *reversible* ($Rv = 1$) pero se puede recuperar; como luego se valora con las medidas correctoras se califica de *irrecuperable* ($Rc = 3$).

Su importancia se obtiene aplicando la fórmula:

$$\text{Fórmula: } Im = \pm (A + E + In + P + Rv + Rc) = -15.$$

Y su importancia normalizada es:

$$\text{Formula normalizada: } I = \pm (|Im| - \text{Mínimo}) / (\text{Máximo} - \text{Mínimo}) = -0,47.$$

La *magnitud* dependerá de cada proyecto concreto, pero suponiendo que es $M = 0,0362$. El indicador utilizado es el propuesto en el Capítulo 8, en que se utiliza una fórmula con las bandas de niveles de ruidos y número de personas o superficie urbanizada afectada. La función de transformación utilizada es la recta creciente, aunque se podría utilizar la *función de transformación IV* (véase Figura 10.1), formada por dos parábolas que crecen lentamente para valores grandes y pequeños de la magnitud y rápidamente en los valores intermedios, con lo que entonces la magnitud obtenida sería: $M = 0,07$.

El índice del impacto vale, por tanto:

$$\text{Índice} = I \times M \times \text{Peso} = -0,47 \times 0,0362 \times 0,03 = -0,00051.$$

Emisión de polvo y partículas: En la explotación de una gravera se produce gran cantidad de polvo, tanto en las labores de excavación como en la construcción de viales y edificios, el tratamiento de materiales, su acopio y transporte. El impacto se puede catalogar de:

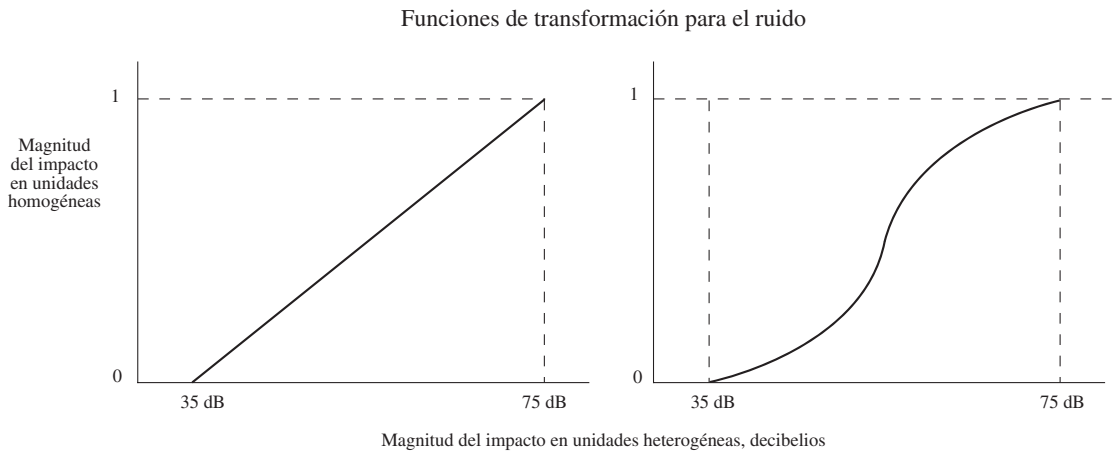


Figura 10.1. Funciones de transformación para el ruido.

- *Acumulativo* ($A = 3$), al ser varias acciones distintas las que lo producen.
- Su extensión es sobre todo el territorio objeto del proyecto, luego es *extenso* ($E = 3$).
- La *intensidad* es alta en estas labores ($In = 8$).
- La *persistencia* es temporal pues al terminar las fases preparatorias y de explotación se termina el polvo ($P = 1$), por lo que es *reversible* ($Rv = 1$), pero durante la explotación y antes de aplicar las medidas preventivas y correctoras se considera *irrecuperable* ($Rc = 3$).

Luego su importancia es: $Im = -19$ y normalizada $I = -0,68$ (véase CD).

La *magnitud* dependerá de cada proyecto concreto pero suponiendo que es de $M = 0,14$. El indicador utilizado mide directamente la cantidad de las partículas en suspensión y la función de transformación utilizada es la función lineal creciente.

El índice del impacto vale, por tanto:

$$\text{Índice} = I \times M \times \text{Peso} = -0,68 \times 0,14 \times 0,03 = -0,00287.$$

Modificación del microclima: Como consecuencia de la eliminación de la vegetación de ribera y con la creación de láminas de agua se modifica el microclima.

- El impacto se puede catalogar de *sinérgico* ($A = 5$), pues el efecto puede ser mayor que la simple suma.
- Su extensión es, sobre todo, el territorio objeto del proyecto, luego es *extenso* ($E = 3$).
- La *intensidad* es alta en este tipo de obras pues las modificaciones climáticas, temperatura, humedad... son importantes. Además, en este caso particular, la importancia es mayor pues la modificación del clima produce nieblas que afectan a una carretera cercana ($In = 8$).
- La *persistencia* es permanente pues no termina con la obra ($P = 3$), es *irreversible* pues, de forma natural no se recupera ($Rv = 3$) y es *irrecuperable* ($Rc = 3$).

Luego su importancia es: $Im = -25$ y normalizada $I = -1$, pues alcanza el máximo valor (véase CD).

La *magnitud* del efecto depende directamente de la superficie de vegetación eliminada y del interés y calidad de ésta, lo que se puede tomar como indicador. Otros indicadores son, la variación de la temperatura media ($^{\circ}$ C), la variación de la humedad relativa (%) y el poder evaporante (mm). Se ha tomado como índice una función de dichas variables y se le ha asignado a la magnitud un valor de $M = 0,5924$. La función de transformación utilizada ha sido la función lineal y creciente.

El índice del impacto vale, por tanto:

$$\text{Índice} = I \times M \times \text{Peso} = -1 \times 0,5924 \times 0,04 = -0,02118.$$

Alteración de los drenajes: Las operaciones de excavación cambian de forma temporal el régimen de caudales subterráneos, y alteran de forma permanente el drenaje de los superficiales. Los acopios de materiales, de gran tamaño, hacen esta alteración severa, y la construcción de infraestructuras y viales, moderada. Si la excavación se efectúa por debajo de la capa freática, en graveras húmedas se modifica el *nivel piezométrico*. Esto también se produce si en el tratamiento de materiales se usa agua bombeada de pozos o sondeos.

Contaminación de las aguas superficiales, por turbidez por partículas en suspensión: Las operaciones de extracción de materiales, tráfico de vehículos y maquinaria pesada, y la construcción de infraestructuras contaminan las aguas superficiales con un impacto que se puede valorar de temporal y moderado o severo según el río. Podría, incluso ser crítico, si afectara a un río de aguas claras con truchas y salmones, en el que un pequeño aumento de turbidez podría ocasionar la muerte de los peces. Las partículas en suspensión pueden deberse al vertido en el río de lo que procede del lavado de áridos, a bombear al río el agua que aparece en el hueco de excavación, a que la extracción se haga en el propio cauce o por el desbordamiento del propio río, arrastrando materiales de la excavación.

Alteración temporal del régimen de caudales: Las operaciones de excavación modifican este régimen, tanto de aguas superficiales como subterráneas. Esta alteración se puede valorar como temporal.

Contaminación de acuíferos: El mantenimiento de la maquinaria puede contaminar los acuíferos con aceites e hidrocarburos. El vertido de residuos y basuras también puede contaminar las aguas superficiales y las subterráneas. Con las adecuadas medidas correctoras esta contaminación, además de temporal, se puede valorar como de efectos moderados. La calidad de las aguas subterráneas puede quedar afectada en los pozos cercanos de la excavación, pues, en ocasiones se destruye el filtro natural que existía.

Aumento de la temperatura del agua: Al inundarse el hueco de la gravera con agua freática, recibe ésta los rayos solares y se calienta, y al llegar al río, se incrementa su temperatura. Si el agua del río tiene una temperatura entre 12° y 16° C, el de la gravera puede tener 25° C de temperatura. Se estima que este calentamiento es función de la distancia al río, la profundidad del río en relación con la de la gravera, el grado de colmatación y la permeabi-

lidad de los terrenos atravesados. Por esta razón en muchos lugares está prohibido extraer áridos por debajo del nivel freático.

Ocupación del suelo fértil: La ocupación del suelo por la excavación, acopio de materiales o por las escombreras y la pérdida de un suelo fértil y profundo es un efecto irreversible y severo. La ocupación por los viales puede considerarse un efecto moderado, en comparación.

Inducción de efectos edáficos: Las operaciones de excavación, escombreras y viales producen efectos edáficos negativos locales moderados y compatibles debidos a la acumulación de residuos inertes, polvo y elementos finos.

Hundimiento de las orillas: Este efecto se genera cuando están desprotegidas o con demasiada pendiente por la modificación del proceso dinámico del río o del paso continuado de la maquinaria.

Eliminación o modificación del hábitat: Motivado por excavación y tráfico de maquinaria y por la creación de escombreras que supone la eliminación total de dicho hábitat con un impacto crítico. Los hábitats, utilizados por la fauna para fines específicos, como nidificación, alimentación, desove, refugio... se ven eliminados al desaparecer la vegetación.

Modificación de las pautas de comportamiento de la fauna: Debido a las perturbaciones producidas, puede ser un impacto temporal y compatible si la fauna afectada no está protegida o en peligro de extinción, en cuyo caso podría considerarse como crítico. Las causas son: la disminución de la diversidad, la modificación y ruptura de las cadenas tróficas como consecuencia de la desaparición de especies importantes en la cadena alimentaria y la aparición de fenómenos de competencia inter- e intraespecíficos que no existían antes de la explotación.

Eliminación o reducción de la cubierta vegetal y de parte de la fauna: Es un impacto severo en el caso de escombreras y moderado el producido por la construcción y uso de los viales. Se pierden suelos fértiles y se aumenta la erosión con las pendientes. Se provocan cambios de biocenosis, se pierden unas especies y colonizan el espacio otras más generalistas y por tanto de menor calidad, debido a los cambios en otros factores que rigen el sistema ecológico, como la temperatura. Se producen desplazamiento de la fauna hacia otros medios menos alterados, si éstos existen.

Eutrofización de las aguas embalsadas: Este efecto se genera por la entrada en la grava de nutrientes como fósforo y nitrógeno, lo que conlleva un aumento del fitoplancton y que las aguas pierdan transparencia. Aumenta la cantidad de materia orgánica y se empobrece la cantidad de oxígeno e incluso se llega a condiciones de anoxia con producción de productos tóxicos, como metano o sulfhídrico, que dan mal olor al agua. Se ocasionan variaciones en las comunidades de plancton que comporta la desaparición de macrófitos y la modificación de la fauna piscícola y ornítica.

Aumento de la inestabilidad: Debido a las escombreras, el acopio de material y la excavación.

Aumento de la carga de sedimentación aguas abajo: Motivado por el aumento de material sólido producido sobre todo por las escombreras. Si éstas son de gran tamaño, es un impacto de carácter severo, e incluso crítico si no se utilizan medidas que lo minimice.

Aumento de la erosión: Este efecto se genera por las operaciones de la obra y la propia existencia de escombreras, produce un impacto permanente y de moderado a severo. La debida al transporte de materiales es un impacto temporal. El aumento de la erosión si no se toman medidas adecuadas puede ser muy importante y llegar incluso a ser crítico por los peligros y destrucciones que puede ocasionar tanto localmente, como aguas abajo del río.

Modificación del paisaje: Este efecto es grave en el caso de las escombreras, y menor por ser posible controlarlo, en la construcción de edificios y viales. Se altera la fisiografía, la vegetación y el agua, y se incluyen elementos intrusivos como los acopios y escombreras, edificios y plantas de tratamiento. Se modifican las características visuales pues cambia la distribución espacial de los componentes o se eliminan. Disminuye el atractivo paisajístico y la aptitud para el recreo de la zona.

Cambios en el uso del suelo: Este efecto se debe a la propia obra.

Otros impactos más difíciles de señalar pueden aparecer como impactos indirectos, tales como que la variación del cauce del río puede hacer que aumente la velocidad de las aguas, lo que induce a un aumento de la erosión aguas abajo. Para conocer los efectos aguas arriba y aguas abajo se pueden estudiar éstos mediante modelos hidráulicos.

A continuación, en la Tabla 10.5, se realiza una valoración cualitativa y cuantitativa de algunos de estos impactos, como si ellos fueran los únicos producidos, para simplificar la comprensión del cálculo, y obtener el valor del impacto total de la alternativa estudiada:

Tabla 10.5. Cálculo del valor del impacto total.

Impacto	Importancia	Magnitud	Peso del factor	Valor del impacto
Incremento de ruidos	-0,47	0,0362	0,030	-0,00051
Emisión de polvo y partículas	-0,68	0,1400	0,030	-0,00287
Modificación del microclima	-1,00	0,5294	0,040	-0,02118
...				
TOTAL				-0,0246

Son muchos los impactos que deben estudiarse en una gravera, pero si únicamente fueran los tres estudiados (para facilitar la comprensión de las operaciones) se calcularía el impacto total como la suma de los obtenidos:

$$\text{Impacto total SIN medidas correctoras} = - (0,00051 + 0,00287 + 0,02118) = -0,0246.$$

Nota: Pueden revisarse los cálculos de los tres impactos precedentes en el CD adjunto, en «Prácticas»: «Impacto total».

10.4.6. Establecimiento de medidas minimizadoras del impacto ambiental

Existen una serie de medidas preventivas y correctoras para aminorar los impactos propios de las graveras (Figura 10.2), bien limitando la intensidad o agresividad de la acción impactante, como la utilización de tecnologías adecuadas, filtros o balsas de decantación, bien seleccionando las alternativas de localización que menos impacten, o diseñando el emplazamiento de los acopios...

Usualmente se diseña el abandono de la gravera restaurando el entorno, con acciones que favorezcan los procesos de regeneración, o incluso, dotando al área de un uso del suelo alternativo, como puede ocurrir en las graveras húmedas, que son imposibles de restaurar con un uso similar del suelo al que antes tenían. Este tipo de restauración podría considerarse como una medida compensatoria.

Protección de ruidos: Amortiguación del ruido mediante silenciadores en la maquinaria y equipos móviles. Recubrimiento de gomas para reducir el ruido de la caída de material sobre elementos metálicos. Mantenimiento de la maquinaria. Localización de las plantas de tratamiento alejadas de las zonas sensibles o habitadas. Construcción de pantallas fónicas. Estudio de las rutas de transporte para evitar la proximidad de las zonas habitadas o sensibles. Temporalización de los trabajos más ruidosos a las horas diurnas (véase Figura 10.2).

Protección de la atmósfera: Control de contaminación atmosférica mediante filtros, captadores de polvo. Riego de pistas y acopios. Recubrimiento de acopios. Sustitución de volquetes por cintas transportadoras. Pavimentación de los accesos principales y estabilización del resto de las pistas. Reducción de la velocidad de circulación. Revegetación de las áreas de excavación simultánea y progresiva, o reducción del tiempo para llevarlo a cabo. Empleo de pantallas contra el viento predominante. Localización de la planta y acopios teniendo en cuenta el viento predominante y su velocidad (véase Figura 10.2).

Protección de las aguas: Localización de la gravera a una distancia idónea para no afectar al nivel freático y al río (contaminación, calentamiento...). Evitar vertidos directos al río. Reciclado de las aguas de lavado. Circuito cerrado del agua. Fraccionamiento del hueco de la gravera mediante diques. Recogida de aceites e hidrocarburos. Acotar la explotación. Recogida de residuos. Balsas de decantación y macizos filtrantes. Sistema de pozos perime-

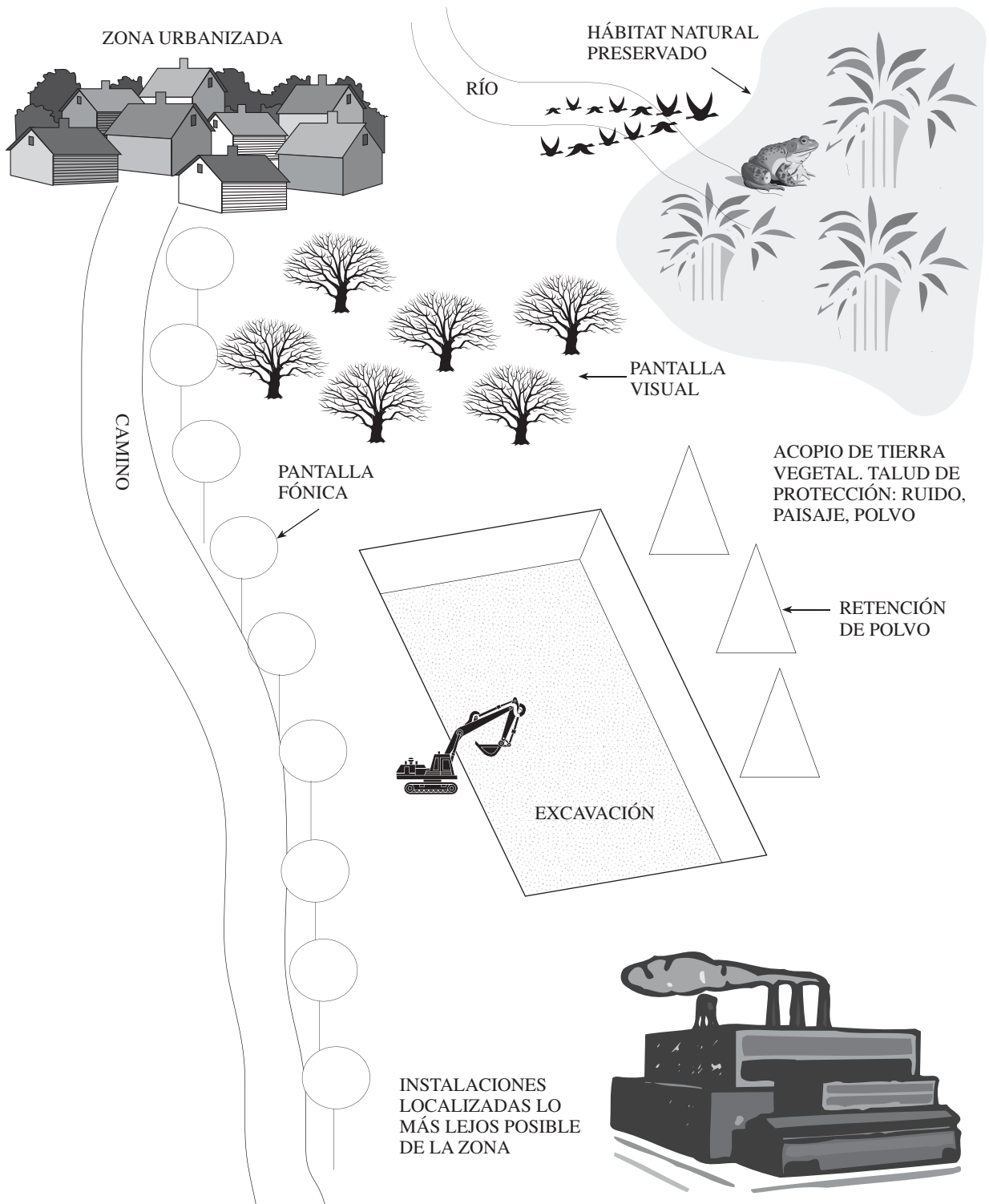


Figura 10.2. Protección del paisaje contra el ruido y el polvo.

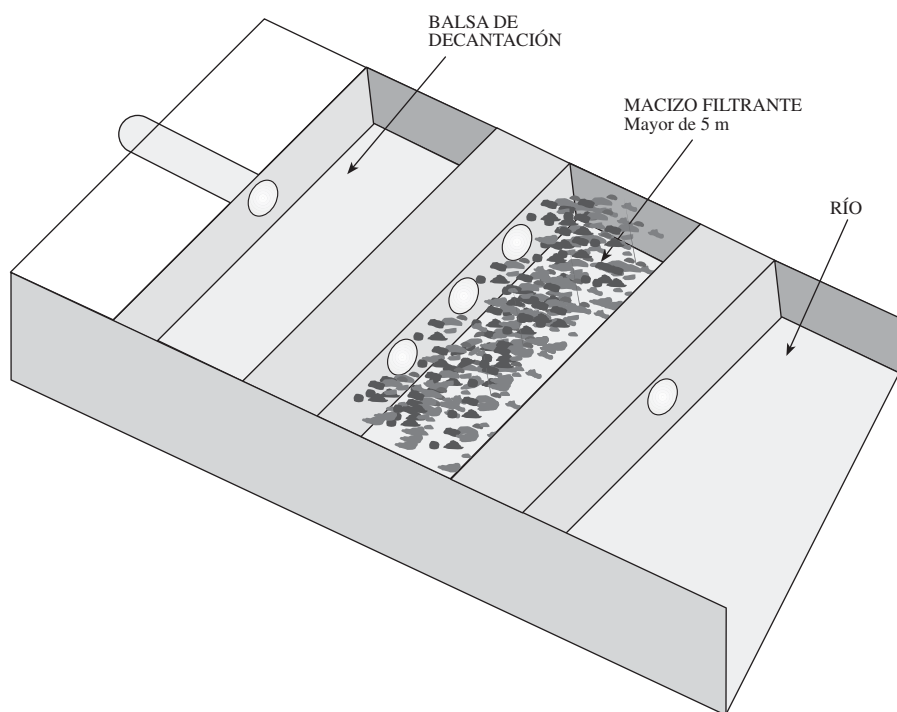


Figura 10.3. Protección del agua superficial por decantación y filtrado.

trales para los desagües. Colocación de la bomba de captación en el fondo del hueco con menor temperatura (véase Figura 10.3).

Protección del suelo: Retirada y acopio de suelo fértil para posterior revegetación. Planificación adecuada de movimientos de tierra, viales, ubicación de acopios y planta de tratamiento para minimizar la pérdida de suelo. Revegetación rápida de taludes para evitar la erosión. Evitar la formación de regueros de aguas de escorrentía. Protección y refuerzo de orillas en zonas de posible hundimiento.

Protección de flora y fauna: Protección de zonas importantes o singulares. Creación de hábitats similares a los destruidos. Protección mediante balizas y normativa de las áreas del borde de la explotación. Mantenimiento de un corredor vegetal entre gravera y río. Evitar la contaminación del río y de la vegetación.

Protección del paisaje: Trazado de viales con criterios paisajísticos y ecológicos. Localización de los elementos (acopios, planta, escombreras...) en zonas de mínimo impacto visual. Revegetación de taludes. Pantallas visuales. Colores que ayuden al camuflaje en las instalaciones. Revegetación de viales y desmantelamiento de las infraestructuras en la fase de abandono. Diseñar la restauración del suelo o la implantación de un uso alternativo: uso natural o restauración del hábitat, uso agrícola, forestal, recreativo, industrial o urbanístico, y de vertedero controlado, o algún uso mixto, como de recreo y forestal.

Para determinar el uso más adecuado después del abandono de actividad se puede hacer un estudio de la capacidad de acogida, con un análisis de los factores y los requerimientos para cada tipo de uso.

La forma aconsejada de seleccionar las medidas es realizar un estudio detallado que quedaría resumido en una ficha para cada una de ellas. En el Plan de Vigilancia Ambiental, que se estudiará en el Capítulo 11, debe regularse la forma de controlar la efectiva y correcta implantación de las medidas y los indicadores para determinarlo.

10.4.7. Valoración de impactos con medidas de minimización de impactos

Una vez que se determinan las medidas de minimización de impactos que se van a realizar (preventivas, correctoras y compensatorias), se deben valorar de nuevo los impactos suponiendo que dichas medidas se han llevado a cabo. De nuevo, para simplificar, el ejemplo se realiza con los mismos tres impactos valorados anteriormente y se hace una nueva valoración con las medidas proyectadas.

Protección contra el ruido: Las medidas contra el ruido puede ser preventivas: localización, temporalización, cuidado de la maquinaria... o correctoras: pantallas... Como se comentó en el Capítulo 9, al valorar de nuevo la importancia los atributos que quedan modificados son la intensidad y la recuperabilidad.

Existen dos formas de valorar a la nueva importancia: La primera es según la efectividad que supongan la implantación de las medidas. Si es total, con un 8, si se mitiga bastante, un 5, y si poco, un 1, pudiendo asignar, naturalmente, valores intermedios. En este caso se valora $In_{MC} = 3$, pues sin medidas se había valorado la intensidad $In = 4$ y se considera que puede mitigarse bastante el ruido pero nunca eliminarse completamente. La segunda forma de proceder es valorar la intensidad del impacto una vez aplicada la medida, que en este caso sería 1. La recuperabilidad, que sin medidas se había valorado como $Rc = 3$, ahora, al adoptar medidas protectoras se ha valorado $Rc = 2$, lo que significa, que en conjunto, al aplicar las medidas, se considera recuperable. Procediendo de la segunda forma se supone el impacto como recuperable, 1. La importancia, con medidas correctoras, se obtiene sumando la ahora obtenida, a la anterior:

$$Im_{MC} = Im + 3 + 2 = -10,$$

que al normalizarla: $I_{MC} = -0,21$.

Respecto de la magnitud, de nuevo se realizan los cálculos de las nuevas franjas afectadas ahora con 75 dB, 65 dB y 55 dB, y su superficie marcando las zonas sensibles para las personas, zonas urbanizadas o fauna (véase «Estudio de la magnitud» en el Capítulo 8). La nueva magnitud, con la aplicación de las medidas correctoras resulta ahora de $Mag_{MC} = 93$, y al aplicar la misma función de transformación (lineal y creciente) se tiene $M = 0,00773$, con lo que el nuevo índice de impacto vale:

$$\acute{I}ndice = I_{MC} \times M_{MC} \times Peso = -0,21 \times 0,00773 \times 0,03 = -0,000049.$$

Tabla 10.6. Cálculo del impacto final **con** medidas correctoras.

Impacto	Peso	I_m	$I_{m_{MC}}$	I_{MC}	Mag_{SIN}	Mag_{CON}	Mag_{MC}	M	Índice del impacto
Incremento de ruidos	0,03	-15	-10	-0,21	0	435	93	0,0077	-0,00005
Emisión de polvo y partículas	0,03	-19	-11	-0,26	0	358	54	0,0205	-0,00016
partículas									
Modificación del microclima	0,04	-25	-18	-0,63	15	24	16	0,0588	-0,00149
...									...
TOTAL									-0,0017

Emisión de polvo y partículas: De modo similar se vuelve a valorar este impacto después de estudiar las medidas preventivas y correctoras. Ahora la intensidad, sin medidas, se ha valorado con $I_n = 8$, y la efectividad de la medida, sin ser total, puede ser buena, con lo que $I_{MC} = 6$. La nueva recuperabilidad $R_c = 2$, luego $I_{m_{MC}} = I_m + 6 + 2 = -11$ e $I_{MC} = -0,26$. Al evaluar de nuevo la magnitud, se calculan las toneladas de partículas emitidas al año con medidas correctoras y se obtiene: $Mag_{MC} = 54$, y aplicando la función de transformación $M_{MC} = 0,02055$. El nuevo índice de impacto:

$$\text{Índice} = I_{MC} \times M_{MC} \times \text{Peso} = -0,26 \times 0,02055 \times 0,03 = -0,00016.$$

Modificación del microclima: La intensidad, estudiando la efectividad de las medidas proyectadas es buena, pero no es total: $I_n = 5$ y la recuperabilidad $R_c = 2$, luego $I_{m_{MC}} = I_m + 5 + 2 = -18$ e $I_{MC} = -0,63$. Al evaluar de nuevo la magnitud se obtiene: $Mag_{MC} = 16$, y al aplicar la función de transformación $M_{MC} = 0,0588$. El nuevo índice de impacto:

$$\text{Índice} = I_{MC} \times M_{MC} \times \text{Peso} = -0,63 \times 0,0588 \times 0,04 = -0,00149.$$

Ya se ha visto la lista de impactos que se producen con una gravera, pero si éstos fueran únicamente los estudiados, entonces el impacto final obtenido al aplicar las medidas correctoras para la alternativa estudiada sería la suma de todos los índices de impacto (Tabla 10.6):

$$\text{Impacto Total con Medidas Correctoras} = - (0,00005 + 0,00016 + 0,00149) = -0,0017.$$

10.5. OTROS MÉTODOS PARA EL CÁLCULO DE IMPACTO AMBIENTAL

10.5.1. El Método del Instituto Battelle-Columbus

En el Capítulo 3: «Metodologías usualmente utilizadas», y en el Capítulo 6: «Valoración de Factores Ambientales» ya se comentó este método, que fue investigado por el Instituto Battelle-Columbus, de Ohio, en 1971, por encargo del Bureau of Reclamation del Departamento de Interior del Gobierno de Estados Unidos de América del Norte, para determinar el impacto ambiental de

proyectos hidráulicos. Pero este método es mucho más amplio que su valoración de factores, y constituye un método serio de valoración cuantitativa para la evaluación de impactos ambientales, en él se tiene el objetivo de obtener un valor global del impacto agregado. Puede ser usado en obras diferentes a aquellas para las que se diseñó. El método propuesto en este libro podría considerarse, con las modificaciones oportunas, una variación del Método Battelle.

Las fases del método son:

1. Se determina una lista de parámetros o factores ambientales.
2. Se ponderan dichos parámetros.
3. Se predice la situación sin proyecto utilizando unos indicadores.
4. Se calculan esos mismos indicadores con proyecto.
5. Se transforman mediante funciones de transformación en valores entre 0 y 1.
6. Se multiplica cada valor por su peso y se calcula la suma ponderada de la situación sin proyecto.
7. Se calcula la suma ponderada de la situación con proyecto.
8. Se obtiene el impacto global de cada alternativa.

Ya se comentó que el método propone un árbol con 78 parámetros ambientales, representando cada uno de ellos un aspecto ambiental significativo, entre los que reparte mil unidades de importancia (véase Capítulo 6: «Valoración de Factores Ambientales»). Estos parámetros son fácilmente medibles, por lo que para cada uno, se estima su magnitud, mediante la utilización de indicadores, con y sin la actuación proyectada (véase Tabla 10.7).

En la medida del parámetro sin proyecto no se calcula el valor de partida, sino que se predice el que tendría para un cierto tiempo posterior. Es preciso distinguir este valor del de la situación cero del programa de vigilancia ambiental donde se deben realizar mediciones. En este caso no es una medida real, sino una predicción de la calidad ambiental que tendría cada factor en el tiempo de realización del proyecto.

El valor de los parámetros o factores se convierte en unidades comprendidas entre 0 y 1 utilizando funciones de transformación entre la magnitud y la calidad ambiental (en el CD pueden verse algunas de estas funciones de transformación en «Materiales»: «Funciones de transformación»). Una vez transformadas, estas unidades son, por tanto, comparables.

Efectuando la suma ponderada de los parámetros se obtiene el valor de cada componente, de cada categoría y el valor del impacto ambiental global de las distintas alternativas.

La suma ponderada puede enmascarar impactos críticos, por ello el método incorpora un sistema de alerta que consiste en señalar aquellos impactos especialmente problemáticos. Por ejemplo se puede indicar con una señal de alarma aquellos casos en los que disminuya la calidad ambiental más de un 10%.

Tabla 10.7. Índice de calidad ambiental del Método Battelle.

Parámetros	Índice de calidad ambiental			Señales de alerta
	SIN proyecto	CON proyecto	Cambio neto	
Cada parámetro				

10.5.2. El Método Galleta

El Método Galleta nació en Umbría, Italia, con el objetivo de proponer un modelo para la evaluación de impactos ambientales en general, aunque se utilizó para evaluar carreteras y autopistas, al igual que el Método Mc Harg. Estos dos métodos también tienen en común que están basados en el uso de transparencias.

Se evalúa la calidad ambiental antes y después de localizado el proyecto, y se calcula la diferencia, que con la ayuda del computador se expresa gráficamente.

Se consideraron catorce elementos ambientales que resultan afectados en la construcción de una autopista, los cuales se ponderan en una escala de 0 a 100, utilizando un método Delphi (véase Tabla 6.2 y en el CD: «Prácticas»: «Ponderación de factores»).

Las fases del método, para un determinado proyecto, son:

1. Se delimita la zona objeto de estudio.
2. Se cuadrícula la zona formando una malla y se divide en n unidades homogéneas en características ambientales. Cada cuadrícula tiene unas coordenadas para ser localizada en un mapa y representada mediante el computador.
3. Se determina una escala de calidad ambiental entre 1 y 5 y se analiza la lista de los 14 elementos ambientales, asignando en cada cuadrícula un valor a cada elemento ambiental. Se calcula así la calidad inicial de la zona de estudio para cada elemento. Sumando los valores de todas las cuadrículas se obtiene un valor de la calidad inicial global.
4. Se ponderan los elementos ambientales asignando porcentajes, con lo que en cada cuadrícula se tiene un valor de calidad ambiental inicial. Sumando los valores de todas las cuadrículas se tiene la calidad inicial global.
5. Se define una escala que represente la magnitud del impacto con proyecto para cada cuadrícula y cada elemento ambiental. Se puede hacer este cálculo para cada acción del proyecto. Se calcula la calidad ambiental final para cada elemento ambiental y cada cuadrícula. Sumando los valores de todas las cuadrículas se tiene el índice de calidad para cada elemento ambiental.
6. Utilizando la ponderación de elementos ambientales se obtiene para cada cuadrícula un valor de calidad con proyecto. Sumando todas las cuadrículas se tiene la calidad final global con proyecto de la alternativa en estudio.
7. La variación de calidad se puede tener para cada cuadrícula y globalmente restando los valores final e inicial. Si la calidad inicial de una cuadrícula es la menor posible, 1, no puede empeorar; y si es la mejor posible, 5, no puede mejorar con el proyecto.
8. Se elaboran mapas de transparencias para cada elemento ambiental, cada acción y cada alternativa, y para los valores de variación, utilizando distintas gradaciones de color.
9. Se analizan los gráficos para determinar el mejor trazado y la mejor alternativa.

Puede verse que éste es un método general de evaluación de impactos ambientales, que tiene su origen en los métodos de transparencias, como el Método de Mc Harg (véase Capítulo 3), pero mejorado por el uso del computador, la agregación de resultados y la valoración de impactos. Este método facilita la localización espacial de las zonas conflictivas, su comprensión y comunicación, y la determinación de las medidas correctoras. El Método Galleta nació antes de la existencia de los sistemas de información geográfica, con los que puede ser muy mejorado.

10.6. PRÁCTICAS

10.6.1. Autoevaluación

1. Indica qué afirmación es cierta respecto al cálculo del índice de un impacto:
 - a) El valor obtenido es único ya que se realiza una valoración objetiva.
 - b) Existen distintos modelos y todos proporcionan la misma valoración objetiva.
 - c) Aunque toda valoración es en parte subjetiva, lo importante es utilizar el mismo criterio al valorar todas las alternativas.
 - d) El índice de un impacto se obtiene: $\text{Índice} = I \times M \times \text{Peso}$, siendo I y Peso valores objetivos.

2. Al hacer el estudio de impacto ambiental de una cierta obra se han obtenido sólo tres impactos notables de los que se conoce el peso, la importancia y la magnitud después de tener en cuenta las medidas correctoras (Tabla 10.8):

Tabla 10.8. Cuadro del ejercicio.

Impacto	Peso	Importancia	Magnitud	Valor del impacto
Impacto 1	0,02	-0,5	0,1	
Impacto 2	0,05	-0,3	0,7	
Impacto 3	0,1	-0,2	0,5	

El impacto final producido vale:

- a) -0,007.
 - b) -0,016.
 - c) 0,005.
 - d) -0,025.
3. Para calcular el impacto final de un proyecto:
 - a) No se tienen en cuenta las medidas correctoras.
 - b) No se ponderan los elementos ambientales.
 - c) Todos los impactos deben ser negativos.
 - d) Debe agregarse toda la información sobre los impactos ambientales del proyecto.

10.6.2. Ejercicios

1. Escribe la ficha del impacto producido sobre la fauna por la habilitación de un «parque de ocio» en una repoblación forestal. Para los valores que no sea posible conocer sin el proyecto, imagina su valor.

2. Para calcular el valor final de un impacto se multiplica el peso, P , por la importancia, I , por la magnitud, M , porque se utiliza la norma triangular producto, pero se podrían utilizar otras normas triangulares como el mínimo o la t-norma de Lukasiewicz. Si $P = 0,7$, $I = 0,8$ y $M = 0,9$, calcula el índice del impacto:
 - a) Mediante la norma triangular mínimo.
 - b) Mediante la norma triangular producto.
 - c) Mediante la norma triangular de Lukasiewicz $W(a, b) = \{0, a + b - 1\}$.Observa que $\text{Min} \geq \text{Prod} \geq W$.
3. En la Tabla 10.5 se han considerado únicamente tres impactos: el incremento del ruido, la emisión de polvo y partículas y la modificación del microclima. Añade un impacto más a los antes mencionados y recalcula el impacto total. Considera las medidas preventivas y correctoras adecuadas y calcula el impacto final con medidas de minimización de impactos.
4. Escribe una primera lista, similar a la de la Tabla 10.4, de los posibles impactos producidos por una reforestación indicando los elementos ambientales afectados.

10.6.3. Prácticas con computador

Pueden revisarse los cálculos de los índices de impacto de los tres impactos estudiados en el ejemplo de la gravera en el CD adjunto, en «Prácticas» en el libro de cálculo de Excel: «Impacto total». Consta de 7 hojas y se puede usar también para calcular nuevos impactos. En la hoja «PESO» está indicada una manera de asignar pesos a los factores ambientales. En la hoja «Valoración cualitativa» se calcula la importancia, en «Valoración cuantitativa», la magnitud, en «Impacto total», la suma de todos los impactos. A continuación se tienen en cuenta las medidas de minimización de impactos, y se recalcula la importancia, la magnitud y el impacto total en las hojas: «V. Cual. Medidas correctoras», «V. Cuant. Medidas correctoras» e «Impacto Final» donde se recogen los valores obtenidos en las hojas anteriores.

1. Utiliza «Prácticas»: «Impacto Total» y revisa los cálculos de los ejemplos 1, 2 y 3 de fichas de impactos.
2. Utiliza «Prácticas»: «Impacto Total» y revisa los cálculos de «Impactos en una gravera».
3. Utiliza «Prácticas»: «Impacto Total» para calcular el impacto final de una obra que sólo produjera los impactos de incrementos de ruidos, emisión de polvo y partículas, modificación del microclima y pérdida de vegetación. Calcula la importancia, la magnitud y asigna pesos. Enuncia medidas correctoras y recalcula los resultados una vez aplicadas dichas medidas. Imagina todos los datos y supuestos que necesites conocer, explicando dichos supuestos.
4. Utiliza «Prácticas»: «Impacto Total» para calcular el impacto total de una obra que sólo produjera tres impactos: contaminación de ríos, contaminación del aire y afección a la fauna. Imagina todos los datos y supuestos que necesites conocer, explicando dichos supuestos.
5. Busca en el CD o en Internet la legislación relativa a una explotación ganadera en tu lugar de origen.

CAPÍTULO 11

Programa de Vigilancia Ambiental

El Programa de Vigilancia Ambiental (PVA) forma parte del estudio de impacto ambiental. Es el documento de control que contiene el conjunto de especificaciones técnicas que permiten a la Administración realizar el seguimiento de lo convenido en el estudio de impacto ambiental. Su desarrollo puede ser posterior ya que puede ser modificada o ampliada al realizar la Declaración de Impacto Ambiental.

11.1. COMPETENCIAS Y OBJETIVOS

El Real Decreto 1131/1988 en su artículo 7 de la sección 2ª, especifica los contenidos que debe tener una Evaluación de Impacto Ambiental y en su punto 6 establece la obligación de un Programa de Vigilancia Ambiental, mientras que en el artículo 11 quedan definidos los objetivos del mismo (véase CD):

«El programa de vigilancia ambiental establecerá un sistema que garantice el cumplimiento de las indicaciones y medidas, protectoras y correctoras, contenidas en el estudio de impacto ambiental.»

Su objetivo, como explicita la legislación, es el de establecer un sistema para garantizar el cumplimiento de las medidas correctoras y preventivas. Al corregir, en el estudio de impacto ambiental, el valor de los impactos con las medidas de minimización de impactos ambientales, se hace de forma «supuesta», por lo que es preciso determinar si en la fase de funcionamiento dichos valores son los mismos que los proyectados.

En un estudio predictivo siempre existe una dosis de incertidumbre, por lo que resulta necesario el control para verificar el valor de la respuesta positiva de las medidas, y si éste no es

suficiente o no se cumple, adoptar nuevas medidas o corregir las existentes. El programa también tiene el objetivo de informar, al órgano administrativo responsable, de los aspectos ambientales objeto de seguimiento y de la metodología adecuada para realizar la vigilancia.

La responsabilidad de *controlar* el cumplimiento de los programas de vigilancia ambiental es del Órgano Sustantivo, mientras que su cumplimiento es responsabilidad del promotor. Es decir, el promotor debe ejecutar o contratar a alguien que realice regularmente las inspecciones necesarias para detectar irregularidades en la ejecución del proyecto e informe de las mismas para que puedan ser subsanadas.

En un Programa de Vigilancia Ambiental, es necesario señalar los aspectos objeto de vigilancia y proponer un método adecuado para realizarla, para lo que se emplean los mismos indicadores y funciones de transformación que se han utilizado en el resto del estudio de impacto ambiental, además de otros nuevos, normalmente elegidos por ser fáciles de medir.

Por ejemplo, si se encuentran restos arqueológicos en un sondeo, se deben parar las obras en ese lugar hasta que hayan sido evaluados por un equipo de arqueólogos. Lo mismo ocurre si se encuentra una especie protegida que no hubiese sido contemplada en el estudio de impacto ambiental. Se vigilan las vallas y señalizaciones para que la maquinaria no traspase los límites prefijados, se miden regularmente los niveles del ruido, y que los movimientos de tierra se ajusten a los lugares establecidos, control de los residuos, etc.

Otros ejemplos son: vigilar la reducción de la producción de contaminantes atmosféricos cuando las condiciones de dispersión atmosféricas sean limitadas, vigilar que las actividades molestas no coincidan con épocas de cría o nidificación de especies amenazadas o en peligro de extinción.

Por supuesto, al igual que el resto de apartados del Estudio de Impacto Ambiental, debe estar resumido en el Documento de Síntesis.

11.2. APARTADOS DEL PROGRAMA DE VIGILANCIA AMBIENTAL

Los apartados objeto de la vigilancia son los siguientes:

- Forma de llevar a cabo las medidas preventivas, protectoras, correctoras y compensatorias.
- Grado de eficacia de cada una de ellas.
- Medida real de los impactos una vez realizado el proyecto y sus medidas correctoras.
- Medida de otros impactos que hayan surgido en la fase de ejecución posteriormente a los proyectados.

Durante la ejecución de la obra son muchas las medidas que deben adoptarse y para su correcta realización la vigilancia y control llevada a cabo por la dirección de obra, tiene un papel muy importante. El objetivo de una evaluación de impacto ambiental es, sobre todo, conseguir que los impactos se prevengan, y evitar que se produzcan, y esto es siempre mejor que, posteriormente, corregirlos.

Una dirección de obra concienciada de la importancia de los efectos sobre el medio ambiente consigue minimizarlos con medidas de gestión, sin gasto económico, lo que permite abaratar el proceso al evitar costes de corrección.

11.3. ELEMENTOS A VIGILAR EN EL PROGRAMA DE VIGILANCIA AMBIENTAL

Los elementos del Programa de Vigilancia Ambiental deben ser seleccionados de acuerdo con el proyecto de que se trate, la situación ambiental de partida, los impactos previsibles y los objetivos de control. Es decir, debe:

- Asegurar que las medidas preventivas y correctoras previstas se lleven a cabo de acuerdo con el Proyecto, el Estudio de Impacto Ambiental y la Declaración de Impacto Ambiental.
- Controlar el éxito de las medidas de minimización de impactos con un análisis cuantitativo científicamente fundado. Por ejemplo, si los pasos de fauna son utilizados por todas las especies previstas o únicamente por algunas.
- Valorar los impactos previstos en el estudio, cuantificando su valor real, el lugar y el tiempo de presentación.
- Controlar otros impactos no previstos porque tienen una probabilidad baja de producirse.
- Vigilar y controlar los valores límite o umbrales de determinados indicadores, que en el caso de que se produzcan o sobrepasen, disparen los sistemas de alerta, lo que llevará a la toma de nuevas medidas o al funcionamiento de los sistemas de prevención.

Se debe realizar una *vigilancia previa* mediante la medida de las variables antes de la realización del proyecto para determinar las condiciones existentes, rangos de variación y procesos de cambio.

La *vigilancia de efectos* se realiza midiendo las variables durante la ejecución y operación del proyecto, para determinar los cambios ocurridos como consecuencia del mismo. El *control de verificación*, es un muestreo periódico y con medidas continuas de niveles de vertidos de residuos, ruidos, emisiones para asegurar que se cumple lo establecido, lo que puede provocar un aviso inmediato si un indicador de impacto se acerca al nivel crítico seleccionado.

Si el número de indicadores fuera excesivo sería inviable el seguimiento. Por ello deben seleccionarse aquellos que sean sencillos y de fácil estimación y siempre que sea posible, intentar seleccionar un mismo indicador para varios factores. La observación visual o inspección visual suele proporcionar los mejores indicadores si la realiza la persona adecuada, el técnico especialista.

Los *indicadores de gestión* estiman la *eficacia* de la medida, con el grado de cumplimiento de los objetivos relacionando lo conseguido y lo previsto, usualmente mediante un porcentaje; o la *eficiencia* de la ejecución, que relaciona la eficacia con el coste, indicando el coste por unidad de mejora.

El *indicador de realización* señala si la medida se ha realizado de la forma convenida, y el *indicador de efecto*, si se consigue con ella los efectos previstos.

Una forma que mejoraría lo que se suele realizar es, aumentar la participación pública en todo el procedimiento y controlar el seguimiento como se hace en la empresa con los programas de calidad, confeccionando encuestas que midan el grado de satisfacción de las medidas adoptadas. Estas encuestas deberían realizarlas todos los organismos que hubieran

intervenido en la fase de información pública: ayuntamientos, comunidades, grupos ecologistas, particulares afectados, expertos...

11.4. FICHA

Para cada medida que deba controlarse en el Programa de Vigilancia Ambiental, se puede confeccionar una ficha resumida, que permita de forma rápida y sencilla conocer qué se quiere controlar y cómo hacerlo. Los posibles contenidos de esta ficha son:

- Medida:
- Indicador de realización:
- Indicador de efectos:
- Umbral de alerta:
- Umbral inadmisibile:
- Calendario de comprobación:
- Lugares de comprobación:
- Forma de realizarlo:
- Requerimientos del personal encargado:
- Medidas de urgencia:

11.5. EJEMPLOS

A continuación, y a modo de ejemplo, se pueden ver dos fichas del Programa de Vigilancia Ambiental, una para controlar que se está cuidando el envasado del aceite de la maquinaria y que, por tanto, no se contamina con vertidos de este material, y la otra para vigilar la re-vegetación de una zona en que, a causa de la obra, se haya perdido la vegetación.

Ficha 1: Envasado de aceite de maquinaria:

Medida: Envasado de aceite de la maquinaria.

Indicador de realización: Existencia de la infraestructura necesaria.

Indicador de efectos: Existencia de manchas de aceite.

Umbral de alerta: Existencia de manchas con un diámetro superior a 10 cm.

Umbral inadmisibile: Existencia de manchas con un diámetro superior a 50 cm.

Calendario de comprobación: Dos veces por semana sin previo aviso.

Lugar de comprobación: Zonas de movimiento de maquinaria.

Forma de realizarlo: Observación visual.

Requerimiento del personal encargado: Técnico de medio ambiente.

Medida de urgencia: Prohibición del uso de la maquinaria hasta que se adopten las medidas correctoras oportunas. Detectar la o las máquinas que pierden aceite y revisarlas o sustituirlas.

Ficha 2: Pérdida de vegetación:

Medida: Revegetación en las zonas ocupadas durante la obra que no correspondan a la vía.

Indicador de realización: Superficie tratada (en hectáreas).

Indicador de efectos: Porcentaje de esa superficie cubierta por la vegetación.

Umbral de alerta: Presencia de «calvas» en un 10% de la superficie.

Umbral inadmisibles: Presencia de «calvas» en más de un 25% de la superficie.

Calendario de comprobación: Una vez al mes durante los meses de verano (julio, agosto y septiembre), durante los tres años posteriores a la finalización de la obra.

Lugares de comprobación: Las zonas tratadas.

Forma de realizarlo: Observación visual.

Requerimientos del personal encargado: Técnico agrónomo, forestal, biólogo, botánico, o técnico en medio ambiente.

Medidas de urgencia: Nueva siembra. Adopción de medidas de calendario de riegos.

Nota: En el CD adjunto en «Materiales»: «Plan de vigilancia y medidas correctoras», puede verse unas medidas correctoras encaminadas a controlar el ruido y la erosión y un ejemplo de un Plan de Vigilancia Ambiental completo y real para controlar las obras de una carretera.

11.6. PRÁCTICAS

11.6.1. Autoevaluación

1. Respecto a la conveniencia u obligatoriedad del Plan de Vigilancia Ambiental se sabe que:
 - a) Es conveniente hacerlo, pero no es obligatorio.
 - b) Es obligatorio y se presenta en un documento independiente, aparte del estudio de impacto ambiental.
 - c) Es obligatorio y forma parte del estudio de impacto ambiental, pero no consta en el documento de síntesis.
 - d) Es obligatorio y forma parte del estudio de impacto ambiental, siendo un apartado del documento de síntesis.

2. La responsabilidad de controlar el Plan de Vigilancia Ambiental corresponde a:
 - a) El Órgano Sustantivo.
 - b) El promotor.
 - c) El Órgano Ambiental.
 - d) Equipos de especialistas y expertos.

3. El cumplimiento del plan de vigilancia ambiental corresponde a:
- a) El Órgano Sustantivo.
 - b) El promotor.
 - c) El Órgano Ambiental.
 - d) Equipos de especialistas y expertos.

11.6.2. Ejercicios

1. Escribe una ficha del plan de vigilancia ambiental adecuada para supervisar durante la construcción de una carretera:
- a) Vigilancia de la potencial afección a prospecciones arqueológicas.
 - b) Vigilancia y utilidad de los pasos de fauna.
 - c) Vigilancia y eliminación de los residuos sólidos producidos.
 - d) Seguimiento del control de ruidos.
 - e) Seguimiento de la mortalidad de vertebrados.
 - f) Vigilancia de la calidad de las aguas.

CAPÍTULO 12

Documento de síntesis

Los objetivos fundamentales del proceso de evaluación de impacto ambiental son: identificar, predecir, valorar, corregir y comunicar los efectos producidos sobre el medio ambiente. Un estudio de impacto ambiental termina con el *documento de síntesis*, en el que se resume todo lo realizado en el mismo para facilitar la comunicación, plasmando en unas pocas páginas lo más importante del estudio realizado. Lo que pretende es que, tanto la Administración, como el público en general, puedan ser capaces de entender, juzgar y decidir sobre la aceptabilidad del proyecto y de sus alternativas.

El Real Decreto de 1988, en su artículo 7 de la sección 2.^a, establece el contenido que debe tener un estudio de impacto ambiental obligando a la realización de un documento de síntesis. Éste debe resumir en unas pocas páginas toda la información relevante, explicada de manera que pueda ser entendida por personas no especialistas en la materia. En el artículo 12, dice:

«Documento de síntesis.

El documento de síntesis comprenderá en forma sumaria:

- a) *Las conclusiones relativas a la viabilidad de las actuaciones propuestas.*
- b) *Las conclusiones relativas al examen y elección de las distintas alternativas.*
- c) *La propuesta de medidas correctoras y el programa de vigilancia tanto en la fase de ejecución de la actividad proyectada como en la de su funcionamiento.*

El documento de síntesis no debe exceder de veinticinco páginas y se redactará en términos asequibles a la comprensión general.

Se indicarán asimismo las dificultades informativas o técnicas encontradas en la realización del estudio con especificación del origen y causa de tales dificultades.»

Se observa, como la legislación marca su extensión, que no debe ser superior a 25 páginas, e impone que esté redactado de forma asequible para el público en general, personas sin necesidad de tener conocimientos técnicos, además de indicar rigurosamente su contenido. Se va a estudiar en este capítulo un modelo y a proporcionar unos consejos prácticos sobre el contenido del documento de síntesis, de acuerdo con las recomendaciones y normas que se encuentran en la legislación.

Nota: En el CD, en «Legislación», puede consultarse el texto completo de toda la normativa mencionada.

12.1. MODELO DE DOCUMENTO DE SÍNTESIS Y CONSEJOS PRÁCTICOS

12.1.1. Índice

El documento de síntesis comienza con un índice. Su cometido es informar, por lo que es necesario para organizar la información. En muchas ocasiones lo único que una persona interesada va a poder leer, no es el estudio de impacto completo, sino este documento resumido, de a lo sumo 25 páginas.

Un ejemplo de un posible índice (obtenido del documento de síntesis real de la construcción de un tramo de carretera y que se va a seguir en el resto de este capítulo), en el que los números de páginas son indicativos de lo que puede ocupar cada uno de los apartados, es:

— Introducción.	3
• Objeto del documento de síntesis.	
• Antecedentes y justificación del estudio de impacto ambiental.	
• Objeto del estudio.	
• Ámbito de referencia o de estudio.	
• Marco legal.	
• Metodología.	
— Análisis del proyecto.	7
• Objeto del proyecto.	
• Descripción de las alternativas.	
• Acciones derivadas de las alternativas.	
— Inventario ambiental.	9
• Medio físico: clima, geología, edafología, geología y orografía, hidrología y calidad de las aguas.	
• Medio biológico: flora y vegetación, fauna.	
• Medio socioeconómico: demografía y distribución espacial de la población, usos del suelo, planeamiento territorial.	
• Paisaje: descripción del paisaje, calidad, singularidad y fragilidad paisajística.	

• Riesgos naturales e inducidos: incendios.	
• Listado de factores ambientales y pesos de los mismos en el ámbito de estudio.	
— Cuantificación de impactos.	14
• Análisis comparativo de alternativas.	
• Conclusiones.	
— Plan de medidas protectoras, correctoras y compensatorias.	20
• Consideraciones generales.	
• Medidas protectoras.	
• Medidas correctoras.	
• Resumen del coste final del plan de medidas protectoras, correctoras y compensatorias.	
• Impacto residual.	
— Jerarquización ambiental de las alternativas.	24
— Programa de Vigilancia Ambiental.	25

12.1.2. Introducción

La introducción con todos sus apartados puede ocupar unas cuatro páginas. En algunos casos su contenido es muy específico de la obra a estudiar, pero en otros el contenido es genérico y con las modificaciones oportunas, puede servir como modelo lo siguiente:

Objeto del documento de síntesis

El objeto del documento de síntesis es informar de manera sumaria y en términos asequibles a la comprensión general acerca de:

1. Las conclusiones relativas a la viabilidad de las actuaciones propuestas.
2. Las conclusiones relativas al examen y elección de las distintas alternativas.
3. La propuesta de medidas correctoras y el Programa de Vigilancia tanto en la fase de ejecución de la actividad como en la de funcionamiento.

Antecedentes y justificación del estudio de impacto ambiental

Antecedentes administrativos

No deben faltar las claves para determinar la necesidad de realizar la obra en cuestión y su estudio de impacto ambiental, y que para ello se sigue la metodología indicada en la Ley 6/2001 y su Reglamento (R. D. 1131/88).

Antecedentes técnico-ambientales

Donde se citan los estudios informativos ya realizados.

Objeto del estudio

Se indican las alternativas que se van a considerar y el nombre y la clave con la que se designan.

Ámbito de referencia o de estudio

Se indica la zona que se va a considerar para cada uno de los elementos ambientales como ámbito de referencia. Por ejemplo, como *medio físico*, si es una carretera, es usual considerar una banda de 500 metros a ambos lados del eje principal del trazado propuesto para cada alternativa; y para el *paisaje*, las cuencas visuales que cruzan la obra; mientras que para el *medio socioeconómico*, los términos municipales afectados por los trazados.

Marco legal

Se indican todas las leyes de referencia que se toman en consideración para el estudio de impacto ambiental. Por ejemplo:

- Real Decreto Legislativo 1302/1986, de 28 de junio, de Evaluación de Impacto Ambiental.
- Real Decreto 1131/1988, de 30 de septiembre, que aprueba el Reglamento relativo al Real Decreto Legislativo 1302/1986.
- Ley 6/2001, de 8 de mayo, de Evaluación de Impacto Ambiental.
- Ley 10/1991 (Madrid), de 4 de abril, para la protección del medio ambiente.
- Ley 16/1985, de 25 de junio, del Patrimonio Histórico Español.
- Ley 4/1989, sobre conservación de los espacios naturales y de la flora y fauna silvestre.
- Real Decreto 439/1990 por el que se regula el Catálogo Nacional de Especies Amenazadas.

Se continúa, de esta forma, incluyendo la legislación estatal, a continuación se especifica la legislación de la comunidad autónoma o comunidades autónomas donde se localice la actividad (puede consultarse para desarrollarlo la legislación del CD), las legislaciones oportunas sobre factores afectados (espacios protegidos, patrimonio histórico español, especies protegidas...) y por último la Normativa Urbanística de los distintos municipios atravesados.

Metodología

En el apartado de metodología debe explicarse la manera en que se van a evaluar los diferentes impactos. A continuación se expone un ejemplo real extraído de un documento de síntesis. En él se observa que únicamente se describen los elementos ambientales utilizados, lo que es un error:

Metodología

Para la realización de este Estudio de Impacto Ambiental se han seguido las indicaciones de ... cumpliéndose las exigencias de la Ley 6/2001 y del Real Decreto 1131/88 acerca de la estimación de los efectos sobre la población humana, la fauna, la flora, la vegetación, la gea, el suelo, el aire, el clima, el paisaje y la estructura y función de los ecosistemas presentes en el área previsiblemente afectada, así como la incidencia que tiene sobre los elementos que componen el Patrimonio Histórico Español, sobre las relaciones sociales y las condiciones de sosiego público, tales como ruidos, vibraciones, olores y emisiones luminosas y la de cualquier otra incidencia ambiental derivada de la ejecución de la obra.

12.1.3. Análisis del proyecto

En este apartado se describe, en líneas generales, cada una de las alternativas del proyecto, terminando con la lista de acciones de cada una de las alternativas analizadas. Un ejemplo posible de su desarrollo podría ser:

Objeto del proyecto

El objeto de este proyecto es la recopilación y análisis de los datos necesarios para definir los trazados de las diferentes alternativas del proyecto ... previo análisis de las ventajas e inconvenientes de cada una de las opciones existentes.

Descripción de las alternativas

Las alternativas analizadas buscan la mejor solución desde el punto de vista ambiental para ... Las alternativas analizadas son:

Alternativa 1: ...

Alternativa 2: ...

Acciones derivadas de las alternativas

Se hace una lista de acciones. Por ejemplo, para el caso de una carretera, estas acciones pueden ser:

1. FASE DE PLANEAMIENTO
 - 1.1. Diseño y localización de alternativas.
2. FASE DE CONSTRUCCIÓN
 - 2.1. Ocupación del terreno.
 - 2.2. Explanación y desvío de servicios.
 - 2.2.1. Desbroce y despeje.
 - 2.2.2. Movimientos de tierra: desmonte y terraplenes.
 - 2.2.3. Uso de explosivos.
 - 2.2.4. Préstamos, canteras y vertederos previstos.
 - 2.2.5. Explotación de canteras.
 - 2.2.6. Desvíos y reposiciones.
 - 2.3. Afirmado.
 - 2.4. Estructuras.
 - 2.4.1. Construcción de puentes.
 - 2.4.2. Obras de drenaje.
 - 2.5. Obras y trabajos auxiliares.
 - 2.5.1. Instalaciones.
 - 2.5.2. Circulación de maquinaria.
 - 2.5.3. Actividades auxiliares.
3. FASE DE EXPLOTACIÓN
 - 3.1. Circulación de vehículos.
 - 3.2. Presencia física y funcionamiento de la vía.
 - 3.3. Mantenimiento.
 - 3.4. Áreas de servicio.

12.1.4. Inventario ambiental

Es muy importante que este resumen del inventario esté muy orientado a la obra y al territorio de que se trata. No tiene sentido que se copie una serie de listas de plantas y de animales a las que la obra no vaya a afectar. Por ejemplo, si la obra no afecta a lagunas ni ríos, no tiene sentido escribir una lista pormenorizada de los anfibios acuáticos de la comunidad autónoma.

Por eso, el modelo de inventario del documento de síntesis que a continuación se escribe puede servir de manera orientativa, pero nunca como un modelo a transcribir al pie de la letra:

Medio físico

Clima:

El ámbito de estudio puede quedar definido, desde el punto de vista climático, como mediterráneo templado, con escasas precipitaciones y una fuerte oscilación térmica anual debida a los efectos de la continentalidad. Las zonas de estudios especialmente sensibles a la contaminación atmosférica y al ruido van a ser los núcleos habitados y las zonas ambientalmente protegidas.

Geología:

Los terrenos que ocupan ambas alternativas muestran una formación litológica formada por sedimentos de origen continental que proceden de los granitos y gneis de las sierras próximas.

Edafología:

La mayor parte de los suelos del ámbito de estudio se asientan sobre materiales sedimentarios de origen detrítico. La productividad de los suelos se califica como media debido a la alta pedregosidad y a los problemas de erosión. En otras zonas como los fondos de vauada existen materiales cuaternarios que forman suelos poco evolucionados. La clasificación USDA de dichos suelos es IV.

Geología y orografía:

El área de estudio corresponde a la cuenca del río ... siendo su relieve alomado y suave.

Hidrología y calidad de las aguas:

El drenaje de las aguas se realiza a través de los arroyos Las aguas subterráneas fluyen hacia los cauces de los ríos ...

Medio biótico

Flora y vegetación:

La vegetación potencial de la zona de estudio es un encinar de *Rubio-Quercetum rotundifoliae Sigm.*, pero todo el territorio ha sido modificado históricamente por la actividad humana por lo que en la actualidad presenta una vegetación serial empobrecida y de baja cobertura. Se encuentra una vegetación de cierta importancia en la zona I, de la alternativa 1, con olivos, pinos y algunas frondosas, y en la zona II de la alternativa 2 con un pinar de repoblación.

Fauna:

Todas las alternativas ocupan hábitats parecidos, que son, hábitats de zonas esteparias con zonas de cultivos de secano de escasa productividad y terrenos de matorral, con baja riqueza faunística debido a que están muy humanizados. En las zonas indicadas como I y como II existe una mayor variedad faunística.

Medio socioeconómico: demografía y distribución espacial de la población;

Los municipios del área objeto de estudio corresponden a Su población es escasa y la obra no afecta directamente a las zonas pobladas.

Usos del suelo:

El uso predominante de toda la zona afectada por la ocupación de la obra es agrícola, de tierras de labor de secano, tradicionalmente cerealista. Salvo las zonas indicadas como I y II, que podrían tener un uso recreativo por su cercanía a las zonas pobladas.

Planeamiento territorial:

En el planeamiento territorial las zonas indicadas como I y II están catalogadas como ...

Paisaje

Descripción del paisaje

La zona de estudio ha sido destinada a cultivo de cereal de secano, con algún caserío, pero todo ello está en trance de abandono, por lo que se puede asegurar, que carecen de cualidades perceptuales de valor.

Calidad, singularidad y fragilidad paisajística:

Se consideran las zonas paisajísticas siguientes:

Zonas de cultivo en trance de abandono

Zona I: ...

Zona II: ...

Riesgos naturales e inducidos: incendios:

El riesgo de incendios en las zonas de cultivo se considera bajo debido a la escasez de masas arbóreas. En la zona II, al tener un pinar de repoblación, el riesgo de incendio es mayor que el de la zona I, con olivos, pinares y vegetación de ribera.

A continuación, a modo de ejemplo, se especifica el peso que se va asignar a cada uno de los elementos ambientales:

Listado de factores ambientales y pesos de los mismos en el ámbito de estudio:

Se han repartido 1 000 puntos entre los factores ambientales para determinar su peso. Este peso indica la contribución relativa de cada uno de ellos a la calidad ambiental del ámbito

de referencia. Para determinarlos se ha aplicado el Método Delphi, consultando a expertos, técnicos y a instituciones afectadas por la obra (Tabla 12.1).

Tabla 12.1. Listado de factores ambientales y pesos de los mismos en el ámbito de estudio.

	Pesos			
1. SISTEMA FÍSICO NATURAL	550			
1.1. Medio abiótico		230		
1.1.1. Aire			80	
1.1.1.1. Calidad del aire				30
1.1.1.2. Nivel sonoro				50
1.1.2. Geología. Geomorffa			40	
1.1.2.1. Relieve				25
1.1.2.1. Recursos culturales (PIGs)				15
1.1.3. Suelos			40	
1.1.3.1. Contaminación del suelo				20
1.1.3.2. Capacidad agrológica del suelo				20
1.1.4. Aguas superficiales			40	
1.1.5. Aguas subterráneas			30	
1.2. Medio biótico		240		
1.2.1. Vegetación			120	
1.2.1.1. Formaciones vegetales				100
1.2.1.2. Especies singulares				20
1.2.2. Fauna			120	
1.3. Paisaje		80		
1.3.1. Calidad. Unidades de paisaje			40	
1.3.2. Intervisibilidad			40	
2. MEDIO SOCIOECONÓMICO	300			
2.1. Usos del suelo		130		
2.1.1. Usos productivos			55	
2.1.2. Viario rural			15	
2.1.3. Usos recreativos			20	
2.1.4. Usos recreativos			20	
2.1.5. Conservación de la naturaleza			40	
2.2. Población		70		
2.2.1. Empleo			25	
2.2.2. Calidad de vida			30	
2.2.3. Aceptación social			15	
2.3. Economía		40		
2.4. Infraestructuras y planeamiento urbanístico		60		
3. PATRIMONIO CULTURAL	100			
3.1. Patrimonio histórico artístico		55		
3.2. Arqueología y paleontología		45		
4. PROCESOS	50			
4.1. Erosión		20		
4.2. Inundación		10		
4.3. Incendios		20		

12.1.5. Cuantificación de impactos ambientales

Una vez ponderados los elementos ambientales, se explica, de forma resumida, la manera en que se han detectado los posibles impactos para cada una de las alternativas. Se muestra a continuación un ejemplo real:

En el cruce de las acciones con los factores ambientales se obtiene la lista de los efectos ambientales. Estos efectos los clasificamos en las siguientes categorías:

Efectos especiales: Aquéllos que, aunque su valor no es elevado, tienen una especial relevancia y significación, por lo que su tratamiento debe ser diferente. No se ha detectado ninguno con estas características.

Efectos poco significativos, despreciables o mínimos: Aquéllos en los que el factor afectado sufre una alteración escasa por lo que su mínima relevancia permite excluirlos del proceso de cálculo e ignorarlos de la evaluación numérica

Efectos impredecibles: Que como su nombre indica, son impredecibles, por lo que se excluyen del cálculo automático, aunque se tienen en cuenta en el proceso de evaluación siendo relevantes en la toma de decisiones.

Efectos significativos o impactos: Son los que se valoran y están indicados en la doble Tabla 12.2.

Se indica la lista de impactos detectados para cada alternativa en la doble Tabla 12.2:

Seguidamente se explica, en el mismo caso anterior, la forma en que se han valorado los impactos:

Tabla 12.2. Impactos para cada una de las alternativas.

<i>Alternativa 1:</i>			
Impacto	Fase	Acción	Factor
Impacto 1	Fase de planeamiento		
Impacto 1	Fase de planeamiento		
...	Fase de planeamiento		
Impacto 1	Fase de planeamiento		
<i>Alternativa 2:</i>			
Impacto	Fase	Acción	Factor
Impacto 1	Fase de planeamiento		
Impacto 1	Fase de planeamiento		
...	Fase de planeamiento		
Impacto 1	Fase de planeamiento		

Para valorar los impactos ambientales, en todas las alternativas, se ha realizado para cada uno de los impactos, una valoración cualitativa, en la que se han tenido en cuenta las siguientes características: signo, persistencia (3), reversibilidad (3), recuperabilidad (3), intensidad (8), extensión (3) y acumulación (5), cuya valoración máxima es la indicada entre paréntesis. Se ha obtenido sumando los valores de cada atributo un valor, que se ha normalizado. Se ha realizado también una valoración cuantitativa, midiendo la magnitud del impacto utilizando indicadores directos o indirectos, a los que se ha aplicado una función de transformación obteniendo dicha valoración en unidades homogéneas, para poder comparar entre sí impactos diferentes. El valor de cada impacto se ha obtenido multiplicando el peso del factor ambiental afectado por la valoración cualitativa normalizada y por la valoración cuantitativa en unidades homogéneas.

Y se procede a comparar las distintas alternativas:

Análisis comparativo de alternativas:

Al calcular, para cada una de las alternativas, las valoraciones cualitativas y cuantitativas de cada impacto, así como su valor total, se clasifica cada uno de los impactos en: impactos en compatibles, moderados, severos y críticos.

Se realiza la suma de los valores de cada impacto y se obtiene el impacto total de cada alternativa. Además, se señalan aquellos efectos poco significativos y los de signo impredecible.

A continuación se presentan las tablas resultado de la valoración (Tabla 12.3), teniendo en consideración las medidas protectoras y correctoras de los impactos tenidas en cuenta en el proyecto.

Tabla 12.3. Ejemplo de valoración de impactos para cada una de las alternativas.

<i>Alternativa 1:</i>				
Impacto	Valoración cualitativa	Valoración cuantitativa	Peso del factor	Valor del impacto
1	-0,8	0,5	100	-40,0
a2	-0,5	0,2	20	-2,0
3	-0,9	0,3	40	-10,8
...				
n	-0,3	0,7	20	-4,2
Total				-57

Tabla 12.3. Ejemplo de valoración de impactos para cada una de las alternativas (continuación).

<i>Alternativa 2:</i>				
Impacto	Valoración cualitativa	Valoración cuantitativa	Peso del factor	Valor del impacto
1	-0,5	0,1	100	-5,0
2	-0,6	0,4	20	-4,8
3	-0,3	0,6	40	-7,2
...				
n	-0,2	0,3	20	-1,2
Total				-18,2

Por último se aportan razones que permiten seleccionar la mejor alternativa:

Conclusiones:

Se observa que la valoración numérica del impacto total de las dos alternativas es muy diferente, siendo menor el de la alternativa 2. La máxima afección se produce como consecuencia de ... siendo las acciones ... las que causan efectos notables en ... Son impactos permanentes e irreversibles lo que no permiten ser eliminados con medidas correctoras, aunque sí disminuir su intensidad.

El Real Decreto 1131/88 sobre Reglamento de Evaluación de Impacto Ambiental indica que los impactos deben calificarse de compatibles, moderados, severos o críticos, como se indica en la Tabla 12.4.

En un cuadro (véase Tabla 12.4) se resumen el juicio sobre cada impacto y el número total de impactos moderados, compatibles, severos y críticos obtenido en cada una de las alternativas:

Tabla 12.4. Presentación del juicio de los impactos para cada una de las alternativas.

Impacto	Factor alterado	Juicio sobre el impacto	
		Alternativa 1	Alternativa 2
1		Severo	Compatible
2		Compatible	Compatible
3		Severo	Moderado
...			
n		Compatible	Compatible

Tabla 12.4. Presentación del juicio de los impactos para cada una de las alternativas (continuación).

Luego se tiene en total:

Total	Juicio sobre el impacto	
	Alternativa 1	Alternativa 2
Críticos	0	0
Severos	2	0
Moderados	0	1
Compatibles	2	3

12.1.6. Medidas de minimización de impactos

Es importante adjuntar las observaciones sobre las medidas minimizadoras de impactos, donde es necesario incluir los costes que, se estima, van a producir:

Consideraciones generales

Para minimizar el impacto ambiental es necesario introducir medidas protectoras y correctoras.

Medidas protectoras

Son las medidas que afectan a las acciones del proyecto de forma que se minimicen o eliminen los efectos negativos derivados de ellas. El diseño del proyecto ha incorporado varias: ocupación de zonas ambientalmente menos valiosas, gestión de préstamos y vertederos, asegurar el drenaje natural de todo el territorio, protección del drenaje superficial, protección de la vegetación, evitar la contaminación de las aguas tratando como residuos tóxicos y peligrosos los vertidos de los motores y limpieza de los mismos.

Medidas correctoras

Las medidas tendentes a disminuir los impactos negativos que constan en el proyecto son:

Disminución de la contaminación acústica para que los niveles sonoros no superen en ningún punto los límites deseables: algunas variables ya han sido tenidas en cuenta en el diseño, trazados, rampas mínimas, pavimentos drenantes. Para impedir la propagación del ruido hacia las zonas habitadas o ambientalmente sensibles se utilizan pantallas acústicas y diques de tierra.

Revegetación: Para reducir la erosión de las superficies desnudadas y para integrar paisajísticamente y ambientalmente la obra se realizan tratamientos de revegetación en taludes, desmontes y terraplenes, tratamiento paisajístico en pasos elevados, medianas y enlaces, y el acondicionamiento vegetal en las zonas degradadas, así como pantallas vegetales para disminuir la contaminación del aire y el ruido.

Acopio y gestión de suelos vegetales: Para evitar la destrucción de suelos con valor agrológico se procede a la retirada, almacenamiento y acondicionamiento de la tierra vegetal útil procedente de las zonas ocupadas por la obra.

Protección de yacimientos arqueológicos: Todas las alternativas atraviesan por zonas arqueológicas declaradas bienes de interés cultural, por lo que la obra debe ser autorizada por ... (en cada comunidad autónoma existe un organismo encargado) que antes de otorgar la autorización ordenará la realización de prospecciones arqueológicas superficiales y, en su caso, excavaciones arqueológicas, de acuerdo con lo dispuesto en el título V de la Ley 16/1985, de 25 de junio, del Patrimonio Histórico Español.

Pasos de fauna: Para impedir el paso de fauna a la obra y para dirigir a los animales a estos pasos se procede a un vallado que sea efectivo para dichos objetivos. Se habilitan pasos de fauna según el proyecto.

Medidas compensatorias:

Aunque en ambas alternativas se procurará no dañar las zonas marcadas como I y II se plantea como medida compensatoria la restauración de la zona afectada y la creación de un parque de uso recreativo.

Resumen del coste final del plan de medidas protectoras, correctoras y compensatorias

El coste final de las medidas correctoras aparece reflejado en la Tabla 12.5.

Tabla 12.5. Coste final de las medidas de minimización de impactos.

Medidas correctoras	Alternativa 1	Alternativa 2
Pantallas acústicas	984 000 €	672 000 €
Revegetación	745 000 €	48 000 €
Prospecciones arqueológicas	2 508 €	948 €
Restauración de zonas verdes y parque de ocio	420 000 €	198 000 €
Coste total	2 151 508 €	1 018 948 €

12.1.7. Jerarquización ambiental de las alternativas

Con todo esto ya es posible jerarquizar las distintas alternativas:

Se ha calculado la cuantificación de los impactos y su enjuiciamiento sin medidas correctoras y con medidas correctoras, lo que permite jerarquizar las alternativas según su impacto ambiental, pudiéndose considerar que el impacto de la alternativa 1 es severo, mientras que el impacto de la alternativa 2 es moderado, luego desde el punto de vista ambiental el orden de preferencia es el siguiente:

- 1.º: Alternativa 2;
- 2.º: Alternativa 1:

12.1.8. Plan de Vigilancia Ambiental

Es preciso presentar en este documento un resumen del Plan de Vigilancia Ambiental, como:

Programa de vigilancia ambiental

Tal como indica el Reglamento 1131/1988 de Evaluación de Impacto Ambiental se debe establecer un sistema que garantice el cumplimiento de las indicaciones y medidas protectoras y correctoras contenidas en el estudio de impacto ambiental. El Programa de Vigilancia Ambiental, labor de vigilancia llevada a cabo por parte de la Administración, persigue los siguientes objetivos: a) El cumplimiento efectivo de las medidas protectoras y correctoras; b) El control de los impactos de difícil estimación; c) El seguimiento de los impactos previstos más importantes de acuerdo con la valoración de impactos efectuada en el estudio.

El sistema se basa en el seguimiento de unas acciones y de unos indicadores útiles para conocer el grado de adecuación logrado con el proyecto y establecer, o no, otras medidas correctoras de carácter complementario. Se propone un sistema de verificación mediante inspecciones visuales y emisión de informes periódicos.

El Programa puede dividirse en varios subprogramas específicos, donde se indican los indicadores de impacto hallados en base a los impactos afectados y la representatividad y facilidad de medición de los indicadores, con indicación de los valores máximos admisibles de éstos:

- Programa de seguimiento general del desarrollo de la obra
- Programa de seguimiento del control de ruidos
- Programa de seguimiento de la mortalidad de vertebrados
- Programa de vigilancia de las plantaciones efectuadas
- Programa de vigilancia de la potencial afección al Patrimonio Histórico Español
- Programa de vigilancia de la calidad de las aguas

12.2. PRÁCTICAS

12.2.1. Autoevaluación

1. El objetivo fundamental del documento de síntesis es:
 - a) Seleccionar las alternativas.
 - b) Calcular el valor de los impactos ambientales.
 - c) Organizar el Programa de Vigilancia Ambiental.
 - d) Informar.

2. El documento de síntesis, según la legislación vigente, es:
 - a) Voluntario.
 - b) Conveniente.
 - c) Obligatorio.
 - d) Recomendable.

3. La longitud del documento de síntesis debe ser:
 - a) Tan extenso como se quiera, para poder informar mejor de todo lo necesario.
 - b) Como máximo 25 páginas.
 - c) Lo usual es que tenga entre 30 y 60 páginas.
 - d) Menos de 10 páginas.

4. La redacción del documento de síntesis es:
 - a) Asequible para el público.
 - b) Técnica, dirigida a especialistas.
 - c) Dirigida a la administración competente.
 - d) Dirigida a la persona que debe controlar la obra.

12.2.2. Ejercicios

1. Imagina la instalación de una cantera en Castilla-La Mancha. Busca y escribe el apartado «Marco legal» del documento de síntesis.
2. Imagina que se desea instalar una granja de cerdos. Escribe una lista de acciones para el documento de síntesis teniendo en cuenta las fases de proyecto: planeamiento, construcción, explotación y abandono.
3. Imagina que se desea habilitar un parque de ocio. Escribe una lista preliminar de factores ambientales, que posteriormente se ampliaría y mejoraría utilizando el Método Delphi.
4. Imagina la acción de desforestar un terreno para instalar la maquinaria para construir una explotación ganadera. Escribe para el documento de síntesis un conjunto de medidas minimizadoras de dicho impacto.
5. Imagina la instalación de una piscifactoría. Escribe para el documento de síntesis un posible Programa de Vigilancia Ambiental (PVA).

Glosario

- Abiótico:** adjetivo que se refiere a cada uno de los elementos inertes (no vivos) de un ecosistema.
- Acción del proyecto:** cada una de las actividades independientes entre sí de un proyecto.
- Aclimatación:** adaptación fenotípica a determinadas condiciones ambientales.
- Adaptación:** proceso que permite que un individuo o una población se habitúen a resistir determinadas condiciones ambientales y acomodarse a ellas. Implica modificaciones estructurales y/o funcionales que pueden estar fijadas genéticamente (evolución) o no (aclimatación).
- Agentes modeladores:** los elementos que modifican las rocas (hielo, aire y agua) y con ellas el paisaje.
- Aguas lénticas:** tramo de un curso fluvial en el que el agua fluye muy lentamente, pudiendo llegar a estar estancada.
- Aguas lólicas:** tramo de un curso fluvial en el que el agua fluye rápidamente.
- Albedo:** medida de la cantidad de reflexión de la radiación luminosa incidente que tiene una superficie en particular de la Tierra o de parte de ella respecto a la luz solar.
- Alternativa:** cada una de los posibles proyectos, aunque sean muy diferentes, que solucionan un objetivo concreto. Incluyendo siempre la alternativa de no realizar ningún proyecto.
- Alternativa técnicamente viable:** cada una de las opciones que se comparan en el estudio de impacto ambiental.
- Ambiente:** conjunto de factores bióticos y abióticos que afectan a un organismo, población o comunidad, determinando su estructura y desarrollo.
- Aptitud:** valor que tiene un territorio para el desarrollo de una actividad, desde el punto de vista de lo adecuado que resulta desde el punto de vista de la cercanía de los recursos necesarios, de los clientes y otras características.
- Árbol monumental:** figura de protección aplicada a árboles valiosos por su edad, forma o localización.
- Asociación:** comunidad vegetal o conjunto de especies vegetales que viven en un ambiente determinado y homogéneo y corresponden a determinadas circunstancias del medio.
- Auditoría ambiental:** proceso de control, por parte de un organismo independiente, de la gestión ambiental de una entidad.
- Autopoyesis:** capacidad de autorregulación de los ecosistemas.
- Barrera ambiental:** cualquier circunstancia que impida la dispersión de algún tipo de organismos. Pueden ser barreras naturales (cadenas montañosas, ríos, océanos...) o creadas por el ser humano (valladas, carreteras...).
- Biocenosis:** comunidad representada por la totalidad de los seres vivos que se dan en un lugar y en un momento determinado.
- Biogeocenosis:** contenido semejante al de ecosistema, aunque la derivación y contextos de utilización hayan sido diferentes. Conjunto de elementos vivos e

- inertes que se dan en un lugar y momento determinados.
- Biodiversidad:** (= Riqueza de especies) número de especies de una comunidad.
- Biomasa:** cantidad de materia viva, expresada en unidades de masa.
- Biosfera:** parte del planeta Tierra donde está concentrada la vida, concebida como un sistema de interacciones.
- Biótico:** adjetivo referente a cada uno de los elementos vivos de un ecosistema.
- Biotopo:** espacio natural o conjunto de factores abióticos (no vivos) en el que vive una comunidad o biocenosis.
- Calidad ambiental:** valoración de las características del ambiente.
- Calidad intrínseca del paisaje:** conjunto de cualidades o méritos de un paisaje para ser conservado.
- Caos:** situación en la que no se puede predecir la evolución de una variable. Se puede dar en un sistema dinámico cuando pequeñas variaciones en las condiciones iniciales producen grandes variaciones en el resultado final.
- Caótico:** referente al caos. Un fenómeno es caótico cuando pequeñas variaciones en las condiciones iniciales producen grandes cambios en el resultado, de forma que es imposible predecir el resultado.
- Capacidad:** integración del valor que tiene un territorio para albergar una actividad, teniendo en cuenta tanto la aptitud del territorio para el desarrollo de la actividad, como los impactos que ésta produce en el medio.
- Capacidad de carga del medio (K):** tamaño máximo de una población que un determinado medio puede mantener a largo plazo.
- Capacidad dispersiva:** potencial de los individuos de una especie para distanciarse del lugar donde han nacido.
- Capacidad portante:** potencial de un sustrato para soportar el peso de una infraestructura.
- Caudal:** cantidad de agua que pasa por una determinada cuenca hidrográfica o ramal.
- Caudal ecológico:** el caudal necesario para mantener las características de vegetación y fauna en un determinado curso de agua.
- Cejas (referido a la fluctuación del nivel de los embalses):** es el espacio desnudo que se ve en momentos de poca cantidad de agua.
- Clima:** valores medios de las condiciones atmosféricas a lo largo de varios años (normalmente más de 30). (véase *Tiempo atmosférico*)
- Clima mediterráneo:** clima templado caracterizado por la sequía estival, que produce condiciones adecuadas para los incendios.
- Clima oceánico:** clima templado, caracterizado por abundantes precipitaciones durante todo el año y con temperaturas suaves debido a la cercanía del mar.
- Clima templado:** con cuatro estaciones: primavera, verano, otoño e invierno.
- Clímax:** etapa final de una sucesión, caracterizada por su estabilidad, ya que es la única que no cambia en ausencia de perturbaciones.
- Climodiagrama:** representación gráfica del clima, con una gráfica de las temperaturas y otra de las precipitaciones medias en cada mes.
- Coliformes:** bacterias del tracto digestivo del hombre y animales, que sirven de indicador de contaminación del agua por residuos fecales.
- Complejo territorial natural:** subdivisiones jerárquicas basadas en la estructuración del territorio, distinguiéndose pautas repetibles, complementarias y asociadas de manera característica.
- Comportamiento mecánico:** véase *capacidad portante*.
- Composición florística:** listado de las especies vegetales que existen dentro de cada comunidad.
- Comunidad biológica:** conjunto arbitrario de seres vivos que coinciden en el espacio y en el tiempo e interaccionan entre ellos.
- Condición ambiental:** factor ambiental que, al contrario que los recursos, no se consume con el uso. Por ejemplo, la temperatura, precipitaciones, tipo de suelo, etc.
- Control biológico de plagas:** utilización de especies depredadoras o parásitas de las plagas para controlar sus poblaciones.
- Control de verificación (del Plan de Vigilancia Ambiental):** un muestreo periódico y con medidas continuas de los niveles de vertidos de residuos, ruidos, emisiones para asegurar que se cumple lo establecido.
- Corredor ambiental:** banda estrecha de hábitat que permite el desplazamiento de algún tipo de organismo entre dos hábitats adecuados, a través de lugares no adecuados. Por ejemplo, los setos pueden hacer de corredor ambiental para las especies forestales en-

tre diferentes manchas de bosque rodeadas de cultivos.

Cribado de efectos e impactos: acción por la que se clasifican los efectos ambientales en significativos o impactos y en no significativos o efectos mínimos, eliminando estos últimos de la futura valoración o estudio.

Cuadro de la naturaleza (*Kosmos*): descripción de los procesos naturales relacionados en el mundo, resaltando su unidad.

Cuarteles de cría: lugar donde crían determinadas especies migradoras.

Cuarteles de invernada: lugar donde pasan el invierno determinadas especies migradoras.

Cuenca hidrográfica: reunión de todos los cursos de agua que vierten por un mismo sitio.

Decibelio: décima parte de un belio o bel, que es la unidad de intensidad sonora igual al logaritmo decimal del cociente entre una intensidad sonora dada y otra diez veces más débil previamente determinada.

Declaración de impacto ambiental: documento administrativo realizado por el órgano ambiental en el que se hace pública la decisión del mismo sobre su aceptabilidad desde un punto de vista ambiental y las condiciones necesarias para la misma.

Demanda biológica de oxígeno (DBO): medición en ambientes acuáticos de la cantidad de oxígeno que los organismos serían capaces de absorber si estuviese disponible.

Demanda química de oxígeno (DQO): medición en ambientes acuáticos de la cantidad de oxígeno que se consumiría en la oxidación de los compuestos químicos disueltos, si estuviese disponible.

Desarrollo sostenible: el que se puede producir actualmente sin comprometer el de las generaciones futuras.

Desertificación: proceso por el cual un territorio adquiere características de desierto

Desertización: despoblamiento de un territorio.

Determinístico: sistema regido por unas leyes que permiten predecir el resultado.

Diseminación: alejamiento de los organismos de su lugar de nacimiento o de los centros de densidad de población.

Dispersión: patrón espacial de distribución de los individuos dentro de las poblaciones.

Dispersión al azar: condición en la cual cada individuo se ubica sin relación con la posición de los otros individuos.

Distribución: extensión ocupada por una especie, de una población u otra unidad ecológica, normalmente en un área geográfica, pero a veces también a una escala más pequeña.

Distribución agregada: distribución de los organismos de forma que los individuos se encuentran más próximos entre sí, de lo que lo estarían en un modo aleatorio.

Distribución agrupada: véase *distribución agregada*.

Distribución aleatoria: que no posee un orden o pauta. El resultado de la casualidad, o que no se puede distinguir del mismo.

Distribución contagiosa: véase *distribución agregada*.

Distribución regular: disposición de los individuos entre sí, de forma que aparecen más separados de lo que cabría esperar por azar, por lo que cada individuo mantiene una distancia mínima entre él y sus vecinos.

Diversidad biológica: medida de la complejidad de una comunidad, en la que se tiene en cuenta tanto la riqueza de especies (número de especies), como su abundancia relativa. Es una forma de medir la cantidad de interacciones interespecíficas posibles que se pueden dar en la comunidad.

Ecología: Ciencia que estudia las relaciones que existen entre los seres vivos y entre estos y su ambiente. Puede trabajar en diferentes niveles de integración (poblaciones, comunidades y ecosistemas).

Ecosistema: cualquier área de la naturaleza contemplada como un sistema de relaciones entre los seres vivos (factores bióticos) y el medio inerte (factores abióticos) que se dan en un momento y lugar determinados. Los límites y la escala de observación son arbitrarios (los fija el investigador) y dependen de las relaciones que se estén estudiando.

Ecosistema abierto: ecosistema en el que además de un flujo de energía y un ciclo de materia, se da intercambio de materia con el exterior.

Ecosistema cerrado: ecosistema consistente en un flujo de energía y un ciclo cerrado de materia, en el que la materia ni entra ni sale en cantidades significativas.

Edafología: Ciencia que estudia el suelo y los procesos que en él ocurren.

- Efecto ambiental:** cambio en algún elemento ambiental producido por el proyecto.
- Efecto ambiental mínimo:** aquel que puede demostrarse que no es notable.
- Efecto ambiental notable:** es aquel que es significativo y al que se considera un impacto ambiental. Es aquel que se manifiesta como una modificación del medio ambiente, de los recursos naturales, o de sus procesos fundamentales de funcionamiento, que produzca o pueda producir en el futuro repercusiones apreciables en los mismos; se excluyen por tanto los efectos mínimos.
- Efecto barrera (fauna):** efecto de aislamiento que producen las infraestructuras lineales, impidiendo el paso de animales de unas subpoblaciones a otras y por tanto fragmentando su hábitat y facilitando su extinción.
- Efecto Foehn:** efecto del viento cuando una masa de aire, que se enfría por descompresión al subir una pendiente, perdiendo la humedad que contiene, en forma de precipitaciones, y que cuando baja por la vertiente opuesta, se comprime, calentándose y desecando el ambiente.
- Eficacia (de una medida de minimización de impactos):** indica la capacidad de la medida para cubrir los objetivos mediante el cálculo del impacto residual e incluso del impacto que pudiera producir la propia medida.
- Eficiencia de una medida de minimización de impactos:** indica la relación entre los objetivos perseguidos y los medios que se requieren para ello.
- Eficiencia de la ejecución de una medida de disminución de impactos ambientales:** relaciona la eficacia con el coste, indicando, por ejemplo, el coste por unidad de mejora.
- Elemento ambiental:** cada uno de las partes excluyentes entre sí, en las que se puede dividir para su análisis un sistema o subsistema ambiental, como cada uno de los medios ambientales (medio inerte, medio biótico, etc.). Por ejemplo, en el medio inerte estarían incluidos elementos como el aire, el suelo, el agua y los procesos que se producen en este medio.
- Enjuiciamiento (de un efecto ambiental):** clasificación de dicho efecto de mínimo o notable, y si es notable, de impacto compatible, moderado, severo o crítico.
- Endémico:** que posee un hábitat restringido a un área o distrito determinado.
- Entorno:** medio en el que se desarrolla un proyecto, en el que se incluyen todas las características del ambiente que pueden afectar o que pueden verse afectadas por el desarrollo del proyecto.
- Envuelta geográfica:** concepto más amplio que el de biosfera. Gran sistema de interacciones objeto de todas las ciencias de la naturaleza.
- Erosionabilidad:** capacidad de modificarse el sustrato por la erosión.
- Escala de observación:** definición de una observación en función de la escala temporal y espacial utilizada.
- Escala espacial:** tamaño del territorio observado.
- Escala temporal:** tiempo de observación utilizado.
- Especie:** conjunto de poblaciones capaces de entrecruzarse si las condiciones lo permiten. Cada especie está aislada reproductivamente de otra y evoluciona de forma independiente.
- Especie anadroma:** que pasa la fase adulta en el mar, pero desova en los ríos, donde pasa la fase juvenil.
- Especie catadroma:** que pasa la fase adulta en aguas continentales, pero desova en el mar, donde pasa la fase juvenil.
- Especialista:** especie que utiliza una gama restringida de hábitat o recursos.
- Especialización:** adaptación de la forma o el funcionamiento que hace que un individuo se adecúe particularmente bien a una gama restringida de hábitat, recursos o condiciones ambientales; proceso evolutivo de esta restricción.
- Especie indicadora:** especie cuya abundancia, presencia o ausencia proporciona información sobre las características del ecosistema.
- Estación climatológica o meteorológica:** centros oficiales donde se toman las medidas del tiempo atmosférico en una zona concreta de forma continua a lo largo del tiempo para determinar el clima.
- Estación climatológica de 1.º orden o completas:** las que registran todos los estadísticos climáticos.
- Estación climatológica de 2.º orden o termoplumiométrica:** las que registran sólo temperaturas, precipitaciones y humedad.
- Estación climatológica de 3.º orden o pluviométrica:** las que registran solamente las precipitaciones.
- Estereoscopio:** aparato dotado de lentes que sirve para ver en tres dimensiones fotografías aéreas consecutivas y superpuestas.

- Estructura del ecosistema:** la parte visible o medible del ecosistema. Son las características descriptivas del ecosistema.
- Estudio de impacto ambiental:** documento técnico en el que se identifican y valoran los impactos de las diferentes alternativas de un determinado proyecto, determinando las medidas necesarias para minimizarlos y los mecanismos de control.
- Eutrofización:** proceso de contaminación del agua por un exceso de nutrientes, que produce un crecimiento desmesurado de la vegetación acuática, que cuando muere y se pudre, consume todo el oxígeno disuelto, creando condiciones de anoxia.
- Evaluación ambiental estratégica:** valoración ambiental de las actuaciones administrativas de gestión del territorio, como leyes, planes y programas.
- Evaluación de impacto ambiental:** todo el procedimiento administrativo necesario para determinar la aceptabilidad de un proyecto desde un punto de vista ambiental.
- Evapotranspiración:** concepto que expresa el conjunto de pérdidas de agua, en forma de vapor, de la vegetación y de la superficie del suelo hacia la atmósfera.
- Evolución:** transformación del material genético de las poblaciones. Necesita que se produzcan cambios (mutaciones) y que esos cambios sean seleccionados por el ambiente (selección natural), por el ser humano (selección artificial) o al azar (deriva genética).
- Factor ambiental:** característica medible y/o cuantificable del ambiente.
- Fase del proyecto:** división temporal de las actividades de un proyecto. Cada fase se compone de varias labores que se pueden realizar a la vez.
- Fauna:** conjunto de especies animales que viven en un área o en un medio.
- Fenología:** estudio de los acontecimientos biológicos periódicos.
- Filogenia:** relaciones evolutivas entre especies u otros taxones.
- Fitosociología:** Ciencia que clasifica las comunidades vegetales a partir de su composición florística.
- Florístico:** relativo a la composición específica de las comunidades vegetales.
- Fragilidad:** grado de sensibilidad de los hábitats, comunidades y especies ante cambios medioambientales.
- Fragilidad visual:** grado de deterioro de la calidad que experimenta un paisaje por la introducción en él de una determinada actividad.
- Fragilidad visual adquirida:** fragilidad visual intrínseca de cada punto del territorio, unida a la accesibilidad.
- Fragilidad visual intrínseca de cada punto del territorio:** combinación de la fragilidad visual del punto con la del entorno.
- Frezadero:** zona de puesta de peces o anfibios.
- Función del ecosistema:** la actividad del ecosistema, desde los flujos de energía, materia e información, a la regulación y el propio mantenimiento de su estructura y sus relaciones con el exterior.
- Función de transformación:** en la valoración cuantitativa de impactos ambientales, se denomina a la función que transforma la magnitud en unidades heterogéneas a unidades homogéneas.
- Generalista:** especie con preferencias amplias de alimento o hábitat.
- Geología:** Ciencia que estudia las rocas y los minerales. Elemento ambiental que los contiene.
- Geomorfología:** estudio del modelado del relieve terrestre.
- Geosistema:** parte inerte de un ecosistema. Concepto que aparece para contrarrestar el desequilibrio en la excesiva insistencia en componentes bióticos.
- Gestión ambiental:** procedimiento de evaluación ambiental y mejora permanente de la actividad de una determinada entidad que ya está funcionando (empresa, administración, etc.).
- Hábitat:** lugar concreto que ocupa un individuo, una población o una comunidad.
- Hidrología:** Ciencia que estudia las características y propiedades del agua. Elemento ambiental que la contiene.
- Higrómetro:** aparato de medida de la humedad.
- Impacto ambiental:** es un efecto ambiental notable o significativo. Se suele considerar un efecto ambiental que produce un cambio en la calidad del ambiente.
- Impacto ambiental compatible:** aquel cuya recuperación es inmediata tras el cese de la actividad, y no precisa prácticas protectoras o correctoras.
- Impacto ambiental crítico:** aquel cuya magnitud es superior al umbral aceptable. Con él se produce una pérdida permanente de la calidad de las condiciones ambientales, sin posible recuperación, incluso

con la adopción de medidas protectoras o correctoras.

Impacto ambiental moderado: aquel cuya recuperación no precisa prácticas protectoras o correctoras intensivas, y en el que la consecución de las condiciones ambientales iniciales requiere cierto tiempo.

Impacto ambiental severo: aquel en el que la recuperación de las condiciones del medio exige la adecuación de medidas protectoras o correctoras, y en el que, aun con esas medidas, aquella recuperación precisa un período de tiempo dilatado.

Impacto primario: efecto notable producido sobre un factor ambiental por una acción.

Impacto residual: valor del impacto obtenido teniendo en cuenta las medidas de minimización de impactos.

Impacto secundario: efecto notable producido sobre un factor ambiental por un efecto ambiental primario.

Importancia de un impacto: estimación del valor de un impacto mediante la valoración cualitativa.

Incidencia visual: véase *visibilidad*.

Indicador ambiental: característica de una actividad humana que se puede relacionar con su viabilidad ambiental o con los impactos que la misma produce o va a producir. Por ejemplo, consumo de energía, consumo de agua, cantidad de emisiones o residuos, etc.

Indicador de alarma: medida utilizada para detectar un impacto ambiental. A partir de un determinado valor del indicador, se “dispara la alarma” y hay que realizar determinadas acciones para evitar el impacto.

Indicador de efecto de una medida de minimización de impactos ambientales: indicador que señala si se consigue con la medida los efectos previstos.

Indicador de gestión (de una medida de disminución de impactos ambientales): es un indicador que estima la eficacia, relacionando el grado de cumplimiento de los objetivos con lo conseguido y lo previsto.

Indicador de impacto ambiental: estimación de la magnitud de un determinado impacto ambiental como la diferencia de calidad que produce en el factor ambiental afectado.

Indicador de integración: indicador que integra varios valores de calidad ambiental del ecosistema.

Indicador de realización de una medida de minimización de impactos ambientales: indicador que señala si la medida se ha realizado de la forma conveniente.

Indicador de sensibilidad: un indicador que es muy sensible al cambio de calidad ambiental de un determinado elemento.

Índice de abundancia: medida indirecta de la abundancia de una especie, en la que no se obtiene un valor absoluto, sino estimaciones relativas que sirven para comparar las abundancias en diferentes lugares o en un mismo lugar a lo largo del tiempo. Por ejemplo mediante el número de huellas o de excrementos.

Índice de impacto ambiental: estimación de la magnitud de un determinado impacto ambiental a partir de estimaciones indirectas del valor del factor ambiental afectado.

Índice de incidencia o importancia de un impacto: indica la valoración cualitativa del impacto.

Integridad de un ecosistema: parecido del mismo con la situación que tendría en ausencia de perturbaciones. Normalmente, en ausencia del ser humano.

Intervisibilidad: grado de visibilidad recíproca entre las unidades paisajísticas.

Labor del proyecto: un tipo de actividad dentro de un proyecto y que engloba a varias acciones.

Laurisilva: selva o bosque de plantas de hoja lauroide. Típica de zonas tropicales de montaña o de climas con poca variación de temperatura y humedad permanente.

Límite de tolerancia: el valor de un factor ambiental, a partir del cual desaparece un organismo.

Macroclima: valores medios de los elementos del clima que caracterizan el estado de la capa inferior de la atmósfera en cada lugar, con independencia de las influencias de la topografía, el suelo o la vegetación.

Madurez de un ecosistema: estado en que se encuentra con respecto a la sucesión.

Magnitud de un impacto: estimación del valor de un impacto mediante la valoración cuantitativa que de él se realiza.

Maleza: planta, con alto poder de dispersión, capaz de vivir en hábitats profundamente alterados.

Matriz de importancia: matriz donde se reflejan los valores que se asigna mediante técnicas de valoración cualitativa a las características de cada impacto.

- Medida compensatoria:** es una medida minimizadora de impactos ambientales que ni evita, ni atenúa, ni anula la aparición de un efecto pero compensa la alteración del factor al realizar acciones de efectos positivos.
- Medida conveniente:** es una medida minimizadora de impactos ambientales que corrige impactos recuperables ambientalmente admisibles o disminuye efectos compatibles o moderados que pueden ser corregidos.
- Medida correctora:** es una medida minimizadora de impactos ambientales que consigue anular, corregir o atenuar un impacto recuperable.
- Medida imposible:** cuando se trata de impactos irre recuperables o si es inviable.
- Medida minimizadora de impactos ambientales:** conjunto de modificaciones del proyecto inicial o de subproyectos anejos al mismo que reducen el impacto ambiental final del mismo.
- Medida monovalente:** medida minimizadora de impactos ambientales que disminuye el efecto sobre un único factor, en el que pueden incidir varias acciones.
- Medida obligatoria:** medida minimizadora de impactos ambientales que corrige impactos recuperables ambientalmente inadmisibles.
- Medida polivalente:** medida minimizadora de impactos ambientales que disminuye el efecto negativo sobre más de un factor ambiental.
- Medida posible:** medida minimizadora de impactos ambientales que corrige impactos recuperables.
- Medida protectora o preventiva:** medida minimizadora de impactos ambientales que evita la aparición de un efecto ambiental negativo.
- Medidas sinérgicas:** medidas minimizadoras de impactos ambientales tal que la acción combinada de varias medidas es superior a la suma de cada una de ellas.
- Medio:** agrupación de elementos ambientales que tienen alguna característica en común. Por ejemplo se suele denominar medio biótico a la agrupación de la fauna, la flora y sus interacciones.
- Medio ambiente:** ambiente en el que se desarrolla el ser humano, por lo tanto es el conjunto de factores bióticos, abióticos, sociales, culturales y económicos que pueden afectarle.
- Medio natural:** elementos del medio ambiente que no forman parte del medio socioeconómico.
- Medio socioeconómico:** elementos del medio ambiente que forman parte del patrimonio histórico-artístico, las relaciones sociales y las condiciones de sosiego público.
- Memoria-resumen:** documento técnico que inicia el procedimiento de evaluación de impacto ambiental, en el que el Promotor resume las características de su propuesta a la administración con competencias ambientales.
- Mesoclima:** también llamado topoclima. Variaciones locales del macroclima debidas a los efectos del relieve o del paisaje: laderas de diferente orientación, valles cerrados, etc.
- Mesofauna:** animales que viven dentro de un sustrato, como el suelo o un sedimento acuático.
- Microcosmos:** conjunto de elementos relacionados de forma ordenada, en el que sus partes se integran en unidades sucesivamente superiores. Aplicado a lagos.
- Metapoblación:** población que está dividida en subpoblaciones entre las cuales los individuos migran de tanto en tanto. La fragmentación del hábitat está provocando que muchas especies adopten una estructura de metapoblación.
- Meteorización:** degradación fisicoquímica de la roca y los minerales que la componen en la base del suelo.
- Microambiente:** condiciones dentro de un microhábitat, o sea, las experimentadas por un individuo en un momento dado.
- Microclima:** variaciones locales de los elementos del clima, determinadas por la microtopografía, la vegetación y el suelo.
- Microhábitat:** porción del hábitat que encuentra un individuo en un momento dado en el curso de sus actividades.
- Mosaico (heterogeneidad ambiental):** lugar en que distintos lugares, con características muy diferentes, se encuentran en un espacio más o menos reducido.
- Muestreo:** estadísticamente, el muestreo es un procedimiento destinado a la estimación no sesgada de los parámetros estadísticos de una población, como por ejemplo su media y varianza. Estas variables son la forma, la dimensión, el número y la distribución en el terreno de las unidades de observación.
- Muestreos al azar:** cada zona que se muestrea tiene la misma posibilidad que las demás de ser elegida y

- éstas no condicionan la elección de otros puntos de muestreo.
- Muestreos estratificados:** pueden ser al azar o regulares, pero dentro de cada biotopo o hábitat previamente reconocido.
- Muestreos regulares:** los puntos de muestreo están regularmente distribuidos.
- Nanoclima:** también llamado epiclima. Valores de los elementos del clima correspondientes al intervalo situado a pocos milímetros sobre la superficie del suelo o de los organismos.
- Nicho ecológico:** valores de los diferentes factores ambientales que se dan en hábitat determinado.
- Nivel de daño económico:** nivel de abundancia de una plaga en el que los costes del control de la misma igualan los beneficios que se producen.
- Nivel de significación de una prueba estadística (α):** probabilidad de aceptar una hipótesis falsa como verdadera.
- Nivel trófico:** descripción del comportamiento energético de una serie de especies: autótrofos, herbívoros, carnívoros...
- Oligotrófico:** pobre en los nutrientes minerales necesarios para las plantas verdes. Relativo a un hábitat acuático con baja productividad.
- Ombroclima:** descripción y clasificación del clima en función de las precipitaciones.
- Óptimo ecológico:** valor de cada factor ambiental en el que un determinado organismo se desarrolla de la mejor manera posible (máxima descendencia) en condiciones naturales, es decir, teniendo en cuenta la competencia con otras especies.
- Óptimo fisiológico:** valor de cada factor ambiental en el que un determinado organismo se desarrolla de la mejor manera posible (máxima descendencia) en condiciones de ausencia de competencia con otras especies.
- Ordenación del territorio:** análisis de un modelo territorial orientado a compatibilizar las actividades que se realizan en el mismo, desde un punto de vista social, económico y ambiental.
- Órgano Ambiental:** administración encargada de realizar la valoración y la declaración ambiental de un determinado proyecto.
- Órgano Sustantivo o Competente:** administración encargada de otorgar la licencia necesaria para la realización de un determinado proyecto.
- Ozono:** molécula que consiste en tres átomos de oxígeno (O_3) que, en la atmósfera superior, bloquea la penetración de luz ultravioleta en la superficie de la tierra.
- Paisaje:** concepto antropocéntrico, relativo a la percepción por el observador de un sistema de relaciones ecológicas subyacentes.
- Paleártico:** región faunística que incluye todo el continente Euroasiático.
- Participación pública:** parte de cualquier proceso de valoración ambiental (incluida la evaluación de impacto ambiental) en la que todos los agentes sociales afectados pueden expresar sus opiniones, tanto sobre el diseño que deberá tener el estudio, como sobre los resultados del mismo.
- Perfil de temperatura:** relación de la temperatura con la profundidad por debajo de la superficie del agua o el suelo, o la altura por encima del suelo.
- Perfil del suelo:** caracterización vertical de la estructura del suelo a través de sus distintos horizontes o capas.
- Perturbación:** situación anormal en una población, comunidad o ecosistema, en la que se produce una mortalidad de una proporción de la biomasa mucho mayor de lo habitual (incendio, arado, plagas,...).
- Piso bioclimático:** con este término se expresa cada uno de los tipos o grupos de vegetación que se suceden en una zonación altitudinal o latitudinal.
- Plaga:** especie que por diversas causas adquiere un crecimiento exponencial, destruyendo los recursos que utiliza, pudiendo perjudicar al ser humano, cuando esos recursos son cultivos u otros bienes. El término se utiliza también de forma general para todas las especies que pueden llegar a provocar un daño económico.
- Plan de vigilancia ambiental:** documento administrativo que forma parte del estudio de impacto ambiental, el cual describe la forma en que se tiene que controlar la correcta ejecución del proyecto y de las medidas de minimización de impactos.
- Plasticidad ecológica:** capacidad de adaptarse a ambientes diferentes.
- Pluviómetro:** aparato de medida de las precipitaciones.
- Población:** conjunto de individuos de una misma especie entre los que existe un flujo de genes, es decir, que viven en un momento y lugar determinados y se reproducen entre ellos.
- Potencia de una prueba estadística (β):** probabilidad de rechazar una hipótesis cierta.
- Potencial acuífero:** capacidad que tienen las rocas subyacentes de almacenar agua.

- Potencial de vistas:** visión de dentro a fuera de la cuenca visual.
- Potencial recreativo:** estímulo para el esparcimiento, el senderismo o la acampada, así que mayor valor; relacionado con la naturalidad y la accesibilidad.
- Producción:** acumulación de energía o de biomasa.
- Producción bruta:** energía u nutrientes totales asimilados por un organismo, una población o una comunidad entera. *Véase también Producción neta.*
- Producción neta:** energía o nutrientes totales acumulados como biomasa por un organismo, una población o toda una comunidad mediante el crecimiento y la reproducción; producción bruta menos respiración.
- Producción primaria:** fijación (producción primaria bruta) o acumulación (producción primaria neta) de energía y nutrientes por las plantas verdes y otros autótrofos.
- Producción primaria bruta:** fijación total de energía mediante la fotosíntesis.
- Producción primaria neta:** energía total acumulada por las plantas. Fotosíntesis - respiración.
- Producción secundaria:** energía fijada (bruta) y acumulada (neta) por los animales.
- Productor primario:** planta verde u otro autótrofo que asimila energía de la luz para sintetizar compuestos orgánicos.
- Proliferación:** incremento brusco en el número de una población, especialmente cuando se alteran los controles ecológicos naturales.
- Precipitación:** lluvia o nevada. También, el cambio de un compuesto de una forma disuelta a otra sólida.
- Programa de Vigilancia Ambiental (PVA):** documento de control que contiene el conjunto de especificaciones técnicas que permiten a la Administración realizar el seguimiento de lo convenido en el Estudio de Impacto Ambiental.
- Promotor de un proyecto:** entidad que pide la autorización para realizar un determinado proyecto.
- Proyecto:** documento técnico que describe todas las características (localización, acciones, materiales necesarios, etc) de una determinada actividad.
- Público:** una o más personas físicas o jurídicas y sus asociaciones, organizaciones o grupos.
- Público afectado:** el público al que puede afectar un determinado proyecto, tanto directa como indirectamente.
- Público interesado:** el público afectado o que puede serlo o que tiene un interés en la toma de la decisión, incluyendo a las ONG medioambientales.
- Punto de compensación:** profundidad del agua o nivel de la luz en el cual la respiración y la fotosíntesis se equilibran. Límite inferior de la zona eufótica.
- Punto de saturación:** con respecto a la producción primaria, cantidad de luz que hace que la fotosíntesis alcance su tasa máxima.
- Radiación:** energía emitida en forma de ondas electromagnéticas.
- Radiación infrarroja (IR):** radiación electromagnética que tiene una longitud de onda mayor de 700 nm.
- Radiación ultravioleta (UV):** radiación electromagnética que tiene una longitud de onda menor de 400 nm.
- Rareza:** propiedad de ser poco común.
- Recurso:** factor ambiental que se consume con el uso, es decir, cuando es utilizado por un organismo, la cantidad disponible para el resto disminuye. Por ejemplo, el agua o los nutrientes.
- Recurso limitante:** recurso que regula el crecimiento de un ser vivo, es decir, el que al aumentar su disponibilidad, produce un mayor crecimiento del organismo.
- Recurso natural:** todas las características de la naturaleza (energía, materia, espacio físico e información) que utiliza el ser humano en sus actividades. Puede encontrarse en cantidades limitantes y llegar a tener un valor económico.
- Red trófica:** representación del flujo de energía entre las poblaciones de una comunidad, por medio de la alimentación.
- Régimen hídrico:** fluctuaciones que sufre el caudal de un río a lo largo de un año.
- Relación de transferencia:** relación que se da entre dos componentes (bióticos o abióticos) de un ecosistema, en la que un elemento (receptor) adquiere materia, energía o información del otro elemento (dador).
- Rendimiento máximo sostenible (RMS):** el máximo rendimiento sostenible teórico que se puede obtener de una población, manteniendo su tamaño poblacional en la mitad de la capacidad de carga del medio. Es necesario un monitoreo constante y si la población tiene problemas necesitará de tiempos de descanso (sin explotación).

- Rendimiento óptimo sostenible (ROS):** rendimiento sostenible que se realiza con un tamaño poblacional por encima del valor de RMS, de forma que existe una autorregulación natural en caso de perturbaciones.
- Rendimiento sostenible:** al gestionar una población o un recurso renovable, la producción que se puede mantener a lo largo del tiempo sin llevar a la población o al recurso al declive.
- Representatividad:** cualidad de representar a una zona más amplia en sus características.
- Resiliencia:** capacidad de un cuerpo (aplicable también a una comunidad o un ecosistema) de volver a la misma situación de equilibrio después de una perturbación.
- Reversibilidad:** se refiere a la dificultad que se puede tener para volver de forma natural al estado anterior a una acción.
- Riesgo ambiental:** impacto ambiental que tiene una determinada probabilidad de producirse. Si esta probabilidad es muy pequeña, se denominará «accidente».
- Ruido:** sonido molesto o no deseado en un lugar o momento equivocado.
- Salud ambiental:** estimación de la calidad ambiental basada en la comparación del medio ambiente con un organismo, que cuando pierde parte de sus funciones, puede considerarse enfermo.
- Scoping:** fase inicial del proceso de evaluación de impacto ambiental en la que se determina el alcance y contenido que deberá tener el estudio de impacto ambiental.
- Screening:** análisis de un proyecto con el objetivo de determinar la necesidad de que se someta al procedimiento de evaluación de impacto ambiental.
- Sicrómetro:** aparato de medida de la humedad relativa.
- Sinergia:** efecto de potenciación de los efectos positivos o negativos de una acción de un proyecto o de una medida de minimización de impactos.
- Singularidad:** cualidad valorativa de un elemento por tener implicaciones culturales, científicas, educativas o recreativas.
- Sistema:** conjunto de objetos relacionados entre sí y de sus relaciones. Para poder hablar de un sistema, las relaciones entre estos objetos tienen que producir nuevas propiedades que no existen para los objetos iniciales (propiedades emergentes).
- Sistema social:** sistema formado por las relaciones entre las personas y entre grupos de personas (también es aplicable para otras especies).
- Situación preoperacional:** cómo está el medio antes de que un proyecto opere, antes de que haya una actuación.
- Sostenibilidad:** principio ético basado en el principio de equidad entre las generaciones actuales y las generaciones futuras.
- Sostenibilidad ambiental:** mantenimiento de los recursos naturales y el funcionamiento de los ecosistemas para las generaciones futuras.
- Sostenibilidad económica:** aumento rentable y financieramente posible de la sostenibilidad ambiental y social.
- Sostenibilidad social:** mantenimiento de la cohesión social y eliminación de la pobreza, de forma que sea posible la sostenibilidad ambiental y la mejora de la calidad de vida de toda la humanidad en su conjunto.
- Sucesión:** cambios direccionales (no cíclicos) que se producen en una comunidad en ausencia de perturbaciones. Las comunidades pioneras cambian a lo largo del tiempo hasta llegar a una etapa estable o clímax.
- Sucesión cíclica:** cambio comunitario continuo a través de una secuencia de etapas que se repite.
- Sucesión primaria:** secuencia de comunidades que se desarrollan en un hábitat recién expuesto desprovisto de vida.
- Sucesión secundaria:** progresión de las comunidades en hábitats donde la comunidad clímax ha sido alterada o eliminada.
- Suelo:** sustrato sólido de las comunidades terrestres resultante de la interacción del clima y las actividades biológicas con la formación geológica subyacente.
- Sustentabilidad:** véase *Sostenibilidad*.
- Tasa de renovación:** tiempo que tarda en renovarse la biomasa de un ecosistema. Es decir, el tiempo que permanecen las mismas moléculas de carbono dentro de un determinado nivel trófico.
- Taxón:** cada una de las subdivisiones en las que se clasifican los organismos.
- Taxonomía:** Ciencia que clasifica los organismos vivos, separándolos en diferentes taxones.
- Termómetro:** aparato de medida de las temperaturas.
- Territorialidad:** comportamiento de defensa de un territorio.

- Tiempo atmosférico:** condiciones atmosféricas en un momento determinado o la media de varios días o meses (véase *clima*).
- Topografía:** Ciencia que estudia la forma de la superficie de la Tierra.
- Transecto:** una línea o faja estrecha y continua que proporciona las características de una sección transversal de la vegetación. El transecto en línea es el más sencillo de realizar: consiste en un registro de las plantas existentes a lo largo de una línea. La transección de faja es una banda de vegetación de anchura uniforme y longitud considerable.
- Umbral admisible:** valor límite de un indicador, a partir del cual se supone que el cambio ambiental es apreciable y por lo tanto es necesario contrarrestarlo.
- Unidad ambiental:** cada una de las subdivisiones jerárquicas y homogéneas que se dan en un determinado paisaje o complejo territorial.
- Unidad ambiental internamente homogénea:** Para cada elemento ambiental, las parcelas de territorio que tienen un mismo valor y respuesta a las alteraciones.
- Unidades heterogéneas (del valor de un impacto):** son distintas para los diferentes impactos, por lo que no pueden sumarse.
- Unidades homogéneas (del valor de un impacto):** se utiliza una misma unidad de medida mediante una función de transformación que permite comparar y sumar los valores de los distintos impactos.
- Valoración de un impacto ambiental:** utilización de distintas técnicas, cualitativas y/o cuantitativas, para dotar de un valor al impacto.
- Vecería:** proceso por el cual las especies vegetales concentran la producción de semillas en algunos años, de forma que las poblaciones de depredadores de semillas no pueden ser muy numerosas y los años de muchas semillas, muchas sobrevivirán.
- Vegetación:** plantas que existen en una zona determinada.
- Vegetación potencial:** plantas que se supone que llegarían a habitar una zona de forma estable (clímax) si la sucesión se mantuviese sin cambios climáticos ni perturbaciones.
- Vigilancia previa al Plan de Vigilancia Ambiental:** medida de las variables antes de la realización del proyecto para determinar las condiciones existentes, rangos de variación y procesos de cambio.
- Vigilancia de efectos (del Plan de Vigilancia Ambiental):** medida de las variables durante la ejecución y operación del proyecto para determinar los cambios ocurridos como consecuencia del mismo.
- Visibilidad:** visión de fuera a dentro de la cuenca visual.
- Xérico:** relativo a hábitats en los cuales la producción vegetal está limitada por la disponibilidad de agua.
- Xerófita:** planta que tolera condiciones secas (xéricas).
- Yermo:** región con vegetación escasa debido a alguna propiedad física o química del suelo.
- Zona de vida:** cinturón de vegetación más o menos definido que aparece en una latitud o una altitud determinadas y que es característico de ellas.
- Zona oceánica:** región del océano más allá de las plataformas continentales.
- Zonación:** distribución de los organismos en bandas o regiones correspondientes a cambios en las condiciones ecológicas a lo largo de un continuum, por ejemplo, la zonación intermareas y la zonación altitudinal.

Bibliografía

- Aguilar Fernández, S.: *El reto del medio ambiente. Conflictos e intereses en la política medioambiental europea*. Alianza Universal. Madrid, 1997.
- Aguilo, M.: *Metodología para la evaluación de la fragilidad visual del paisaje*. Tesis Doctoral. E. T. S. Ingenieros de Caminos, Universidad Politécnica de Madrid, 1981.
- Alonso Picón, J. F.: «Evaluación de Impacto Ambiental de Galicia». Master en Ciencia e Tecnología Ambiental. *Colección Cursos, Congresos e Simposios*. Universidad de La Coruña. La Coruña, 1998.
- Arce Ruiz, R. M.: *La Evaluación de Impacto Ambiental en la encrucijada. Los retos del futuro*. Ecoiuris. Madrid, 2002.
- Azqueta Oyarzun, D.: *Valoración económica de la calidad ambiental*. Mc Graw-Hill. Madrid, 1994.
- Azqueta, D., Pérez y Pérez, L.: *Gestión de espacios naturales. La demanda de servicios recreativos*. McGraw-Hill. Madrid, 1996.
- Barredo Cano, J. I.: *Evaluación multicriterio y sistemas de información geográfica en la ordenación del territorio*. Ed. RA-MA. Madrid, 1996.
- Barreiro, J.: *Valoración de los beneficios derivados de la protección de espacios protegidos*. Ministerio de Medio Ambiente. Publicaciones del OOAA Parques Nacionales, Colección Técnica. Madrid, 1998.
- Battelle Columbus Laboratory: *Environmental Evaluation System for Water Resource Planning*. Springfield, 1972.
- BLM (U.S.D.I., Bureau of Land Management): *Visual simulation techniques*. Government Print Office, Washington, D.C.: EE.UU., 1980.
- Borrajo Sebastián, J. (dir.): *Atlas de espacios naturales y recursos culturales de interés para el trazado de carreteras del Estado*. Dirección General de Carreteras. Ministerio de Obras Públicas, Transporte y Medio Ambiente. Madrid, 1993.
- Bosque Sendra, J.: *Sistemas de Información Geográfica*. Ediciones Rialp. Madrid, 1997.
- Bustillo Núñez, J. M. y Marcos Naviera, L. A.: *Metodología para la evaluación del impacto ambiental*. Cursos de verano. Universidad de Burgos. Departamento de Químicas E. U. P. Burgos, 1997.
- Cachón de Mesa, J. y otros: *Protocolo para la evaluación estratégica de planes y programas hidráulicos: Antecedentes y experiencias*. CEDEX. Madrid, 1997.
- Canter, L. W.: *Environmental Impact of Water Resources Projects*. Lewis Publishers. Inc., 1986.

- Canter, L. W.: *Manual de Evaluación de Impacto Ambiental. Técnicas para la elaboración de los estudios de impacto*. Mc Graw-Hill. Madrid, 1999.
- Canter, L. W. y Hill, L. G.: *Handbook of Variables for environmental Impact Assessment*. Ann. Arbor. Science. Ann. Arbor, 1979.
- CEDEX: *Cursos sobre criterios de análisis valoración y conservación de la fauna en los estudios de impacto ambiental*. CEDEX. Ministerio de Obras Públicas, Transporte y Medio Ambiente. Madrid, 1994.
- CEOTMA: *Estudios económicos-financieros de los Planes Generales*. Madrid, 1979.
- CEOTMA: *Guía para la elaboración de estudios del medio físico: Contenido y metodología*. Madrid, 1984.
- Colegio Oficial de Ingenieros Agrónomos de Levante: *Introducción a los estudios de impacto ambiental*. Valencia, 1989.
- Colegio Oficial de CCPP de Cataluña, Comunidad Valenciana, Extremadura y Baleares: *El impacto ambiental*. Barcelona, 1990.
- Colegio Oficial de Ingenieros Agrónomos de Centro y Canarias: *Manual de actuaciones y prácticas ambientales*. Editorial Agrícola Española y Mundi-Prensa. Madrid, 1996.
- Conesa Fernández-Vítora, V.: *Guía metodológica para la Evaluación del Impacto Ambiental*. Ed. Mundi-Prensa. Bilbao, 1996.
- Díaz, A. y Ramos, A. (ed.): *La práctica de las estimaciones de impactos ambientales*. Fundación Conde del Valle de Salazar. E. T. S. I. Montes. UPM. Madrid, 1987.
- Escribano, M. M.; de Frutos, M.; Iglesias, E.; Mataix, C. y Torrecilla, I.: *El paisaje. Unidades Temáticas Ambientales de la DGMA*. Ministerio de Obras Públicas y Urbanismo. Madrid, 1987.
- Español, I. y otros: *Protocolo para la evaluación ambiental estratégica*. CEDEX. Madrid, 1999.
- Estevan Bolea, M. T.: *Las evaluaciones de impacto ambiental*. Cuadernos del CIFCA. Madrid, 1977.
- Estevan Bolea, M. T.: *Las evaluaciones de impacto ambiental. Criterios y metodologías*. Boletín informativo del medio ambiente. Madrid, julio-septiembre. Madrid, 1981.
- Estevan Bolea, M. T.: *Evaluación del Impacto Ambiental*. ITSEMAP. Madrid, 1984.
- F.A.O.: *Calidad del agua para la agricultura*. Roma, 1976.
- F.A.O.: *Efectos del agua en la calidad de los cultivos*. Roma, 1980.
- Forman, R. T. T. y Gordon, M.: *Landscape Ecology*. John Wiley and Sons, Nueva York, 1986.
- Gago Rodríguez, A. y Labandeira Villot, X.: *La reforma fiscal verde. Teoría y práctica de los impuestos ambientales*. Mundi-Prensa. Madrid, 1999.
- Galletta B. y otros: *Valutazione di Impatto Ambientale del Tracciato Autostradale Rieti-Terni-Orte. Regione del l'Umbria*. Dipartimento per l'Assetto del Territorio. Ufficio del Piano Urbanístico Territoriale, 1985.
- García Álvarez, A.: *Guía práctica de evaluación de impacto ambiental*. Amaru ed. Madrid, 1994.
- García Sencherms, A.: *Ruido de tráfico urbano e interurbano. Manual de planificación urbana y la arquitectura*. CEOTMA/Ministerio de Obras Públicas y Urbanismo. Manual núm. 4. Madrid, 1983.
- Gaviña, M.; Ramos, J. L. (ed.): *Tratado del medio natural*. Universidad Politécnica de Madrid. Madrid, 1981.
- Generalitat Valenciana: *El Medio Ambiente en la Comunidad Valenciana*. Valencia, 1987.
- Gómez Orea, D.: *Evaluación de Impacto Ambiental de Proyectos Agrarios*. IRYDA. Madrid, 1988.
- Gómez Orea, D.: *Evaluación de Impacto Ambiental*. Ediciones Mundi-Prensa. Madrid, 2002.
- González Bernáldez, F.; Díaz Pineda, F. y otros: *Estudio temático ecológico de la subregión de Madrid*. Informe para COPLACO, Ministerio de la Vivienda. Madrid, 1973.
- González Bernáldez, F.: *Ecología y paisaje*. Blume ed. Madrid, 1981.
- Hernández, S.: *La legislación de evaluación de impacto ambiental en España*. Ed. Mundi-Prensa. Madrid, 2000.

- Instituto Tecnológico GeoMinero de España: *Manual de restauración de terrenos y evaluación de impactos ambientales en minería*. MINER. Madrid, 1989.
- Instituto Tecnológico GeoMinero de España: *Evaluación y corrección de impactos ambientales*. Serie: Ingeniería GeoAmbiental. Instituto Tecnológico GeoMinero de España. Ministerio de Industria y Energía. Madrid, 1992.
- Jiménez Beltrán, D.: *Desarrollo, contenido y programa de las evaluaciones de impactos ambientales. Teoría general de evaluación de impactos*. CIFCA. Madrid, 1977.
- Johansson, P.: *Cost-benefit analysis of environmental change*, Cambridge University Press, 1993.
- Kurtze, G.: *Física y técnica de la lucha contra el ruido*. Urmo, D. L. Bilbao, 1972.
- Leopold, L. B.; Clarke, F. E.; Hanshaw, B. B. y Balsley, J. R.: «A procedure for evaluating environmental impact», *U. S. Geological Survey Circular*, 645. Dep. of Interior. Washington D. C., 1971.
- Lovelock, J. E.: *GAIA, a new look at life on Earth*. Oxford University Press, 1979
- Martín Cantarino, C.: *El Estudio de Impacto Ambiental*. Publicaciones de la Universidad de Alicante. Murcia, 1999.
- Martínez, G; Alegre, J.; Oliver, J. y Ordóñez, J.: *Scoping: Optimización del proceso de redacción de los Estudios de Impacto Ambiental*. Universidad de Granada. Granada, 2001.
- Mc Harg, I. A.: *A comprehensive route selection method*. Highway Research Record, 246. Highway Research Board. Washington D. C, 1968.
- Mc Harg, I. A.: *Design with nature*. John Wiley and Son. Inc, 1992.
- Ministerio de Medio Ambiente: *Guías metodológicas para la elaboración de estudio de impacto ambiental. 1. Carreteras y ferrocarriles*. Series monográficas. Madrid, 2000.
- Ministerio de Medio Ambiente: *Guías metodológicas para la elaboración de estudio de impacto ambiental. 2. Grandes Presas*. Series monográficas. Madrid, 2000.
- Ministerio de Medio Ambiente: *Guía para la Elaboración de Estudios del Medio Físico. Contenido y Metodología*. Secretaría General de Medio Ambiente. Madrid, 1996, 2000.
- Mitchell, R. C. y Carson, R. T.: *Using Surveys to Value Public Goods: The Contingent Valuation Method, Resources for the Future*, Washington, D. C, 1989.
- Ministerio de Obras Públicas y Transporte: *Glosario de contaminación del aire*. Madrid, 1991.
- Ministerio de Obras Públicas y Transporte: *Paisaje y educación ambiental. Evaluación de cambios de actitudes hacia el entorno*. Madrid, 1992.
- Ministerio de Obras Públicas y Urbanismo: *Guía para la Elaboración de Estudios del Medio Físico: Contenido y Metodología*. CEOTMA. Madrid, 1981.
- Ministerio de Obras Públicas y Urbanismo: *Curso sobre evaluaciones de impacto ambiental. DGMA/CIFCA*. Madrid, 1984.
- Ministerio de Obras Públicas y Urbanismo: *Guías metodológicas para la elaboración de estudio de impacto ambiental. 1. Carreteras y ferrocarriles*. DGMA. Madrid, 1989.
- Ministerio de Obras Públicas y Urbanismo: *Guías metodológicas para la elaboración de estudio de impacto ambiental. 2. Grandes presas*. DGMA. Madrid, 1989.
- Ministerio de Obras Públicas y Urbanismo: *Guías metodológicas para la elaboración de estudio de impacto ambiental. 3. Repoblaciones forestales*. DGMA. Madrid, 1990.
- Ministerio de Obras Públicas y Urbanismo: *Guías metodológicas para la elaboración de estudio de impacto ambiental. 4. Aeropuertos*. DGMA. Madrid, 1991.
- Ministerio de Obras Públicas y Urbanismo: *Degradación de zonas áridas en el entorno mediterráneo*. Madrid, 1989.
- Ministerio de Obras Públicas y Urbanismo: *Contaminación de aguas subterráneas*. Madrid, 1991.
- Otero, I.; Monzón, A.; García, M.; Casermeiro, A. y Canga, L.: *Impacto ambiental en carreteras. Evaluación y restauración*. Consejería de Medio Ambiente de la Comunidad de Madrid y Asociación Española de la Carretera, 1999.

- Panizza M.: *Geomorfología applicata. Metodi di applicazione alla Pianificazione territoriale e alla Valutazione d'Impatto Ambientale*. La Nuova Italia Científica, Roma, 1988.
- Pearce, D. W. y Turner, R. K.: *Economía de los recursos naturales y del medio ambiente*. Celeste Ediciones. Madrid, 1995.
- Peinado, M. y Rivas-Martínez S. (ed.): *La vegetación de España*. Colección aula abierta. Universidad de Alcalá de Henares. Alcalá de Henares, 1987.
- Peinado Lorca, M. y Sobrini Sagaseta de Ilúrdoz, I. M.: *Avances en evaluación de impactos ambientales y ecoauditoría*. Ed. Trotta. Madrid, 1997.
- Ramos, A. (ed.): *Tratamiento funcional de los taludes artificiales*. Monografías del ICONA. Madrid, 1974.
- Ramos, A. (ed.): *Diccionario de la naturaleza. Hombre, ecología paisaje*. Espasa Calpe. Madrid, 1987.
- Ramos Fernández, A.: *Planificación física y ecológica*. Ed. EMESA. Madrid, 1979.
- Riera, P.: *Manual de valoración contingente*. Madrid: Instituto de Estudios Fiscales, 1994.
- Riera, P.: *Evaluación de impacto ambiental*. Rubes. Barcelona, 2000.
- Rivas-Martínez y otros: *Memoria y mapas de series de vegetación de España 1:400.000*. ICONA. Madrid, 1987.
- Santaolalla, J. y otros: *Directorio de enlaces de Medio Ambiente (DEMA)*. EOI. Madrid, 2000.
- Sanz Sa, J. M.: *El ruido*. Unidades temáticas Ambientales de la DGMA. Ministerio de Obras Públicas y Urbanismo. Madrid, 1987.
- Soil Survey Staff: *Soil Survey Manual*. U. S. Department of Agriculture Handbook, núm. 18, U. S. D. A., Washington, D. C., 1951.
- Ureña, J. M. y Palao, M.: «Propuesta de modificación del Método Delphi para su uso en la Ordenación del Territorio», *Revista de Obras Públicas*, julio 1981. 507-512.
- Yeomans, W. C.: *Visual Impact Assessment: Changes in natural and rural environment* (en Smardon, R. C., Palmer, J. E., Felleman, J. P. (Eds.). Foundations for Visual project análisis). John Wiley and Sons, Nueva York, 1986.
- Zadeh, L. A.: Fuzzy sets. *Information and control* 8 (1965), pp. 338-353.

Apéndice 1

Instrucciones para el uso del CD

El libro lleva adjunto un CD en que se han incluido materiales adecuados para ampliar la información contenida en el libro como ejemplos reales, legislación actualizada o prácticas de computador.

El CD es autoejecutable, por lo que al introducirlo en el computador debería entrar. Para que funcione correctamente el computador debe de tener instalado «Internet Explorer» u otro explorador de Internet. En caso de que no se autoejecute (si esta opción está bloqueada en su computador), puede entrar en el CD y abrir el archivo *index.html*.

El menú principal consta de los siguientes apartados:

1. **Legislación**
2. **Contactos de interés**
3. **Ejemplos de Declaración de Impacto Ambiental**
4. **Prácticas**
5. **Materiales**

1. LEGISLACIÓN

En el apartado de legislación se ha incluido toda la normativa específica de Evaluación de Impacto Ambiental, pero también muchas normas sectoriales que pueden ser de utilidad. Para ayudar a las consultas se ha clasificado la información en:

- Legislación sobre Evaluación de Impacto Ambiental que afecta a España.
- Otra legislación citada en el libro.

Dentro de «Legislación sobre Evaluación de Impacto Ambiental que afecta a España» se han separado los siguientes apartados:

1. INTERNACIONAL
2. UNIÓN EUROPEA
3. LEGISLACIÓN ESPAÑOLA
4. COMUNIDADES AUTÓNOMAS

Dentro de «Otra legislación citada en el libro» se ha clasificado ésta en:

CONVENIOS INTERNACIONALES
LEGISLACIÓN DE OTROS PAÍSES (NEPA)
PROGRAMAS DE ACCIÓN COMUNITARIOS EN MATERIA
DE MEDIO AMBIENTE
OTRA LEGISLACIÓN EUROPEA
CATÁLOGOS DE ESPECIES PROTEGIDAS
PÁGINAS WEB PARA ACTUALIZAR LA LEGISLACIÓN

En cada uno de estos apartados existe una lista de normas a las que se puede acceder pinchando encima. En caso de que no se pueda acceder directamente, se pueden buscar en las carpetas del CD del mismo nombre. Las normas se encuentran en formatos diferentes: la mayoría en formato *html*, por lo que se pueden consultar en el mismo explorador con el que se está viendo el CD. En muchos casos están en formato *pdf*, por lo que es necesario tener instalado en el computador el *Acrobat Reader*, que es un programa gratuito que se puede descargar desde el *link* que aparece en la parte inferior de la página de inicio del CD. En algunos casos, la normativa se encuentra en formato *doc*, por lo que es necesario tener instalado algún programa capaz de leer este formato (*Word* o equivalente).

Los contenidos de cada uno de estos apartados son:

LEGISLACIÓN SOBRE EVALUACIÓN DE IMPACTO AMBIENTAL QUE AFECTA A ESPAÑA

1. INTERNACIONAL

- Instrumento de Ratificación del Convenio sobre evaluación del impacto en el medio ambiente en un contexto, transfronterizo, hecho en **Espoo** (Finlandia) el 25 de febrero de 1991, *BOE* 261, de 31-10-97.

2. UNIÓN EUROPEA

- 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. *DO-CE* 175/L, de 05-07-85.

- Directiva del CONSEJO DE LAS COMUNIDADES EUROPEAS, 90/313/CE, de 7 de junio de 1990, sobre libertad de acceso a la información en materia de medio ambiente. *DOCE* 158/L, 23-06-90.
- Reglamento (CEE) 880/1992 del Consejo de 23 de marzo de 1992, relativo a un sistema comunitario de concesión de etiqueta ecológica. *DOCE* 99/C, de 11-4-92.
- Reglamento (CEE) 1973/92 del Consejo de 21 de mayo de 1992, por el que se crea un instrumento financiero para el medio ambiente (LIFE). *DOCE* 206/L, de 22-07-92.
- Reglamento (CEE) 1836/93 del Consejo, de 29 de junio de 1993, por el que se permite que las empresas del sector industrial se adhieran con carácter voluntario a un sistema comunitario de gestión y auditoria medioambientales (EMAS). *DOCE* 168/L, de 10-07-93.
- Decisión 96/151/CE de la Comisión, de 2 de febrero de 1996, sobre el reconocimiento de la norma española UNE 77-801(2)-94 por la que se establecen especificaciones para sistemas de gestión medioambiental de conformidad con el artículo 12 del Reglamento (CEE) 1836/93 del Consejo. *DOCE* 34/L, de 13-02-96.
- Directiva 97/11/CE del Consejo de 3 de marzo de 1997 por la que se modifica la Directiva 85/337/CEE relativa a la evaluación de las repercusiones de determinados proyectos públicos y privados sobre el medio ambiente. *DOCE* 73/L, de 14-03-97.
- Decisión de la Comisión 97/264/CE de 16 de abril de 1997 sobre reconocimiento de procedimientos de certificación de conformidad con el artículo 12 de Reglamento (CEE) número 1836/1993 del Consejo, de 29 de junio de 1993, por el que se permite que las empresas del sector industrial se adhieran con carácter voluntario a un sistema comunitario de gestión y auditoria medioambientales (EMAS) (97/264/CE). *DOCE* 104/L, de 22-04-97.
- Decisión 97/265/CE de la Comisión de 16 de abril de 1997 sobre el reconocimiento de la norma internacional ISO 14001:1996 y de la norma Europea EN ISO 14001:1996 que establecen especificaciones para sistemas de gestión medioambiental de conformidad con el artículo 12 del Reglamento (CEE) 1836/93 del Consejo, de 29 de junio de 1993, por el que se permite que las empresas del sector industrial se adhieran con carácter voluntario a un sistema comunitario de gestión y auditoria medioambientales (EMAS) (Texto pertinente a los fines del EEE).
- Reglamento (CE) 761/2001, del Parlamento Europeo y del Consejo, de 19 de marzo de 2001, por el que se permite que las organizaciones se adhieran con carácter Voluntario a un Sistema Comunitario de Gestión y Auditoria Medioambientales (EMAS).
- 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 (SEA).

3. LEGISLACIÓN ESPAÑOLA

3.1. Legislación Española específica de E.I.A.

- Real Decreto Legislativo 1302/1986, de 28 de junio, de evaluación de impacto ambiental *BOE* 155, de 30-06-86.
- Real Decreto 1131/1988, de 30 de septiembre, por el que se aprueba el Reglamento para la ejecución del Real Decreto Legislativo 1302/1986, de 28 de junio, de Evaluación del Impacto Ambiental *BOE* 239, de 05-10-88.

- Real Decreto 2200/1995, de 28 de diciembre, por el que se aprueba el Reglamento de la Infraestructura para la Calidad y la Seguridad Industrial, *BOE* 32, de 06-02-96.
- Real Decreto 411/1997, de 21 de marzo, por el que se modifica el Real Decreto 2200/1995, de 28 de diciembre, por el que se aprueba el Reglamento de la Infraestructura para la Calidad y Seguridad Industrial. (Se adjunta en anexo), *BOE* 100, de 26-04-97.
- Real Decreto-Ley 9/2000, de 6 de octubre, de Modificación del Real Decreto Legislativo 1302/1986, de 28 de junio, de Evaluación de Impacto Ambiental, *BOE* 241, de 07-10-00.
- Resolución de 19 de octubre de 2000, del Congreso de los Diputados, por la que se ordena la publicación del Acuerdo de convalidación del Real Decreto-ley 9/2000, de 6 de octubre, por el que se modifica el Real Decreto Legislativo 1302/1986, de 28 de junio, de evaluación de impacto ambiental, *BOE* de 25-10-00.
- Ley 6/2001, de 8 de mayo, de modificación del Real Decreto legislativo 1302/1986, de 28 de junio, de evaluación de impacto ambiental, *BOE* 111, de 09-05-01.
- *Calificación Ambiental, Gestión y Auditorías Ambientales.*
- Real Decreto 1468/1988, de 2 de diciembre, por el que se aprueba el Reglamento de etiquetado, *BOE* 294, de 08-12-88.
- Real Decreto 124/1994, de 28 de enero, por el que se regula el etiquetado de electrodomésticos y la información referente al consumo de energía y de otros recursos, *BOE* 45, de 22-02-94.
- Real Decreto 598/1994, de 8 de abril. Etiquetas Comunidad Europea. Normas para la aplicación del Reglamento (CEE) 880/1992, de 23 de marzo (LCEur 1992.1102), relativo a un sistema comunitario de concesión de etiqueta ecológica, *BOE* 119, de 19-05-94.
- Real Decreto 85/1996, de 26 de enero, por el que se establecen normas para la aplicación del Reglamento (CEE) 1836/93, del Consejo, de 29 de junio, por el que se permite que las empresas del sector industrial se adhieran con carácter voluntario a un sistema de gestión y auditoría medioambientales, *BOE* 45, de 21-02-96.

3.2. Otra Legislación Española aplicable a E.I.A.

- Decreto 2414/1961, de 30 de noviembre. Reglamento de Actividades Molestas, Insalubres, Nocivas y Peligrosas, *BOE* 292, de 07-12-61.
- Decreto 1022/1964, de 15 de abril, por el que se aprueba el texto articulado de la ley de Patrimonio del Estado, modificado por las Leyes 66/1997 y 14/2000.
- Orden de 18 de octubre de 1976, sobre prevención y corrección de la Contaminación Atmosférica e Industrial, *BOE* 290, de 03-12-76.
- Ley 15/1980, de 22 de abril, de creación del Consejo de Seguridad Nuclear.
- Ley 23/1982, de 16 de junio, reguladora del Patrimonio nacional (modificada por la Ley 66/1997).
- Real Decreto Legislativo de 15 de octubre de 1982, sobre Restauración de Espacios Naturales afectados por actividades extractivas.
- Ley 16/1985, de 25 de junio, del Patrimonio Histórico Español, *BOE* 155, de 29-06-85
- Real Decreto 849/1986, de 11 de abril, por el que se aprueba el Reglamento del Dominio Público Hidráulico, que desarrolla los títulos Preliminar, I, IV, V, VI y VII de la Ley 29/1985, de 2 de agosto, de Aguas, *BOE* 103, de 30-04-86.

- Real Decreto 496/1987, de 18 de marzo, que desarrolla el Reglamento de Patrimonio Nacional, *BOE* 88, de 13-04-87.
- Ley 22/1988, de 28 de julio, de Costas, *BOE* 181, de 29-07-88.
- Ley 4/1989, de 27 de marzo, de Conservación de los Espacios Naturales y de la Flora y Fauna Silvestres, *BOE* 74, de 28-03-89.
- Real Decreto 1471/1989, de 1 de diciembre, aprobando el Reglamento General para desarrollo y ejecución de la Ley 22/1988, de 28 de julio, de Costas, *BOE* 297, de 12-12-89.
- Ley 21/92, de 16 de julio, de Industria, *BOE* 176, de 23-07-92.
- Real Decreto 1812/1994, de 2 de septiembre. Reglamento General de Carreteras, *BOE* 228, de 23-09-94.
- Sentencia del Tribunal Constitucional 102/1995.
- Real Decreto 1997/1995, de 7 de diciembre. Espacios Naturales. Establece medidas para contribuir a garantizar la biodiversidad mediante la conservación de los habitats naturales y de la flora y fauna silvestres (Traspone la Directiva Hábitats 92/42/CEE), *BOE* 310, de 28-12-95.
- Ley 54/1997, de 27 de noviembre, del Sector Eléctrico, *BOE* 285, de 28-11-97.
- Orden de 27 de diciembre de 1999 que aprueba la Norma 3.1-IC. Trazado, de la Instrucción de Carreteras, en la que se establecen los criterios técnicos para el trazado geométrico de las carreteras, *BOE* 28, de 02-02-00.
- Ley 7/2001, de 14 de mayo, de modificación de la Ley del Patrimonio del Estado, texto articulado aprobado por Decreto 1022/1964, de 15 de abril, *BOE* 116, de 15/05/2001.
- Orden de 13 septiembre 2001 de modificación parcial de la Orden de 16 de diciembre de 1997 por la que se regulan los accesos a las carreteras del Estado, las vías de servicio y la construcción de instalaciones de servicios y de la Orden de 27 de diciembre de 1999 por la que se aprueba la *Norma 3. 1. IC. Trazado, de la Instrucción de Carreteras*, *BOE* 231, de 26-09-01.
- Real Decreto 162/2002, de 8 de febrero, por el que se modifica el artículo 58 del Real Decreto 111/1986, de 10 de enero, de desarrollo parcial de la Ley 16/1985, de 25 de junio, del Patrimonio Histórico Español, *BOE* 35, de 08-02-02.

4. COMUNIDADES AUTÓNOMAS

Andalucía:

- Orden de 12 de julio de 1988, por la que se dictan normas para el cumplimiento de la obligación de incluir un estudio de impacto ambiental en proyectos de la Consejería de Obras Públicas y Transportes.
- Ley 1/1991, de 3 de julio, de Patrimonio Histórico de Andalucía, *BOJA* de 13-09-91; *BOE* de 26-09-91.
- Decreto 32/1993, de 16 de marzo, por el que se aprueba el Reglamento de Actividades Arqueológicas, *BOJA* de 17-03-95.
- Ley 7/1994, de 18 de mayo, de Protección Ambiental, *BOJA* 79, de 31-05-94 *BOE* 156, de 01-07-94.
- Decreto 19/1995, de 7 de febrero, por el que se aprueba el Reglamento de Protección y Fomento del Patrimonio Histórico de Andalucía, *BOJA* de 17-03-95.

- Decreto 292/1995, de 12 de diciembre, por el que se aprueba el Reglamento de Evaluación de Impacto Ambiental de la Comunidad Autónoma de Andalucía, *BOJA* 166, de 28-12-95.
- Decreto 297/1995, de 19 de diciembre, por el que se aprueba el Reglamento de Calificación Ambiental *BOJA* 3, de 11-01-96.
- Decreto 153/1996, de 30 de abril, Reglamento Informe Ambiental, *BOJA* 69, de 18-06-96.
- Decreto 53/1999 (Andalucía), de 2 de marzo, por el que se establecen normas para la aplicación del Reglamento (CEE) 1836/93, del Consejo, de 29 de junio, por el que se permite que las empresas del sector industrial se adhieran con carácter voluntario a un sistema comunitario de gestión y auditoría medioambientales, *BOJA* 35, de 23-03-99.
- Ley 23/2003, de 23 de diciembre, de creación del Instituto Aragonés de Gestión Ambiental, *BOA* 156, de 31-12-03, *BOE* 14, 16-01-04.

Aragón:

- Decreto 118/1989, de 19 de septiembre, de procedimiento de Evaluación del Impacto Ambiental, *BOA* 103, de 02-10-89 C.E., *BOA* 113, de 27-10-89.
- Decreto 6/1990, de 23 de enero, por el que se aprueba el régimen de autorizaciones para la realización de actividades arqueológicas y paleontológicas en la Comunidad Autónoma de Aragón, *BOA* 15, de 07-02-90.
- Decreto 148/1990, de 9 de noviembre, de procedimiento para la declaración de impacto ambiental, *BOA* 143, de 05-12-90.
- Decreto 45/1994, de 4 de marzo, de evaluación de impacto ambiental, *BOA* 35, de 18-03-94.
- Decreto 118/1997, de 8 de julio, del Gobierno de Aragón, por el que se designa a la Dirección General de Calidad Ambiental del Departamento de Agricultura y Medio Ambiente, órgano competente para el registro de empresas que se adhieran con carácter voluntario a un sistema comunitario de gestión y auditoría ambientales, *BOA* 83, de 18-07-97.
- Ley 12/1997, de 3 de diciembre, de Parques Culturales de Aragón *BOA* de 12-12-97.
- Ley 8/1998, de 17 de diciembre, de Carreteras de Aragón, *BOA* 150, de 30-12-98.
- Decreto 223/1998, de 23 de diciembre, del Gobierno de Aragón, de desarrollo parcial de la Ley 12/1997, de 3 de diciembre, de Parques Culturales de Aragón, por el que se establece el procedimiento administrativo para su declaración, se regula su registro y sus órganos de gestión, *BOA* de 08-01-99.
- Ley 3/1999, de 10 de marzo, del Patrimonio Cultural Aragonés, *BOA* de 29-03-99.

Asturias:

- Ley 13/1986, de 28 de noviembre, de ordenación y defensa de las carreteras del Principado de Asturias, modificada por la Ley 7/1997.
- Ley 1/1987, de 30 de marzo, de coordinación y ordenación territorial, *BOPA* 86, de 14-04-87.
- Decreto 98/1989, de 22 de septiembre, por el que se regula la aplicación del 1 por 100 cultural a la financiación de trabajos de conservación o enriquecimiento del Patrimonio Histórico de Interés para el Principado de Asturias o de Fomento a la Creatividad Artística *BOPA* de 07-11-89.

- Ley 1/1991, de 21 de febrero, de patrimonio del Principado de Asturias, modificada por Ley 7/1997, de 31 de diciembre.
- Decreto 11/1991, de 24 de enero, por el que se aprueban las directrices regionales de ordenación del territorio para la franja costera de Asturias *BOPA* 45, de 23-02-91.
- Ley 1/2001, de 6 de marzo, de Patrimonio Cultural, del Principado de Asturias, *BOE* 135, de 06-06-01.

Cantabria:

- Decreto 50/1991, de 29 de abril de 1991, de evaluación de impacto ambiental, *BOC* 97, de 15-05-91.
- Decreto 77/1996, de 8 de agosto, por el que se modifica el Decreto 50/1991, de 29 de abril, de evaluación de impacto ambiental para Cantabria, *BOC* 163, de 14-08-96 Corrección de errores, *BOC* 258, de 25-12-96.
- Decreto 51/1996, de 10 de junio, por el que se aprueba el Reglamento de Actuaciones Arqueológicas, *BOC* de 14-06-96.
- Ley 11/1998, de 13 de octubre, de Patrimonio Cultural de Cantabria, *BOC* 02-12-98.
- Decreto 38/1999, de 12 de abril, que modifica el Decreto 50/91, de 29 de abril, de Evaluación del Impacto Ambiental para Cantabria, *BOC* 77, de 19-04-99 C.E., *BOC* 164, de 18-08-99.
- Orden de 3 de agosto de 1999, por la que se establecen las características técnicas de acueductos, gasoductos y oleoductos a efectos de aplicación del Decreto 50/91 de 29 de abril, de Evaluación del Impacto Ambiental para Cantabria, *BOC* 161, de 13-08-99.
- Orden de 15 de mayo de 2000, por la que se establecen las características técnicas de las antenas, repetidores y otras instalaciones de telecomunicación a efectos de aplicación del Decreto 50/91 de 29 de abril, de Evaluación del Impacto Ambiental para Cantabria, *BOC* 98, de 22-05-00.

Castilla-La Mancha:

- Ley 6/1985, de 13 de noviembre, de Patrimonio de la Comunidad Autónoma de Castilla-La Mancha, *BOE* 302, de 18-12-85, *DOCyM* 48, de 03-12-85.
- Decreto 39/1990, de 27 de marzo de 1990, de asignación de competencias en materia de evaluación de impacto ambiental, *DOCyM* 23, de 06-04-90.
- Ley 4/1990, de 30 de mayo, del Patrimonio Histórico de Castilla-La Mancha, *DOCyM* de 13-06-90, *BOE* de 14-09-90.
- Decreto 139/1996, de 9 de diciembre, sobre circulación y práctica de deportes con vehículos a motor en determinados terrenos forestales y en áreas de conservación del medio natural, *DOCyM* 55, de 13-12-96.
- Ley 5/1999, de 8 de abril, de Evaluación del Impacto Ambiental, *DOCyM* 26, de 30-04-99.
- Decreto 118/2000, de 20 de junio, por el que se establecen umbrales y criterios para determinadas actividades del anejo 2 de la ley 5/99, de 8 de abril, de Evaluación de Impacto Ambiental, *DOCyM* 68, de 14-07-00.
- Ley 4/2001, de 10 de mayo, de Parques Arqueológicos de Castilla-La Mancha, *BOE* 148, de 21-06-01, *DOCyM* 59, de 18-05-01.

Castilla y León:

- Decreto 37/1985, de 1 de abril, por el que se establece la normativa de excavaciones arqueológicas y paleontológicas de la Comunidad de Castilla y León, *BOCyL* de 30-04-85.
- Decreto del 58/1994, de 11 de marzo, por el que se establecen normas sobre prospecciones arqueológicas, utilización y publicidad de aparatos detectores de metales, *BOCyL* de 15-03-95.
- Ley 8/1994, de 24 de junio, de Evaluación de Impacto Ambiental y Auditorias Ambientales, *BOE* 174, de 22-07-94. Corrección de errores, *BOE* 203, de 25-08-94.
- Decreto 159/1994, de 14 de julio, por el que se aprueba el Reglamento para la aplicación de la Ley de Actividades Clasificadas, *BOCyL* 140, de 20-07-94.
- Decreto 273/1994, de 1 de diciembre, sobre competencias y procedimiento en materia de Patrimonio Histórico-Artístico, *BOCyL* de 26-12-94 C.e, *BOCyL* de 20-01-95.
- Decreto 209/1995, de 5 de octubre, por el que se aprueba el Reglamento de Evaluación de Impacto Ambiental de Castilla y León, *BOCyL* 196, de 11-10-95.
- Ley 6/1996, de 23 de octubre, de modificación de la Ley 8/1994 de Evaluación de Impacto Ambiental y Auditorias Ambientales de Castilla y León, *BOCyL* 213, de 04-11-96.
- Ley 5/1998, de 9 de julio, por la que se modifica la Ley 8/1994, de 24 de junio, de Evaluación de Impacto Ambiental y Auditorias Ambientales de Castilla y León, *BOE* 197, de 18-08-98, *BOCyL* 136, de 20-07-98.
- Decreto 128/1999, de 17 de junio, por el que se regula el procedimiento de adhesión de empresas industriales al sistema comunitario europeo de gestión y auditoria medioambiental, *BOCyL* de 23-06-99.
- Decreto 129/1999, de 17 de junio, por el que se aprueba el Reglamento de Auditorias Ambientales de Castilla y León, *BOCyL* de 23-06-99.
- Decreto Legislativo 1/2000, de 18 de mayo, por el que se aprueba el texto refundido de la Ley de Evaluación de Impacto Ambiental y Auditorias Ambientales de Castilla y León, *BOCyL* de 27-10-00 C.e *BOCyL* 214, de 06-11-00.
- Orden de 29 de diciembre de 2000, de la Consejería de Medio Ambiente, por la que se hace público el Registro actualizado de equipos o empresas homologados para redacción de Estudios de Impacto Ambiental y para la realización de Auditorias Ambientales en Castilla y León, *BOCyL* 19, de 26-01-01.

Cataluña:

- Ley 12/1981, de 24 de diciembre, sobre protección de espacios de especial interés natural afectados por actividades extractivas, *DOGC* 30, de 04-02-82.
- Decreto 114/1988, de 7 de abril de 1988, de Evaluación de Impacto Ambiental, *DOGC* 1000, de 03-06-88.
- Decreto 231/1991, de 28 de octubre, sobre intervenciones arqueológicas, *DOGC* de 15-11-91.
- Decreto 267/1991, de 25 de noviembre, sobre la declaración de los bienes de interés cultural y el inventario del patrimonio cultural mueble de Cataluña, *DOGC* de 20-12-91 C.e, *DOGC* de 10-06-92.

- Ley 9/1993, de 30 de septiembre, del Patrimonio cultural catalán, *DOGC* de 11-10-93 C.e, *DOGC* de 24-11-93 *BOE* de 04-11-93.
- Decreto 175/1999, de 29 de junio, de regulación de la Junta de calificación, valoración y exportación de bienes del patrimonio cultural de Cataluña, *DOGC* de 07-07-99.
- Ley 6/2001, de 31 de mayo, de Ordenación Ambiental del Alumbrado para la Protección del Medio Nocturno, *BOE* 149, de 22-06-01.

C. F. Navarra:

- Decreto Foral 580/1995, de 4 de diciembre, de asignación de funciones relativas a la Evaluación de Impacto Ambiental, *BON* 159, de 27-12-95.
- Ley Foral 1/1999, de 2 de marzo, de medidas administrativas de gestión medioambiental, *BON* 31, de 12 -03-99.
- Decreto Foral 48/1983, de 15 de diciembre, sobre aprobación de proyectos de obras en monumentos y conjuntos histórico-artísticos, *BONA* de 26-12-83.
- Decreto Foral 217/1986, de 3 de octubre, por el que se regula la declaración de Bienes de Interés Cultural *BONA* de 13-10-86. C.e, *BONA* de 24-12-86.
- Decreto Foral 218/1986, de 3 de octubre, por el que se regula la concesión de licencias para la realización de excavaciones y prospecciones arqueológicas, *BONA* de 13-10-86.

Comunidad Valenciana:

- Ley 3/1986, de 24 de octubre, de Patrimonio de la Generalitat Valenciana.
- Decreto 23/1989, de 27 de febrero, por el que se regula el ejercicio de las competencias en materia de Patrimonio Histórico, *DOGV* de 09-03-89.
- Ley 2/1989, de 3 de marzo de 1989, de Estudios de impacto ambiental, *DOGV* 1021, de 01-03-89.
- Decreto 162/1990, de 15 de octubre de 1990, Reglamento de Ley de 3 de marzo de 1989, de impacto ambiental, *DOGV* 1412, de 30-10-90.
- Ley 4/1998, de 11 de junio, de la Generalitat Valenciana, del Patrimonio Cultural Valenciano.

Extremadura:

- Ley 7/1995, de 27 de abril, de Carreteras (parcial), *DOE* 57, de 16-05-95.
- Decreto 178/1995, de 31 de octubre, de la Comisión de Actividades Clasificadas de Extremadura *DOE* 130, de 07-11-95.
- Decreto 93/1997, de 1 de julio, por el que se regula la actividad arqueológica en la Comunidad Autónoma de Extremadura, *DOE* de 17-07-97.
- Decreto 37/1997, de 18 de marzo, de Prospecciones Arqueológicas y utilización de aparatos detectores de metales en actividades que afecten al Patrimonio Arqueológico de la Comunidad Autónoma de Extremadura, *DOE* de 25-03-97.
- Ley 2/1999, de 29 de marzo, del Patrimonio Histórico y Cultural de Extremadura, *DOE* de 22-05-99, *BOE* de 22-06-99.

Galicia:

- Decreto 442/1990, de 13 de septiembre de 1990, de Evaluación de Impacto Ambiental, *DOG* 188, de 25-09-90.
- Ley 4/1994, de 14 de septiembre, de Carreteras (parcial), *DOG* 210, de 31-10-94.
- Ley 1/1995, de 2 de enero, de protección ambiental de Galicia, *DOG* 29, de 10-02-95 C.e., *DOG* 72, de 12-04-95.
- Ley 8/1995, de 30 de octubre, del Patrimonio Cultural de Galicia, *DOG* de 08-11-95.
- Decreto 199/1997, de 10 de julio, por el que se regula la actividad arqueológica en la Comunidad Autónoma de Galicia, *DOG* de 06-08-97 C.e., *DOG* de 04-11-97.
- Decreto 185/1999, de 17 de junio, por el que se establece el procedimiento para la aplicación, en la Comunidad Autónoma gallega, de un sistema voluntario de gestión y auditoría medioambiental, *DOG* 126, de 02-07-99.

Islas Baleares:

- Decreto 4/1986, de 23 de enero, de Implantación y regulación de los Estudios de Evaluación Ambiental, *BOCAIB* de 10-02-86.
- Ley 3/1987, de 18 de marzo, de medidas de Fomento del Patrimonio Histórico de las Islas Baleares, *BOCAIB* de, 02-04-87, *BOE* de, 13-04-87.
- Decreto 94/1991, de 31 de octubre, por el que se regula la declaración de los Bienes de Interés Cultural y se crea el Registro de Bienes de Interés Cultural, así como el Inventario del Patrimonio Cultural Mueble de la Comunidad, *BOCAIB* de, 23-11-91.
- Decreto 17/1992, de 27 de febrero, por el que se establece el marco jurídico para la creación de una red de técnicos de patrimonio histórico en la Comunidad Autónoma de las Islas Baleares, *BOCAIB* de, 21-04-92.
- Ley 6/1993, de 28 de septiembre, sobre adecuación de las redes de instalaciones a las condiciones histórico ambientales de los núcleos de población, *BOCAIB* de, 28-10-93 C.e., *BOCAIB* de 23-11-93, *BOE* de 10-03-94.
- Decreto 18/1996, de 8 de febrero, mediante el cual se aprueba el Reglamento de actividades clasificadas, *BOIB* 25, de 24-02-96.
- Decreto 86/1997, de 11 de junio, de Regulación de los Consorcios Locales para la Gestión del Plan Extraordinario de recuperación y Mejora del Paisaje Urbano (MIRALL), *BOCAIB* 82, de 01-07-97.
- Decreto 24/1998, de 20 de febrero, por el cual se Regula la Gestión del Plan de Recuperación y Mejora del Paisaje Urbano (MIRALL), en lo relativo al Programa de Recuperación y Mejora de Fachadas en el Municipio de Palma de Mallorca, *BOCAIB* de 17-04-98.
- Ley 12/1998, de 21 de diciembre, del Patrimonio Histórico de las Illes Balears, *BOCAIB* de 29-12-98.
- Orden de 10 de septiembre de 1999, por la que se prorrogan los plazos para emitir informes del art. 8 del Anexo I del Decreto 4/83, de 23 de enero, de implantación, regularización de los estudios de evaluación de impacto ambiental, *BOCAIB* 115, de 11-09-99.
- Ley 16/2001, de 14 de diciembre, de Atribución de Competencias a los Consejos Insulares de las Islas Baleares en Materia de Carreteras y Caminos, *BOE* 13, de 15-01-02.

Islas Canarias:

- Decreto 662/1984, de 11 de octubre, por el que se regula el procedimiento para la declaración de monumentos y conjuntos histórico-artísticos de interés para la Comunidad Autónoma de Canarias, *BOCA* 107, de 19-10-84.
- Ley 11/1990, de 13 de julio, de prevención del impacto ecológico, *BOCA* 92, de 23-07-90.
- Ley 9/1991, de 8 de mayo, de Carreteras, *BOE* 151, de 25-06-91.
- Decreto 314/1993, de 23 de diciembre, por el que se acuerda excluir el procedimiento de Evaluación Detallada de Impacto Ecológico a las normas subsidiarias de Planeamiento urbanístico de Fuencaliente en la Isla de la Palma, *BOCA* 9, de 21-01-94.
- Decreto 40/1994, de 8 de abril, de obligatoriedad del estudio de impacto ecológico en los proyectos de obras de promoción pública, *BOCA* 65, de 27-05-94.
- Decreto 131/1995, de 11 de mayo, por el que se aprueba el Reglamento de Carreteras de Canarias, *BOCA* 109, de 21-08-95.
- Ley 4/1999, de 15 de marzo, de Patrimonio Histórico de Canarias, *BOC* 36, de 24-03-99.

La Rioja:

- Ley 2/1991, de 7 de marzo, de Carreteras de la Comunidad Autónoma de La Rioja, *BOLR* de 25-06-91.

Madrid:

- Ley 3/1991, de 7 de marzo, de Carreteras de la C.A.M, *BOE* 127, 28-05-91 C.e, *BOE* 151, de 25-06-91.
- Ley 10/1991, de 4 de abril, para la Protección del Medio Ambiente, *BOCM* de 18-04-91.
- Ordenanza reguladora de la Calificación Ambiental Municipal, aprobada por Acuerdo del Pleno de 26 de abril de 1996 BAM 5189, de 04-07-96 BO Ayto. Madrid 5206, de 31-10-96, *BOCAM* 126, de 28-05-96.
- Decreto 112/1997, de 11 de septiembre, por el que se establece el procedimiento para la aplicación en la Comunidad de Madrid de la adhesión voluntaria de las empresas del sector industrial a un sistema comunitario de gestión y auditorías medioambientales, *BOCM* 228, de 25-09-97.
- Ley 10/1998, de 9 de julio, de Patrimonio Histórico de la Comunidad de Madrid, *BOCM* de 16-07-98, *BOE* de 28-09-98.
- Resolución de 4 de febrero de 1999, de la Dirección General de Agricultura y Alimentación, por la que se publica el Código de Buenas Prácticas Agrarias.
- Ley 3/2001, de 21 de junio, de Patrimonio de la Comunidad de Madrid, *BOCM* 179, de 27-07-01.
- Ley 2/2002, de 19 de junio, de Evaluación Ambiental de la Comunidad de Madrid. (Nota: Modificada parcialmente por la Ley 2/2004, de 31 de mayo, de Medidas Fiscales y Administrativas), *BOE* 176, de 24-07-02.

Murcia:

- Decreto 180/1987, de 26 de noviembre, sobre actuaciones arqueológicas, *BORM* de 04-01-98.
- Ley 4/1990, de 11 de abril, de Medidas de Fomento del Patrimonio Histórico de la Región de Murcia, *BORM* de 17-05-90.
- Ley 9/1990, de 27 de agosto, de Carreteras de la Región de Murcia, *BORM* 222, de 26-09-90.
- Ley 1/1995, de Protección del Medio Ambiente de la Región de Murcia, *BOM* 78, de 03-04-95 C. e, *BOM* 83, de 08-04-95.
- Decreto 27/1998, de 14 de mayo. Entidades colaboradoras en materia de calidad ambiental, *BORM* 117, de 23-05-98.

País Vasco:

- Ley 7/1990, de 3 de julio, de Patrimonio Cultural Vasco.
- Decreto 15/1992, de 4 de febrero de 1992, sobre subvenciones a empresas en materia de medio ambiente, *BOPV* 49, de 11-03-92.
- Decreto 234/1996, de 8 de octubre, por el que se establece el régimen para la determinación de las zonas de presunción arqueológica.
- Ley 3/1998, de 27 de febrero, General de Protección del Medio Ambiente del País Vasco, *BOPV* 59, de 27-03-98.
- Decreto 204/1998, de 28 de julio, por el que se establecen las normas reguladoras de la reserva de una partida del presupuesto de las obras públicas de la Comunidad Autónoma del País Vasco y de sus Territorios Históricos al objeto de su inversión en la defensa, enriquecimiento, protección, difusión y fomento del Patrimonio Cultural Vasco.
- Decreto 306/1998, 10 de noviembre, sobre la declaración de estado ruinoso de los bienes culturales calificados y de los inventariados y actuaciones previas y posteriores a la resolución sobre el derribo de los mismos.
- Decreto 341/1999, de 5 de octubre, sobre las condiciones de traslado, entrega y depósito de los bienes de interés arqueológico y paleontológico descubiertos en el ámbito territorial de la Comunidad Autónoma del País Vasco.
- Decreto 342/1999, de 5 de octubre, del Registro de Bienes Culturales Calificados y del Inventario General del Patrimonio Cultural Vasco.

OTRA LEGISLACIÓN CITADA EN EL LIBRO**CONVENIOS INTERNACIONALES**

- Agreement for Cooperation in dealing with Pollution of the North Sea by Oil (Bonn, 1969) (Bonn agreement).
- Convenios de Bruselas (1969).
- Oslo (1972).
- Estocolmo (1972).

- Londres (1972).
- Londres (1973)
- Convención sobre el Comercio Internacional de Especies (Washington, 1973).
- Convention for the Protection of the Mediterranean Sea against Pollution (Barcelona, 1976) (Barcelona Convention).
- Convention on the Conservation of European Wildlife and Natural Habitats (Berne, 1979) (Berne Convention).
- Convención sobre la Conservación de las Especies Migratorias de Animales Silvestres (Bonn, 1979).
- Convención Relativa a los Humedales de Importancia Internacional Especialmente como Hábitat de Aves Acuáticas (Ramsar, Irán, 2/2/1991).
- Convenio sobre la DIVERSIDAD BIOLÓGICA: Cumbre de Río de Janeiro (junio de 1992).
- The United Nations Conference on Environment and Development, Having met at Rio de Janeiro (del 3 al 14 de junio de 1992).
- Protocolo de Kioto (1997).
- Protocolo de Kioto en español.
- Estocolmo (1992).
- Convenio de Aarhus, CEPE/ONU (1998).
- Proyecto de Johannesburgo sobre el desarrollo sostenible (2002). Proyecto.
- Resolución de Johannesburgo aprobada en Asamblea General.
- Cumbre Mundial sobre el Desarrollo Sostenible.

LEGISLACIÓN DE OTROS PAÍSES (NEPA)

En este apartado se ha incluido, por el interés que tiene, tal y como se comentó en el Capítulo 2 sobre legislación, la NEPA:

- NEPA.

PROGRAMAS DE ACCIÓN COMUNITARIOS EN MATERIA DE MEDIO AMBIENTE

- Quinto Programa Comunitario de Acción en materia de Medio Ambiente (1993-2000). (The Global Assessment of Environmental Action Programme V «Towards Sustainability», COM(99)543 final (archivo en *pdf*). En este comunicado la Comisión intenta responder sobre la cuestión de qué direcciones son necesarias para el futuro.
- Sexto Programa de Acción de la Comunidad Europea en Materia de Medio Ambiente (2001-2010).

OTRA LEGISLACIÓN EUROPEA

- Recopilación de distintos tratados.

CATÁLOGOS DE ESPECIES PROTEGIDAS

- Catálogo Nacional.
- Modificación del Catálogo Nacional.
- Ficha de una especie: Delfín Común.
- Enlace a otros catálogos regionales.

PÁGINAS WEB PARA ACTUALIZAR LA LEGISLACIÓN

En este apartado se han buscado distintas direcciones de Internet con las cuales es posible actualizar en todo momento la legislación, e incluso buscar otras informaciones interesantes desde el punto de vista medioambiental. Están en:

- Páginas web de INFORMACIÓN SOBRE MEDIO AMBIENTE.

2. CONTACTOS DE INTERÉS

- Páginas web de INFORMACIÓN SOBRE MEDIO AMBIENTE.

3. EJEMPLOS DE DECLARACIÓN DE IMPACTO AMBIENTAL

En los boletines oficiales, tanto del Estado como de las comunidades autónomas aparecen las declaraciones de impacto ambiental, que pueden resultar sumamente interesantes. Por esta razón, y a modo de ejemplo, se han recogido algunas de ellas en el CD. También alguna de otros países, así como algunas generalidades que aparecen en textos oficiales.

- Generalidades sobre la Declaración de Impacto Ambiental (DIA).
- Declaración de Impacto Ambiental sobre el Proyecto de Transformación en regadío de la zona de «El Saso».
- Resolución de la Dirección General de obras Hidráulicas y Calidad de las Aguas por la que se anuncia concurso de obra con proyecto del recrecimiento del embalse de Yesa sobre el río Aragón. Adenda con medidas correctoras de impacto ambiental y plan de restitución territorial de su entorno (Navarra y Zaragoza).
- Ejemplo de Declaración de Impacto Ambiental en Perú.
- **Diario Oficial de Galicia:** Resolución de 27 de octubre de 2004, de la Dirección General de Obras Públicas, por la que se hace pública la **declaración de impacto ambiental** formulada por la Dirección General de Calidad y Evaluación Ambiental el 1 de octubre de 2004, relativa al estudio informativo y estudio de impacto ambiental de la **Vía de Alta Capacidad** Ferrol-Barreiros (conexión A-8). Tramo: O Barqueiro-San Cibrao (LU/00/063.00).

- **Diario Oficial de Galicia:** Resolución de 23 de julio de 2004, de la Dirección General de Industria, Energía y Minas, por la que se hace pública la **declaración de efectos ambientales** del proyecto de **Parque Eólico** Ponte Rebordelo, en el ayuntamiento de Dumbría (A Coruña), promovido por la empresa Desarrollos Eólicos, S.A.
- **Diario Oficial de Galicia:** Resolución de 18 de octubre de 2004, de la Delegación Provincial de A Coruña, por la que se hace pública la **declaración de impacto ambiental** de la L.A.T. 66 kV subestación PE. Touriñán IV-apoyo número 7 de la L.A.T. SE. **Parque Eólico** Serra da Loba-SE. Sidegasa, en los ayuntamientos de Aranga, Irixoa y Monfero (A Coruña), promovido por la empresa Eólicos Touriñán, S.A. (Clave 2004/0059).
- **Diario Oficial de Galicia:** Resolución de 15 de septiembre de 2004, de la Dirección General de Industria, Energía y Minas, por la que se hace pública la **declaración de impacto ambiental** del proyecto de **Parque Eólico** Chan do Tenón, en los ayuntamientos de Viveiro y O Vicedo (Lugo), promovido por la empresa Endesa Cogeneración y Renovables, S.A.
- **Diario Oficial de Galicia:** Resolución de 6 de septiembre de 2004, de la Dirección General de Industria, Energía y Minas, por la que se hace pública la **declaración de impacto ambiental** del proyecto de la L.A.T. 132 kV subestación Pena da Loba-subestación Tesouro, en el ayuntamiento de As Pontes de García Rodríguez (A Coruña), promovido por la empresa **Parque Eólico** A Carba, S.A.U.
- **Diario Oficial de Galicia:** Resolución de 6 de septiembre de 2004, de la Dirección General de Industria, Energía y Minas, por la que se hace pública la **declaración de impacto ambiental** del proyecto de la L.A.T. 132 kV subestación Pena da Loba-subestación Tesouro, en el ayuntamiento de As Pontes de García Rodríguez (A Coruña), promovido por la empresa **Parque Eólico** A Carba, S.A.U.
- **Diario Oficial de Galicia:** Resolución de 6 de septiembre de 2004, de la Dirección General de Industria, Energía y Minas, por la que se hace pública la **declaración de impacto ambiental** del proyecto de la L.A.T. 132 kV subestación Pena da Loba-subestación Tesouro, en el ayuntamiento de As Pontes de García Rodríguez (A Coruña), promovido por la empresa **Parque Eólico** A Carba, S.A.U.
- **Diario Oficial de Galicia:** Resolución de 28 de septiembre de 2004, de la Dirección General de Obras Públicas, por la que se hace pública la **declaración de impacto ambiental** formulada por la Dirección General de Calidad y Evaluación Ambiental de 1 de septiembre de 2004 relativa al proyecto de trazado de la obra, incluida en el Plan Galicia, de **desdoblamiento (conversión en autovía) de la vía rápida de A Barbanza** (V.R.G. 1.1.). (Clave AC/03/036.01).
- **Diario Oficial de Galicia:** Resolución de 19 de agosto de 2004, de la Dirección General de Urbanismo, por la que se hace pública la **declaración de impacto ambiental** formulada por la Dirección General de Calidad y Evaluación Ambiental en fecha de 14 de junio de 2004 relativa al **proyecto sectorial del parque empresarial** de O Pousadoiro, Vilagarcía de Arousa (Pontevedra). Clave 2003/0308.
- **Diario Oficial de Galicia:** Resolución de 27 de julio de 2004, de la Dirección General de Industria, Energía y Minas, por la que se hace pública la **declaración de impacto ambiental** del proyecto de la L.A.T. 220 kV subestación Cartelle-subestación **Frieira**, en los ayuntamientos de Cartelle, Gomesende, Cortegada, Pontedevea y Padendra (Ourense), promovido por **Unión Fenosa** Distribución, S.A.

4. PRÁCTICAS

Se ha confeccionado un programa que puede resultar motivador para empezar a conocer la capacidad de acogida de nuestro planeta:

- La huella ecológica

Muchos de los capítulos del libro terminan con unas prácticas para realizar con ayuda del computador. En muchas de ellas se accede a un archivo en Word que explica los objetivos y la manera de hacerla, y desde él se accede a una hoja de cálculo. También en dicha página, accediendo a «Soluciones» se tienen todos los cálculos ya hechos. Las prácticas son:

- Evaluación de riesgos: Incendios.
- Prácticas con computador: Legislación.
- Capacidad de un territorio para acoger una actividad: Campos de golf.
- Delimitación del área potencial de una especie. Presencia de *Juniperus thurifera* según pendiente y orientación.
- Ponderación de factores.
- Método Delphi.
- Valoración cualitativa.
- Valoración cuantitativa.
- Prevención de impactos.
- Impacto total.

5. MATERIALES

Muchos otros materiales y ejemplos se han recogido en el CD agrupados en los siguientes epígrafes:

1. Listas de chequeo
2. Funciones de transformación
3. Matriz de Leopold
4. Ponderación de elementos ambientales por el Método Battelle
5. Plan de vigilancia y medidas correctoras
6. Diagrama de redes
7. Otros materiales
8. Bibliografía

1. LISTAS DE CHEQUEO

- Ejemplo de lista de chequeo: industria láctea, helados y platos preparados congelados en Valparaíso.

- Ejemplo de esquema general de gestión del componente ambiental.
- Ejemplo de ficha de inspección de laboratorios clínicos.
- Ejemplo de ficha de inspección de laboratorios clínicos.
- Ejemplo de lista de chequeo: industria láctea.
- Guía para la determinación del alcance del estudio de impacto ambiental.
- Ejemplo de lista de chequeo: industrias metalmeccánica.
- Ejemplo de lista de chequeo industrias químicas.
- Identificación de factores e impactos ambientales.
- Calificación de vertederos.

2. FUNCIONES DE TRANSFORMACIÓN

- Funciones de transformación:
- Atmósfera.
- Suelo.
- Aguas.
- Vegetación.
- Fauna.
- Paisaje.
- Territorio.
- Cultura.
- Infraestructuras.
- Factores humanos y estéticos.
- Economía y población.

3. MATRIZ DE LEOPOLD

- Matriz de Leopold de una urbanización.
- Matriz de las grandes presas.
- Matriz de Leopold: Lista de acciones.
- Matriz de Leopold: Lista de factores.

4. PONDERACIÓN DE ELEMENTOS AMBIENTALES POR EL MÉTODO BATTELLE

5. PLAN DE VIGILANCIA Y MEDIDAS CORRECTORAS

- Plan de vigilancia: Ejemplo de una carretera.
- Ejemplo de medidas correctoras de un tramo de carretera.

6. DIAGRAMA DE REDES

- Ejemplo de diagrama de redes para un proyecto de dragado.

7. OTROS MATERIALES

En este epígrafe se recogen otros materiales que pueden resultar interesantes para tener más información sobre temas ambientales, de gestión ambiental y sobre evaluación.

- Pautas metodológicas de evaluación y gestión ambiental. Ministerio de Economía y desarrollo. Nicaragua.
- Proceso agenda local 21 en Sevilla.
- Ejemplo de método de evaluación de impactos ambientales de un estudio de riesgos hidrogeológicos en Argentina utilizando el método de las transparencias.
- Sobre la matriz de Leopold.

8. BIBLIOGRAFÍA

Apéndice 2

Soluciones a los ejercicios

SOLUCIONES DE LOS EJERCICIOS DE AUTOEVALUACIÓN

- Capítulo 1: 1, c; 2, c; 3, d; 4, d; 5, c; 6, a; 7, a;
8, c; 9, b; 10, b; 11, b; 12, c; 13, d; 14, c.
- Capítulo 2: 1, a; 2, d; 3, b; 4, b; 5, b.
- Capítulo 3: 1, a; 2, c; 3, b; 4, c; 5, d; 6, b; 7, d; 8, a; 9, d; 10, b; 11, a; 12, b.
- Capítulo 4: 1, b; 2, a; 3, d; 4, c.
- Capítulo 5: 1, a; 2, c; 3, c; 4, c; 5, d; 6, c; 7, b; 8, a.
- Capítulo 6: 1, c; 2, d; 3, c.
- Capítulo 7: 1, d; 2, a; 3, b.
- Capítulo 8: 1, d; 2, c; 3, b; 4, c; 5, a; 6, d; 7, c; 8, a; 9, b; 10, a.
- Capítulo 9: 1, c; 2, a; 3, b; 4, d.
- Capítulo 10: 1, c; 2, b; 3, d.
- Capítulo 11: 1, d; 2, a; 3, b.
- Capítulo 12: 1, d; 2, c; 3, b; 4, a.

SOLUCIONES DE OTROS EJERCICIOS

Capítulo 8:

Solución ejercicio 2: $y = x/10$; $y = (-x^2 + 20x)/100$; $y = x^2/100$

Solución ejercicio 3: (véase el desarrollo de la solución en el CD en Prácticas en la práctica elaborada en Excel «Valoración cuantitativa»):

a) $y = x/10$; $y_{\text{CON}} = 7/10 = 0,7$, $y_{\text{SIN}} = 2/10 = 0,2$,
Magnitud del impacto = $(7 - 2)/10 = 5/10 = 0,5$.

$$b) y = x^2/100; y_{\text{CON}} = 49/100 = 0,49, y_{\text{SIN}} = 4/100 = 0,04,$$

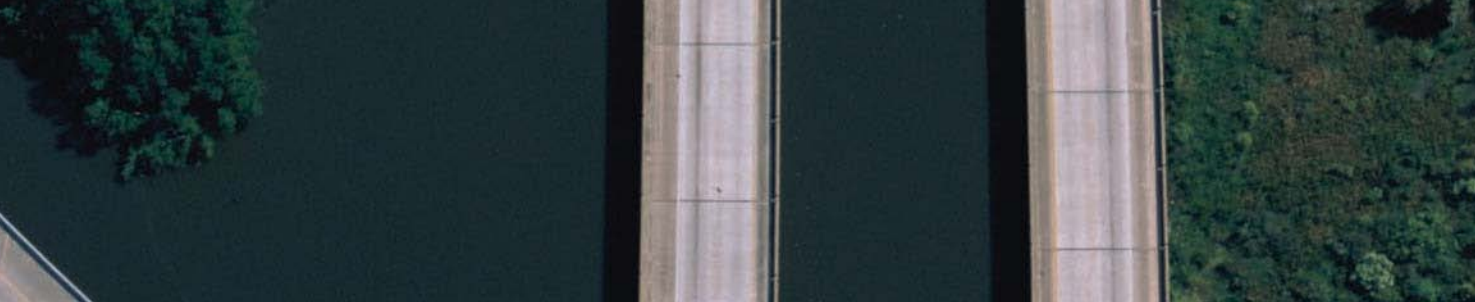
Magnitud del impacto = $(49 - 4)/100 = 45/100 = 0,45$.

$$c) y = (-x^2 + 20x)/100; y_{\text{CON}} = 91/100 = 0,91, y_{\text{SIN}} = 36/100 = 0,36,$$

Magnitud del impacto = $(91 - 36)/100 = 0,55$.

Capítulo 10:

Solución ejercicio 2: a) 0,7; b) 0,504; c) 0,4)



La legislación vigente sobre evaluación de impacto ambiental exige, cada vez más, que un gran número de obras como presas y carreteras deban hacerse de forma que minimicen sus impactos, y otras, como explotaciones agrícolas y repoblaciones forestales precisen un estudio de impacto ambiental. Por esa razón, esta obra es muy útil a las personas de la administración, o a las personas de empresas privadas, que tienen que realizar o revisar los proyectos.

Desde un punto de vista docente es muy importante que una materia de este tipo se encuentre recogida en un único libro que el profesor pueda utilizar como guía y recomendar a los alumnos.

La asignatura de Evaluación de Impacto Ambiental es una asignatura que se está expandiendo en todas las universidades españolas. Además de impartirse en las carreras claramente relacionadas con el tema, como Biología o Ciencias Ambientales, actualmente todas las ingenierías y muchas licenciaturas incorporan la asignatura de Evaluación de Impacto Ambiental como troncal obligatoria, debido a que cada vez es más importante tener en cuenta este aspecto para cualquier proyecto que se realice.



El CD que acompaña al libro es un material complementario imprescindible en el que se encuentra la legislación actualizada, tanto por comunidades, como en el ámbito nacional e internacional. Incluye numerosas prácticas que acercan al estudiante a la realidad, así como numerosas referencias a proyectos sometidos a Evaluación de Impacto Ambiental.



www.pearsoneducacion.com



www.FreeLibros.me