



Curso Internacional de Gestión Ambiental



HERRAMIENTAS PARA LA GESTIÓN AMBIENTAL



**FACULTAD
DE CIENCIAS**



**GLOBAL
ENVIRONMENT
FACILITY**

Selección de textos del Consultor de la Unión Europea
(Proyecto URY/B7-6200/IB/97/056 o URU/97/L01)
Ignacio Español Echániz

Curso Internacional de Gestión Ambiental

HERRAMIENTAS PARA LA GESTIÓN AMBIENTAL

Rocha, 28 de mayo a 1° de junio de 2001

Instituciones organizadoras:

**PROBIDES
Facultad de Ciencias
Facultad de Ingeniería**

Rocha, febrero de 2002

ISBN: 9974-7668-1-8

PROBIDES

Ruta 9, Km.204 – Rocha – Uruguay

Tel.: 047 – 25005 y 24853

probides@probides.org.uy

www.probides.org.uy

PRESENTACIÓN

El objeto de este libro de texto es proporcionar una visión completa, aunque de carácter introductorio, de la Evaluación de Impacto Ambiental, que sirva como punto de partida a la elaboración de estudios de Impacto Ambiental y a la participación en el proceso administrativo que los determina. Indirectamente, se pretende, también, la formación ambiental de los profesionales que en ellos participan.

Como introducción se plantea un primer tema donde se definen y discuten los conceptos de medio ambiente e impacto ambiental. El segundo tema se centra en los contenidos que se exigen a los estudios de Evaluación de Impacto Ambiental y sobre el proceso administrativo de Evaluación de Impacto. Los siguientes temas tratan uno a uno los distintos apartados del estudio. Así, se plantea el análisis ambiental del proyecto y sus alternativas, los distintos apartados del inventario ambiental, presentando los distintos criterios de calidad ambiental que se manejan.

Se plantean tres temas sobre los métodos de Evaluación de Impacto, introduciendo en el primer tema (tema 6) los sistemas de identificación al uso, exponiendo el procedimiento de la valoración de impactos y los sistemas de valoración en el tema 7 y, finalmente, presentando los sistemas de comparación y agregación que se utilizan para la selección de la mejor alternativa desde el punto de vista ambiental.

El último tema recoge, sin ánimo exhaustivo y por grandes grupos, las medidas correctoras y preventivas más comunes, describiendo los objetivos y funciones del Programa de Vigilancia Ambiental y su estructura de contenidos.

*Ignacio Español Echániz
Profesor de Ingeniería Ambiental
E.T.S. Ingenieros de Caminos*

ÍNDICE

TEMA 1: CONCEPTO DE IMPACTO AMBIENTAL

Conceptos de medio ambiente, impacto y valor del impacto

1.1. Introducción.....	8
1.2. Concepto de medio ambiente.....	8
1.2.1. Dependencia del individuo.....	8
1.2.2. El medio ambiente como un sistema.....	9
1.2.3. La percepción del medio ambiente.....	10
1.3. Concepto de impacto.....	11
1.3.1. Definición de impacto.....	11
1.3.2. Relación causa-efecto.....	12
1.3.3. Factores ambientales.....	12
1.4. El valor del impacto.....	14

TEMA 2: LOS ESTUDIOS DE EVALUACIÓN DE IMPACTO AMBIENTAL (EIA)

Contenido del estudio y proceso de EIA

2.1. Introducción.....	17
2.2. Los estudios de EIA.....	17
2.3. Contenido del estudio de EIA:.....	20
2.3.1. Análisis de las alternativas del proyecto:.....	20
2.3.2. Inventario ambiental.....	21
2.3.3. Identificación y valoración de impactos.....	23
2.3.4. Justificación de la solución escogida.....	23
2.3.5. Medidas preventivas y correctoras.....	24
2.3.6. Programa de vigilancia ambiental.....	24
2.3.7. Documento de síntesis.....	25
2.4. Proceso de EIA.....	25
2.4.1. Fase de consultas.....	26
2.4.2. Revisión del estudio de impacto ambiental.....	27
2.4.3. Condicionamiento ambiental.....	28

TEMA 3: ANÁLISIS DE PROYECTO

3.1. Introducción.....	30
3.2. Análisis de proyecto.....	30
3.3. Los proyectos de ingeniería y la EIA.....	30
3.4. Las acciones de proyecto.....	31
3.5. Análisis de alternativas de proyecto:.....	33
3.6. Acciones de la fase de obras.....	35
3.7. Proyectos lineales.....	35
3.8. Proyectos hidráulicos.....	36
3.9. Proyectos de proceso.....	37

TEMA 4: EL INVENTARIO AMBIENTAL

Medio inerte, medio biótico, paisaje y medio humano

4.1. Introducción	42
4.2. Alcance del inventario ambiental	42
4.3. Medio físico	43
4.3.1. Clima	43
• Estudio del clima	43
• Fragilidad y clima	43
4.3.2: Atmósfera (aire)	44
• Estudio de la atmósfera	44
• Fragilidad y aire	44
• Calidad del aire	45
4.3.3. Geología (gea)	45
• Estudio de la geología	45
• Fragilidad (inestabilidad y erosionabilidad)	45
• Calidad: estabilidad y erosionabilidad	46
4.3.4. Hidrología (agua)	46
• Estudio de la hidrología	46
• Fragilidad y agua	47
• Calidad del agua	48
4.4. Medio biótico	48
4.4.1. Edafología (suelos)	48
• Estudio de los suelos	49
• Fragilidad de los suelos	49
• Calidad de los suelos	49
4.4.2. Vegetación	49
• Estudio de la vegetación	49
• Fragilidad de la vegetación	50
• Calidad de la vegetación	50
4.4.3. Fauna	50
• Estudio de la fauna	50
• Fragilidad de la fauna	51
• Calidad de la fauna	51
4.4.4. Espacios de interés ecológico	51
• Estudio de los ecosistemas	52
• Fragilidad de los espacios de interés	52
• Calidad de los espacios de interés	52
4.5. Paisaje	52
• Estudio del paisaje	53
• Fragilidad del paisaje	53
• Calidad del paisaje	53
4.6. Medio humano	53
4.6.1. Socioeconomía	53
• Estudio de la socioeconomía	54
• Fragilidad socioeconómica	54
• Calidad socioeconómica	54
4.6.2. Marco social (reacción al proyecto)	55

• Estudio de la reacción al proyecto.....	55
• Valoración de la reacción al proyecto.....	55
4.6.3. Uso de recursos naturales.....	55
• Estudio de la gestión de recursos naturales.....	56
• Fragilidad de la gestión de recursos naturales.....	56
• Calidad de la gestión de recursos naturales.....	56
4.6.4. Calidad ambiental de vida de la población.....	57
• Estudio de la calidad ambiental de vida.....	57
• Fragilidad de la calidad ambiental de vida.....	57
• Calidad de las condiciones de vida.....	58
4.6.5. Patrimonio.....	58
• Estudio del patrimonio.....	58
• Fragilidad del patrimonio.....	58
• Calidad del patrimonio.....	59

TEMA 5: MÉTODOS DE EVALUACIÓN DE IMPACTO AMBIENTAL (I)

Consideraciones generales, identificación de impactos

5.1. Introducción.....	63
5.2. Consideraciones generales.....	63
5.2.1. Métodos multicriterio.....	63
5.2.2. Exigencias al método de EIA.....	64
5.3. Identificación de impactos.....	67
5.3.1. Planteamiento de la identificación.....	67
5.3.2. Sistemas de identificación.....	68
• Listas de control.....	68
• Matrices de identificación (acción/factor).....	69
• Diagramas de redes.....	70
• Sistemas elaborados de identificación.....	71

TEMA 6: MÉTODOS DE EVALUACIÓN DE IMPACTO AMBIENTAL (II)

Valoración de impactos

6.1. Introducción.....	74
6.2. Bases objetivas y subjetivas del valor.....	74
6.3. Magnitud e importancia.....	75
6.4. Proceso de valoración.....	76
6.5. Sistemas de predicción de impactos.....	79
6.6. Criterios de valoración.....	80
6.6.1. Criterios argumentales (cualitativos).....	80
6.6.2. Indicadores de impacto.....	81
6.6.3. Ventajas e inconvenientes de criterios cuantitativos y cualitativos.....	83
6.7. Sistemas de valoración de la importancia.....	84
6.7.1. La importancia según la calidad intrínseca.....	84
6.7.2. La importancia según el carácter del impacto.....	85
6.7.3. La importancia como peso relativo.....	87
6.8. Escalas de referencia de la gravedad.....	88

TEMA 7: MÉTODOS DE EVALUACIÓN DE IMPACTO AMBIENTAL (III)
Agregación de impactos, comparación y selección de alternativas

7.1. Introducción.....	91
7.2. Deficiencias de la agregación.....	91
• Consistencia de la agregación de valores.....	92
• Visión mecánica del medio ambiente.....	92
7.3. Sistemas de comparación desagregada.....	93
7.3.1. Comparación/selección mediante matrices acción/factor.....	93
7.3.2. Sistemas de comparación/selección (tipo Electre).....	93
7.4. Sistemas que ordenan la comparación.....	95
• Encuestas/entrevistas.....	97
• Panel de expertos.....	97
• Método Delphi.....	97
7.5. Sistemas de selección semiagregada.....	98
7.6. Sistemas de selección por agregación sintética.....	100
7.6.1. La unidad ambiental común.....	100
• Métodos referidos a calidad ambiental (tipo Batelle).....	101
• Ventajas e inconvenientes de los métodos tipo Batelle.....	102
7.6.2. Sistemas de selección geográfica.....	103
• Métodos de transparencias o tipo McHaggart.....	103
• Perfil lineal de impactos.....	104

TEMA 8: CORRECCIÓN Y CONTROL DEL IMPACTO
Medidas preventivas y correctoras, programa de vigilancia ambiental

8.1. Introducción.....	107
8.2. Corrección del impacto.....	107
8.3. Medidas preventivas y correctoras.....	108
8.3.1. Corrección de los impactos de tipo contaminación.....	108
8.3.2. Corrección del impacto de ruido.....	109
8.3.3. Medidas para la recuperación ambiental.....	110
8.3.4. Corrección del impacto sobre la fauna.....	112
8.3.5. Planes de actuación arqueológica.....	113
8.3.6. Medidas para la actividad de obra.....	115
8.4. Programa de vigilancia ambiental.....	117
8.4.1. Objetivo, función y responsabilidades.....	117
8.4.2. Estructura y contenidos del programa.....	119

TEMA 1: CONCEPTO DE IMPACTO AMBIENTAL

Conceptos de medio ambiente, impacto y valor del impacto

1.1. Introducción

En este capítulo se plantean los conceptos básicos de la Evaluación de Impacto Ambiental y se describe el proceso de Evaluación de Impacto Ambiental (EIA).

A partir de la definición institucional de Medio Ambiente de la Unión Europea se revisa el concepto de medio ambiente como entorno del que dependen el individuo y los demás seres vivos, como sistema complejo de elementos e interrelaciones, considerando tal y como es este sistema y tal como se percibe o aprecia.

Se introduce a continuación la definición de impacto ambiental tal y como la establece este texto y considerando las diferencias que algunos autores establecen entre efecto ambiental e impacto (la valoración del efecto ambiental). Se considera también la relación causa-efecto que subyace en el concepto de impacto y los conceptos de acción de proyecto (causa primera de impactos) y factor ambiental (condición que sufre la alteración), proporcionándose algunos ejemplos.

Finalmente, se presenta el concepto de valor del impacto (que se desarrollará en un tema posterior) considerando los conceptos clásicos de magnitud e importancia, como instrumentos que explican la dualidad del valor del impacto.

1.2. Concepto de medio ambiente

La documentación europea, primer número de 1984 monográfico sobre la política ambiental de la entonces CEE, expone la siguiente definición de medio ambiente:

"La combinación de elementos cuyas complejas interrelaciones constituyen el marco, el entorno y las condiciones de vida del individuo y la sociedad, tal como son o tal como se perciben".

Esta definición, pese a presentar un claro sesgo, nos permite aproximarnos a la estructura básica del concepto de medio ambiente y de su manejo en los estudios de Evaluación de Impacto Ambiental.

1.2.1. Dependencia del individuo

En primer lugar, se trata de una definición de marcado signo antrópico, pues se define medio ambiente en tomo al ser humano y su sociedad. Este planteamiento está criticado por muchos que ven necesario considerar el medio ambiente en sí mismo, sin necesidad de referirse al principal agente de su deterioro, la humanidad.

Sin embargo, la definición es aplicable por extensión a un concepto más amplio. Se podría adaptar a cualquier ser vivo o a cualquier otro elemento físico. Lo fundamental de este concepto es la mención sobre *"constituyen ..."* *"las condiciones de vida"*. La supervivencia del ser humano o al menos, las condiciones en las que vive (o de cualquier otro elemento al que apliquemos por extensión la definición), dependen del medio ambiente.

En este sentido, es importante discernir entre los conceptos de medio ambiente y ecosistema. El ecosistema es la unidad funcional de análisis que utiliza la ecología para el entendimiento de las relaciones de los seres vivos entre sí y con su entorno. La ecología tiende a centrarse en el análisis de los sistemas naturales, es decir no alterados por las actuaciones humanas, aunque también considera el papel que juegan los aprovechamientos y transformaciones humanas. A partir de los ecosistemas naturales, la ecología interpreta los mecanismos existentes entre seres vivos y entorno.

El análisis ambiental, sin embargo, aparece desligado de la visión natural esencial en la ecología y se plantea el entendimiento de cualquier sistema transformado o no, abarcando con su visión un espectro más amplio de situaciones. No obstante, la ecología, como la química del agua, la hidrogeología, la historia o la sociología colaboran con sus aportaciones a la visión que se hace del medio ambiente.

1.2.2. El medio ambiente como un sistema

Lo más interesante de esta definición es su establecimiento del medio ambiente como *"la combinación de elementos cuyas complejas interrelaciones ... "*, es decir, su visión de sistema. El medio ambiente es un conjunto de elementos entre los que existe una complicada red de mecanismos que los interrelacionan. Es decir unos elementos se hayan ligados a otros por relaciones de interdependencia.

La alteración de un elemento ambiental repercute en los demás elementos del sistema a través de relaciones directas o de relaciones indirectas. Su viabilidad entonces depende de la viabilidad de sus distintos elementos a través de complejos mecanismos.

Se plantea así una doble visión sobre el medio ambiente:

- una **visión globalizadora** y completa que entiende el medio ambiente como un mecanismo complejo y en evolución.
- una **visión fragmentada** o especializada de cada uno de sus elementos que los entiende como parte de un sistema, es decir, el propio elemento y sus interrelaciones ambientales (sus relaciones con los demás elementos).

A partir de esta doble visión del medio ambiente, surgirán, como veremos, dentro de la EIA, el impacto ambiental global, como la alteración que sufre todo un sistema; y los impactos ambientales, como las alteraciones que afectan a cada uno de los elementos y las interrelaciones de los que dependen.

La *"visión fragmentada"*, de cada elemento, no debe ser confundida con la visión del experto que se centra en las características propias del elemento, sin necesariamente contemplar sus dependencias del sistema, aunque una y otra son complementarias. Por ejemplo: *esta es la diferencia entre la arqueología y la arqueología ambiental, la primera se centra en el estudio de los restos antiguos de civilizaciones, mientras que la segunda considera la presencia de restos asociada a la morfología y recursos vitales del pasado.* Otro ejemplo: *la agricultura puede ser vista en términos de viabilidad propia, o puede ser vista como un sistema de aprovechamiento de recursos que sustenta a grupos sociales, desgasta el suelo, contamina los recursos hídricos y determina un paisaje.*

Es importante tener en cuenta que el conjunto de elementos y las interrelaciones que se combinan en medio ambiente, puede ser vistas y entendidas parcialmente en grandes grupos de elementos y relaciones. Es decir el sistema ambiental comprende varios subsistemas que permiten un entendimiento y análisis parcial del mecanismo global. Por ejemplo: *el ciclo hídrico, considerando la calidad de las aguas en cada segmento, sus caudales, su transporte de materias, su participación en los ciclos vivos, etc. puede ser considerado un subsistema (es lo que se conoce como medio hídrico)*. Otro ejemplo: *las actividades de las personas, la manera en la que se organizan en el espacio, el aprovechamiento y el deterioro de los recursos que significan, etc., puede ser considerado un subsistema (es lo que se conoce como medio humano)*.

Finalmente, y aunque no aparece mencionada en la definición institucional europea, este conjunto de elementos y relaciones posee una vitalidad propia que le hace ser dinámico. Existe una naturaleza cambiante del medio ambiente, tanto cíclica o estacional como a largo plazo. La fragmentación del análisis en elementos y relaciones aisladas tiende a esconder el carácter evolutivo y dinámico del sistema ambiental.

1.2.3. La percepción del medio ambiente

Otra aportación interesante de la anterior definición es la que se refiere a las condiciones del medio ambiente " ... *tal como son o tal como se perciben*", que aúnan las condiciones reales, objetivas, de los elementos y relaciones ambientales con la visión subjetiva que de ellas se pueda tener.

Quizás es el carácter institucional de esta definición, que emana de un organismo político supranacional, el que ha determinado la inclusión de esta doble condición del medio ambiente. Sin embargo, como veremos, la EIA es un proceso en esencia administrativo, de fuerte contenido socio-político, de manera que esa visión del medio ambiente cómo es (objetivamente) y cómo se percibe (subjetivamente) es fundamental para esta disciplina. Además, la raíz del concepto de percepción implica una interpretación valorativa que es esencial en la evaluación de impacto.

Por tanto, no solo se entiende el medio ambiente y sus elementos a partir de la visión que proporciona el conocimiento científico del experto, sino también a partir de la valoración que de ellos haga la sociedad. Como sabemos, la percepción que hace la sociedad es compleja, variable, contradictoria e interrelacionada, lo que dificulta grandemente el manejo y sistematización de sus valores. Sin embargo, el manejo de valores sociales cuenta con numerosos instrumentos de simplificación y ayuda que permiten hacer frente a sus planteamientos incorporándolos al análisis ambiental.

En cualquier caso, para la Evaluación de Impactos, se habrá de mantener esta doble visión: objetiva sobre los mecanismos ambientales y social sobre el valor que estos tienen según los criterios de la sociedad.

1.3. Concepto de impacto

1.3.1. Definición de impacto

Al objeto de unificar criterios y plantear un desarrollo práctico del análisis y evaluación del impacto ambiental, entenderemos como tal:

"La alteración inducida en el medio ambiente por una determinada actuación, tal y como es y tal como se percibe".

El término alteración se refiere al desarrollo de un cambio en el complejo sistema de elementos e interrelaciones que constituyen el medio ambiente. La expresión " ... *tal y como es y tal como se percibe*" se refiere a que el impacto es tanto la alteración, entendida en términos objetivos, como la apreciación o valoración que de esa alteración se tiene.

Con el objeto de simplificar el manejo de los conceptos, en este texto, se utilizará la expresión "impacto" indistintamente para referimos tanto al **efecto** producido, como a la **gravedad o valor** que tiene ese efecto. Esta simplificación (*efecto=impacto*) es importante pues algunos autores difieren de ella. En la literatura de evaluación de impacto existen autores que distinguen entre el concepto de **efecto ambiental** y el de **impacto ambiental**.

Éstos entienden por **efecto ambiental** de proyectos o actuaciones las alteraciones que se producen en el medio ambiente como consecuencia de las acciones que forman parte de esos proyectos o actuaciones, sin incidir por tanto en la valoración del cambio. Para ellos, **impactos ambientales** son, en cambio:

"Las consecuencias o productos finales de los efectos, representadas por las variaciones en los atributos del medio ambiente expresadas en términos cualitativos o cuantitativos".

Es decir, el término impacto se refiere a la valoración cuantitativa o cualitativa del efecto.

Para referimos al conjunto de cambios que se provocan en todo el sistema ambiental, se utilizará la expresión **impacto ambiental global**, o por simplificación, en singular y con artículo determinado, **el impacto ambiental**.

Para referimos al cambio provocado en las condiciones de un elemento del medio ambiente (o a un grupo de elementos) utilizaremos la expresión simplificada "Impacto sobre ...", definiendo a continuación el elemento o grupo de elementos que ven alteradas sus condiciones (por ejemplo: *la alteración en los niveles sonoros ambiente producida por las emisiones acústicas del tráfico de una autovía, se denominará "Impacto sobre los niveles sonoros del tráfico de la autovía"*). Otro ejemplo: *los cambios introducidos por la regulación de una presa en el régimen hídrico y la calidad de sus aguas tanto superficiales como subterráneas, así como en todas las relaciones ambientales que dependan de ellos, se denominará "Impacto sobre el medio hídrico de la regulación de la presa"*). Nótese que la denominación de impactos es muy flexible en la evaluación de impactos ambientales y que su uso común tiende a simplificar los términos verbales utilizados, induciendo en algunos casos a error (en los ejemplos anteriores: *impacto de ruido de la autovía, impacto hídrico de la presa*).

1.3.2. Relación causa-efecto

En cualquier caso, todos los autores coinciden en identificar la relación de causa-efecto que subyace en el concepto de impacto. Es decir, el impacto se estudiará siempre como resultado de una actuación determinada de la que puede ser efecto directo o indirecto. El impacto (o efecto) directo emanará como consecuencia automática de la actuación, mientras que este impacto producirá, a su vez, otras alteraciones en las condiciones ambientales a través de las interrelaciones existentes. Tendremos así largas cadenas de impactos inducidos a partir de la actuación, manteniendo la relación causa-efecto-efecto-efecto, etc., donde cada efecto se erige en causa de otros efectos. (por ejemplo: *la emisión acústica del tráfico -causa- altera los niveles sonoros -efecto directo-, esta alteración se traduce en molestias a la población -efecto indirecto (2º)- que a su vez repercuten en el potencial turístico de la zona reduciéndolo -efecto indirecto (3º).*)

Es importante recordar que el número de elementos de la cadena de causalidad (causa-efecto-efecto) no está relacionado con la gravedad del impacto, que es lo verdaderamente determinante del análisis de impactos (En el ejemplo anterior: *el impacto sobre los niveles sonoros es un impacto de poca gravedad considerado en sí mismo pues la atmósfera lo asimila y anula, sin embargo, las molestias inducidas a la población por este impacto pueden llegar a ser críticas*).

En esta relación de causa-efecto, que subyace en el concepto de impacto, es importante considerar el concepto de **acción de proyecto** o causa primera de impactos. Se entiende por acción de proyecto cualquier elemento estático o dinámico del proyecto que pueda producir una alteración ambiental. En el tema dedicado al análisis de proyecto se desarrolla este concepto.

Parejo al concepto de acción de proyecto, se plantea el concepto de **factor ambiental**, es decir, el elemento o aspecto del medio ambiente que puede verse alterado directa o indirectamente por el proyecto. Este concepto se desarrolla, proporcionando ejemplos, en el apartado siguiente.

1.3.3. Factores ambientales

Para la EIA consideraremos como **factor ambiental** todos aquellos elementos constitutivos del medio ambiente. En los estudios de Impacto Ambiental se utilizan indiscriminadamente los términos **factor**, **componente** o **elemento ambiental**.

El clima, la atmósfera, la geología, el agua, el suelo edáfico, la vegetación, la fauna, el paisaje, la población humana, sus actividades y su patrimonio son factores ambientales.

Aunque se tiende a asociar el concepto de elemento ambiental con la de una realidad tangible o al menos perceptible, esto no es necesariamente así, dado que también se consideran elementos ambientales, en sí mismos, componentes de los factores básicos antes mencionados. Por ejemplo:

- *el microclima de un valle (clima),*
- *los vientos (atmósfera),*
- *la geomorfología (geología),*

- *la calidad del agua y el régimen 'hídrico (agua), el perfil del suelo (suelo edáfico),*
- *las formaciones vegetales (vegetación), la fauna acuática (fauna),*
- *el paisaje urbano (paisaje),*
- *los mayores de 65 (población humana),*
- *el aprovechamiento antrópico de recursos (actividades de la población), o*
- *el equipamiento social (patrimonio de la población).*

Además, algunos estudios de Impacto Ambiental, pueden considerar la necesidad de detallar las condiciones o aspectos en los que se dan los elementos ambientales o sus componentes, adquiriendo entonces este aspecto el rango de "factor ambiental" por sí mismo. Por ejemplo:

- *el régimen térmico de un valle (microclima/clima),*
- *la frecuencia de vientos máximos (vientos/atmósfera),*
- *la inclinación del relieve (geomorfología/geología),*
- *la acidez del agua (calidad del agua/agua),*
- *la inundabilidad de los cursos (régimen hídrico/agua),*
- *la profundidad del suelo edáfico (perfil del suelo/suelo edáfico),*
- *la diversidad de las formaciones vegetales (formaciones vegetales/vegetación),*
- *los frezaderos o zonas de puesta (fauna acuática/fauna),*
- *la visibilidad de la trama urbana (paisaje urbano/paisaje),*
- *la ocupación de los mayores de 65 (mayores de 65/población humana),*
- *el parcelamiento agrario (aprovechamiento antrópico de recursos/actividades de la población) o*
- *la dotación per cápita de equipamiento social (equipamiento/patrimonio de la población).*

Del mismo modo, las distintas relaciones existentes entre los componentes del medio ambiente pueden ser consideradas, también, como "factores ambientales" en sí mismos. Por ejemplo:

- *el régimen de vientos en el microclima de un valle (clima-atmósfera),*
- *la base morfológica de las pautas de inundabilidad (geología-agua),*
- *la contaminación del agua por retornos del regadío (agua-aprovechamiento de recursos),*
- *las formaciones vegetales como hábitat de refugio de la fauna (vegetación-fauna),*
- *unidades fisiográficas del paisaje (geología-paisaje),*
- *los servicios sociales disponibles para los mayores de 65 (población humana-patrimonio), o*
- *la productividad de la agricultura (suelo edáfico-aprovechamiento de recursos).*

El grado de discrecionalidad o detalle con el que se interpretan los complejos mecanismos ambientales, sus elementos y relaciones depende del objetivo que se plantee el estudio de Impacto y, éste a su vez, como veremos, depende del tipo de proyecto de ingeniería que se analice y del tipo de entorno en el que se sitúa dicho proyecto. Esta consideración fragmentada del medio ambiente es, como se verá más adelante, determinante de los contenidos y alcance de todo el proceso de evaluación ambiental.

En consecuencia la alteración producida por una actuación en las características de un elemento ambiental básico, de un componente de ese elemento, de las relaciones entre componentes o del aspecto de alguno de estos se considera un impacto (o efecto). Por ejemplo:

- *la generación de un nuevo microclima en un valle por la presencia de un embalse,*
- *un aumento en la contaminación de la atmósfera por el efluente de una central térmica,*
- *la excavación de desmontes de un ferrocarril (geomorfología),*
- *el aumento de sólidos en suspensión en el agua por un vertido contaminante (calidad del agua),*
- *la reducción del riesgo de inundación por la presencia de una presa de laminación (régimen hídrico),*
- *la destrucción de suelo edáfico por la ocupación de las instalaciones auxiliares de una obra,*
- *el deterioro de la vegetación por la contaminación atmosférica de una central térmica,*
- *la creación de un nuevo hábitat acuático que proporciona la masa de un embalse (fauna),*
- *la nueva escena paisajística que genera un viaducto,*
- *el abandono de los servicios comerciales locales de un pueblo por la competitividad que la accesibilidad de una autovía favorece con una capital provincial,*
- *la detracción de la agricultura por la expropiación de parcelas, o*
- *las molestias al uso de una ermita por el ruido de una autovía.*

Además, como recordamos el concepto de impacto lleva implícita la valoración que se haga de la alteración que es la esencia del análisis de impactos. Las características de este valor se tratan en el apartado siguiente.

1.4. El valor del impacto

Como se ha visto el concepto de impacto implica la valoración de la alteración. El valor de esa alteración posee unas características básicas que es necesario reseñar.

El proceso de Evaluación de Impacto Ambiental tal y como está establecido por el marco de la legislación nacional y autonómica es esencialmente un procedimiento administrativo en el que juega un importante papel su función social. El objetivo básico de este procedimiento administrativo-social es el de establecer la admisibilidad de los efectos de la actuación que se somete a evaluación de impacto, es decir hasta qué punto es permisible para el medio ambiente que se produzcan los efectos de esa actividad.

De hecho esta "*admisibilidad*" de los efectos del proyecto, o su concepto inverso la "*gravedad*", se incorpora a la propia esencia del impacto, como una referencia social del valor. Lógicamente, no es la única referencia, dado que determinados efectos pueden activar procesos irreversibles o por lo contrario inocuos. Es decir, también existe una base científica técnica en la determinación de la gravedad o admisibilidad del impacto que es la que proporcionan las distintas ciencias ambientales.

Esta dualidad científico-social del valor del impacto, de su admisibilidad, es muy compleja de manera que si bien ambas esferas de la valoración son entendibles en sí mismas, operativamente presentan numerosas dificultades a la hora de establecer cuán admisibles o graves son los impactos de un proyecto.

De hecho los diversos métodos de evaluación de impacto ambiental, es decir los

sistemas que se diseñan para determinar los efectos de un proyecto, su valor y, por tanto, su admisibilidad, han hecho frente a esta dualidad de distintas maneras (que se presentan y discuten en los temas relativos a los métodos, especialmente, en aquel dedicado al concepto de valor del impacto y su sistematización).

Entre ellos, el planteamiento del método de Leopold, superado en la actualidad por elaboraciones posteriores de su enfoque básico, define el valor del impacto, es decir su gravedad, como dependiente de dos variables básicas: la **magnitud** del impacto y la **importancia** del impacto, que nos sirven para explicar la complejidad del concepto de valor.

Mientras la magnitud refleja las dimensiones, tamaño o intensidad del impacto (por ejemplo: *hectáreas de bosques destruidas, concentración de un vertido contaminante, reducción de la diversidad de especies*), la importancia refleja la relevancia que tiene esa alteración tanto en términos ambientales -lo importante que es para el mecanismo ambiental en el que se produce cómo en términos sociales -lo importante que es para la sociedad. (En el ejemplo anterior: *son las últimas hectáreas de bosque las que se destruyen o quedan más, cuanto estima la sociedad sus recursos hídricos o la conservación de especies animales*).

En los ejemplos anteriores una forma de interpretar la magnitud y la importancia de los impactos que se citaron sería la siguiente. En el ejemplo anterior:

- *La generación de un nuevo microclima en un valle por la presencia de un embalse,*
Magnitud: dimensión lámina de agua respecto a superficie de valle y diferencia entre cotas lámina y crestas.
Importancia: repercusión sobre la biocenosis, aprovechamientos y calidad de vida en el valle.

- *Un aumento en la contaminación de la atmósfera por el efluente de una central térmica,*
Magnitud: densidad y frecuencia del vertido contaminante, capacidad dilución de la atmósfera.
Importancia: elementos sensibles a esa contaminación (personas, niños, ancianos y enfermos del pulmón, vegetación, edificios, edificios singulares, turismo, etc.).

- *La excavación de desmontes de un ferrocarril (geomorfología).*
Magnitud: volúmenes excavados.
Importancia: según impactos indirectos sobre estabilidad y red de esorrentía.

- *El aumento de sólidos en suspensión en el agua por un vertido contaminante (calidad del agua).*
Magnitud: concentración de s.s. en vertido y frecuencia, condiciones del caudal receptor.
Importancia: aprovechamientos de esa agua, dependencia de biota acuática.

- *La reducción del riesgo de inundación por la presencia de una presa de Laminación (régimen hídrico).*
Magnitud: período de retorno de la avenida de diseño
Importancia: personas, bienes y biocenosis bajo riesgo

- La destrucción de suelo edáfico por la ocupación de las instalaciones auxiliares de una obra.

Magnitud: dimensiones estimadas de la ocupación.

Importancia: calidades edáficas de los suelos bajo riesgos.

- El deterioro de la vegetación por la contaminación atmosférica de una central térmica.

Magnitud: concentración y alcance de los contaminantes, sensibilidad de estructuras aéreas esa contaminación.

Importancia: interés naturístico de las especies bajo riesgo.

- La creación de un nuevo hábitat acuático que proporciona la masa de un embalse (fauna).

Magnitud: dimensiones, calidad y estructura limnológica del embalse, probabilidad de adecuación de determinadas comunidades.

Importancia: interés naturístico de las posibles comunidades.

- La nueva escena paisajística que genera un viaducto.

Magnitud: aspecto, visibilidad y frecuencia de observación de la escena.

Importancia: calidad del paisaje previo y calidad del nuevo paisaje.

- El abandono de los servicios comerciales locales de un pueblo por la competitividad que la accesibilidad de una autovía favorece con una capital provincial.

Magnitud: licencias comerciales de baja o media competitividad

Importancia: dependencia económica y social de la comunidad local del comercio.

- La detracción de la agricultura por la expropiación de parcelas.

Magnitud: dimensiones de la expropiación, número de propietarios, alcance de la indemnización previsible.

Importancia: dependencia económica y social de la comunidad local de la agricultura.

- Las molestias al uso de una ermita por el ruido de una autovía.

Magnitud: niveles sonoros diurnos en festivos en la ermita.

Importancia: apreciación local del uso.

Como se verá esta doble apreciación del valor se sistematiza de distintas maneras de acuerdo a los sistemas que para ello se diseñen en el **método de Evaluación de Impacto Ambiental (método EIA)**. (En el ejemplo anterior: *se ha establecido el valor de la magnitud y la importancia cualitativamente, aunque algunos de los ejemplos de la magnitud tienen interpretación cuantitativa directa*).

Como se ha adelantado en algunos apartados anteriores, un **método de EIA** es el conjunto de procedimientos operativos y gráficos diseñados para la identificación, valoración de los efectos ambientales de un proyecto y las alternativas que para él se contemplen, incluyendo la selección de la mejor alternativa desde el punto de vista de sus efectos ambientales.

TEMA 2: LOS ESTUDIOS DE EVALUACIÓN DE IMPACTO AMBIENTAL (EIA)

Contenido del estudio y proceso de EIA

2.1. Introducción

En este capítulo se presentan los estudios de EIA, sus funciones y potencial técnico. Además, se describen los distintos apartados que componen su contenido. En una tercera parte, se describe el proceso de EIA tal y como ha sido establecido por la actual legislación vigente al respecto. Se mencionan los principales agentes del proceso y sus fases básicas (consultas, revisión y condicionado ambiental).

Aunque durante la redacción de estos temas se está procediendo a la preparación de una nueva ley de evaluación de impacto ambiental (verano 1995) que introduce algunos cambios en el proceso de Evaluación de Impacto, se ha preferido evitar menciones a los futuros cambios para evitar confusión en el lector.

2.2. Los estudios de EIA

El proceso de EIA se estableció en España como consecuencia de su adhesión a las entonces Comunidad Europea en 1986. La Directiva 85/337/EEC obligaba a los países miembros a establecer un procedimiento de redacción de informes sobre los efectos ambientales de determinados proyectos de ingeniería y un procedimiento administrativo de revisión y aprobación de dichos proyectos.

Estos informes sobre los efectos ambientales del proyecto son lo que se conoce como estudios de Evaluación de Impacto Ambiental (estudios de EIA), cuyos contenidos, características y función han sido establecidos por el desarrollo de la directiva europea en España.

El Real Decreto Legislativo 1.302/1986 estableció el marco legal para este procedimiento y los estudios de EIA, marco que se desarrolló posteriormente en detalle en el Real Decreto 1.131/1988, que puede considerarse su reglamento.

Además, las distintas comunidades autónomas han desarrollado en los últimos años procedimientos similares al establecido por la directiva europea, pero ampliando los tipos de actuaciones (de proyectos) sometidos a evaluación de impacto.

Al margen del proceso de EIA definido por su propia legislación, nacional o autonómico, pueden redactarse estudios de EIA porque así lo exijan determinadas instituciones, generalmente como documento interno. Estos estudios aunque tiende a regirse por las exigencias técnicas y formales de los reales decretos citados, constituyen informes internos de la institución que los exige y no se someten al proceso.

La gran variedad de tipos de proyectos sometidos a EIA (especialmente, a partir del desarrollo de las respectivas legislaciones autonómicas al respecto), esencialmente las principales actuaciones de la ingeniería civil, exigen un conocimiento adecuado de sus contenidos y de su función como elemento determinante de la actuación. Los estudios de Evaluación de Impacto de Proyectos, según los establece el Real Decreto legislativo 103/86 y sus leyes autonómicas paralelas, se constituyen en un documento más en el proceso de diseño

y aprobación de los proyectos de construcción.

No hay que olvidar que, como veremos, la Evaluación de Impacto posee la estructura de una comparación entre opciones del proyecto, incluyendo la selección de la mejor desde el punto de vista ambiental.

Aunque esta selección no es vinculante, según lo establece la legislación al respecto, se debe mantener la consistencia entre los distintos documentos del proyecto. De manera que la adopción de una alternativa no recomendada por el estudio puede estar perfectamente justificada desde otros puntos de vista (costes, funcionalidad, urgencia, interés nacional, etc.).

Aunque la función estricta del estudio de Evaluación de Impacto es la de seleccionar entre alternativas y revisar el proyecto, hay que superar este enfoque incorporando los criterios ambientales junto con los criterios económicos y de funcionalidad en la resolución del proyecto, aplicando nuestra capacidad resolutoria a la problemática ambiental y superando, en definitiva, la tradicional visión restrictiva de los aspectos ambientales.

Como se vio en el tema anterior, se entiende por Impacto Ambiental cualquier alteración inducida en las condiciones del medio ambiente, directa o indirectamente, por el proyecto que analizamos. Por ello es importante recordar las siguientes consideraciones:

1) El medio ambiente incluye una variedad de elementos y las relaciones que entre ellos se dan y no se limita a los elementos naturales (fauna, vegetación, paisaje), generalmente exagerados por los medios de comunicación sino que engloba también el medio humano, las condiciones de vida de las personas, sus actividades económicas y sociales y sus bienes culturales.

2) Todo proyecto genera impactos tanto perjudiciales como beneficiosos para el medio ambiente (es decir impactos positivos y negativos). De hecho, el objetivo del proyecto es conseguir un determinado impacto (mejora del tráfico, aumento de reservas hídricas, etc.)

Los estudios de EIA poseen un esencial carácter de revisión de la actuación prevista. Es decir se detienen en comprobar los distintos efectos ambientales que producirá el proyecto valorándolos y corrigiéndolos. Esta es la función básica que se les exige desde la legislación establecida.

Sin embargo, estos estudios poseen un indudable potencial positivo dentro de la concepción de la actuación proyectada, pues permiten incorporar a su diseño los necesarios criterios ambientales mejorando la calidad de sus propuestas de actuación. Este planteamiento positivo debe surgir de la propia capacidad resolutoria del ingeniero ambiental que debe y puede hacer frente al problema ambiental solucionándolo de una manera ejecutiva y práctica.

Proyectos sometidos a proceso de EIA

1. **Refinerías de petróleo bruto** (con la exclusión de las empresas que produzcan únicamente lubricante a partir de petróleo bruto), así como las instalaciones de gasificación y de licuefacción de, al menos, 500 toneladas de carbón de esquistos bituminosos al día.

2. **Centrales térmicas** y otras instalaciones de combustión con potencia térmica de, al menos, 300 MW, así como centrales nucleares y otros reactores nucleares (con exclusión de las instalaciones de investigación para la producción y transformación de materias fisionables y fértiles en las que la potencia máxima no pase de 1 KW de duración permanente térmica).

3. **Instalaciones** destinadas exclusivamente al almacenamiento permanente, o a eliminar definitivamente **residuos radioactivos**.

4. **Plantas siderúrgicas integrales.**

5. Instalaciones destinadas a la extracción de **amianto** y de los productos que contienen amianto, así como el tratamiento y transformación del amianto y de los productos que contienen amianto.

6. **Instalaciones químicas integradas.**

7. Construcción de **autopistas, autovías y líneas de ferrocarril de largo recorrido**, que supongan un nuevo trazado, aeropuertos con pistas de despegue y aterrizaje de una longitud mayor o igual a 2.100 metros y aeropuertos de uso particular.

8. **Puertos comerciales**; vías navegables y puertos de navegación interior que permitan el acceso a barcos superiores a 1.350 toneladas y puertos deportivos.

9. Instalaciones de eliminación de **residuos tóxicos y peligrosos** por incineración, tratamiento químico o almacenamiento de tierra.

10. **Grandes presas**: Capacidad del embalse superior a 100.000 metros cúbicos. Características excepcionales de cimientos o cualquier otra circunstancia que permita calificar la obra como importante para la seguridad y economía públicas.

11. **Primeras repoblaciones** cuando entrañen **riesgos de graves** transformaciones ecológicas negativas.

2.3. Contenido del estudio de EIA

De acuerdo con la legislación vigente, el estudio de Evaluación de Impacto debe incluir los siguientes apartados:

- Análisis de las alternativas del proyecto y justificación de la solución escogida
- Inventario ambiental
- Identificación y valoración de impactos
- (*Justificación de la solución escogida*)
- Medidas preventivas y correctoras
- Programa de vigilancia ambiental
- Documento de síntesis

La estructura de contenidos reproduce las fases de realización del estudio que parte del análisis del proyecto y del entorno (*inventario ambiental*) para la identificación y valoración de impactos. Es a partir de la valoración de impactos cuando se desarrolla la *justificación de la solución escogida* aunque la estructura definida por el Real Decreto, la ubica asociada al primer capítulo de análisis de las alternativas del proyecto.

Una vez seleccionada la mejor alternativa de proyecto desde el punto de vista ambiental, se procede al diseño de medidas correctoras y preventivas, elementos adicionales al proyecto inicial que persiguen reducir la gravedad de los impactos detectados. Además, se incluye un programa de vigilancia ambiental cuya misión es la de comprobar que las predicciones realizadas se cumplen en umbrales admisibles.

A continuación se explican en detalle los contenidos, exigencias y función de cada uno de estos apartados.

2.3.1. Análisis de las alternativas del proyecto

El Real Decreto legislativo 1032/86 exige que el estudio de EIA considere varias alternativas al proyecto que han de ser técnicamente viables. Generalmente el estudio de Evaluación de Impacto se realiza en las fases definitivas del proyecto, como anexo del proyecto de construcción. Es decir cuando las diversas opciones técnicas que se consideraron con anterioridad en la planificación o el anteproyecto han sido ya desechadas. La manera de dar salida a esta exigencia legal consiste en retomar aquellas otras alternativas de anteproyecto que se consideraron y proceder a su revisión ambiental.

Existe, no obstante, la notable excepción de los proyectos de carreteras en los que se realiza a nivel de estudio informativo (estudio de trazados alternativos) desarrollándose sus conclusiones constructivas en las fases posteriores de desarrollo (anteproyecto, proyectos de trazado y construcción).

El objetivo del análisis de alternativas (o de proyecto, como se le conoce a este apartado) es **identificar las causas posibles de impacto**, lo que se conoce como acciones del proyecto. Es decir aquellas tareas y elementos del proyecto que pueden alterar los distintos aspectos del medio ambiente al incidir sobre ellos.

El proyecto además debe ser revisado en toda su evolución, considerando las tareas y elementos de la construcción, de la explotación y del abandono. La manera de llevar a cabo

este análisis es intentar descomponer todo el proyecto en sus elementos y actuaciones constituyentes planteándolos como una causa de un posible impacto.

No hay que restringir los resultados de este análisis que debería ser exhaustivo y completo, pues es en fases posteriores será cuando se concluya qué impactos son verdaderamente significativos y entre ellos cuales presentan un nivel de gravedad considerable.

2.3.2. Inventario ambiental

El objetivo de este apartado es **caracterizar el entorno en el que se sitúa el proyecto**. Para ello se tiene que dar cuenta de los elementos básicos del medio ambiente, describiéndolos y considerando la repercusión que sobre ellos tengan los posibles efectos que pueda producir el proyecto. En este sentido la elaboración del inventario ambiental y del análisis de alternativas de proyecto son actividades complementarias desde el momento en que ambas persiguen introducir la identificación de impactos, el inventario desde la alteración de los factores ambientales y el análisis de alternativas desde las posibles causas primeras del impacto.

En consecuencia, el inventario debe mantener un enfoque selectivo según el tipo de proyecto del que se trate. Por ejemplo: *en proyectos hidráulicos se habrá de detener con más detalle en los aspectos hídricos del entorno y en aquellos elementos relacionados con el agua*. Además, al inventario se le exige ser completo, pues se trata del estudio del sistema ambiental como una unidad compuesta por partes.

El inventario debe caracterizar también la calidad de los factores ambientales y las condiciones en que se presentan. Se entiende por calidad del factor ambiental el valor intrínseco con el que cuenta dicho factor, antes de la actuación del proyecto. Es decir el inventario ambiental valora los distintos elementos del mediante, señalando en su análisis aquellos que poseen mayor interés (por ejemplo: *una iglesia románica*). Generalmente, los criterios de calidad que se adoptan están relacionados con:

- el estado de conservación del factor (naturalidad), (en el ejemplo: *elementos constructivos y decorativos en buen estado*),
- su representatividad (condición de ilustrar sistemas o componentes tipo) (en el ejemplo: *prototipo de románico riojano del siglo X*),
- su exclusividad (condición de ser único), (en el ejemplo: *sólo otras dos iglesias en Francia en buen estado poseen la misma resolución constructiva del nartex*),
- su función ambiental dentro del sistema (dependencia de los demás factores de él; otro ejemplo: *un pinar, de poca naturalidad, muy común y sólo representativo de repoblaciones castellanas del cambio de siglo, puede tener una importante función de refugio de la fauna. o de uso social para esparcimiento, o de contraste paisajístico*),
- el interés que para la comunidad, la sociedad o el conocimiento científico tengan los factores del medio ambiente en ese entorno. (En el primer ejemplo: *de poco interés para la comunidad local que desarrolla el culto en una parroquia de 1960, pero de gran interés científico por conservar el nartex casi intacto*).

Pero la mayor preocupación del inventario debe ser el análisis de la **sensibilidad** del medio al proyecto. Es decir el tratamiento de los diversos factores ambientales debe estar guiado por la necesidad de pre-identificar los posibles impactos, considerando aquellos

factores que puedan verse alterados por el proyecto y estudiándolos desde el punto de vista de esa alteración. Es lo que se conoce como **fragilidad** del factor. (por ejemplo: *el estudio de la vegetación en el inventario ambiental del estudio de EIA de una central térmica debe considerar la resistencia de las distintas especies a niveles de inmersión de acidez elevados en la atmósfera ya las partículas en suspensión sobre la fotosíntesis*).

Los aspectos que como mínimo ha de contener el inventario ambiental, para cualquier proyecto, son los que se detallan en la siguiente tabla de contenidos, donde aparecen organizados según los subapartados que se usan frecuentemente en el inventario (medio inerte, medio biótico y medio humano).

No hay que olvidar que aunque todos los siguientes componentes deben ser tratados en el inventario, su desarrollo y grado de detalle depende del tipo de proyecto que se analice y, claro está, del tipo de entorno en que se ubica (natural, rural, urbano, litoral, etc.).

MEDIO INERTE	CLIMA	Caract. bioclimática, parámetros
	CALIDAD AIRE	Componentes, presencia de emisiones
	GEOLOGÍA GEOMORFOLOGÍA	Litología, riesgos geológicos, estabilidad Unidades morfológicas, pendientes
	HIDROLOGÍA SUP.	Régimen de los cursos, calidad agua sup.
	HIDROGEOLOGÍA	Régimen hídrico subsuelo, calidad agua sub.
MEDIO BIÓTICO	EDAFOLOGÍA	Calidad de los suelos, erosionabilidad
	VEGETACIÓN FAUNA	Especies de interés, formaciones Especies de interés, hábitats
	(ECOSISTEMAS)	Tipos de sistemas, áreas de interés (generalmente síntesis de los dos anteriores)
PAISAJE	PAISAJE	Unidades paisajísticas, calidad, visibilidad
MEDIO HUMANO o SOCIO- ECONÓMICO	CALIDAD DE VIDA	Condiciones ambientales de la calidad de vida
	REACCIÓN SOCIAL SOCIOECONOMÍA	Grupos de opinión Demografía, especialización económica, empleo
	APROV. RECURSOS	Usos productivos del suelo, minería, ocio, usos agua, usos urbanísticos suelo.
	PATRIMONIO	Arqueológico, histórico, artístico, cultural, social

2.3.3. Identificación y valoración de impactos

Sobre esta fase (y capítulo del estudio) descansa la esencia de la Evaluación de Impacto y es en él donde se pone en juego la capacidad de predicción del estudio, pues en él se establece la lista de **impactos significativos** que se estudiarán, se valora su gravedad y se determinan los efectos que producirá el proyecto.

Los diversos métodos de EIA plantean distintos sistemas para organizar y justificar la identificación y valoración de los impactos, que se tratarán en temas específicos más adelante. En general, la identificación se realiza considerando la repercusión que para cada factor ambiental tiene cada acción de proyecto.

La valoración del impacto viene determinada por la necesidad de establecer su admisibilidad. Es decir, el efecto previsto debe ser considerado en términos de la gravedad que representa para el medio ambiente y los intereses sociales, identificando aquellos especialmente críticos (no admisibles), y graduando su gravedad.

La elaboración del inventario y la predicción del impacto, requiere la participación de especialistas en cada área del medio ambiente, que identifiquen los mecanismos ambientales que pueda activar el proyecto y que además valoren los efectos de estos procesos. Por ello, el estudio de impacto lo realiza un equipo multidisciplinar dirigido por un generalista que debe saber incorporar las aportaciones de cada especialista y aunar los criterios del estudio, tarea que requiere un especial esfuerzo de coordinación y síntesis, pues generalmente un especialista, debido a su formación, tiende a exagerar la importancia de los efectos sobre el aspecto que más conoce.

2.3.4. Justificación de la solución escogida

La justificación ambiental de la solución escogida parte de la visión conjunta de todas las alteraciones (impactos) que produciría una opción dada, lo que se conoce como el Impacto Ambiental Global, para, a continuación, comparar el Impacto Ambiental Global de cada una de las opciones, eligiendo la que produzca una alteración de menor gravedad en su conjunto.

Para ello existen diversos métodos de EIA que de una u otra manera sistematizan este proceso y que presentan ventajas e inconvenientes en uno u otro sentido. En cualquier caso y dada la diversidad de proyectos y aspectos ambientales, los métodos deben ser entendidos en un sentido flexible y amplio, de manera que el director del estudio sepa construir su propio método de acuerdo a las necesidades de su caso.

Las exigencias al sistema utilizado están relacionadas con el uso de **criterios consistentes** en la comparación entre opciones. Los criterios que determinan el impacto de una opción y su gravedad deben ser aplicados por igual a las demás opciones.

La agregación de impactos para una opción, es decir la consideración conjunta de todos los impactos debe ser entendida como la conjunción de todos los impactos, pues no debemos olvidar que el medio ambiente es un mecanismo compuesto por diversos elementos que interactúan entre sí. (por ejemplo: *la destrucción de empleo agrícola que implican las expropiaciones de una autopista, se producirá a corto plazo, para, más adelante, dar lugar a la generación de empleo en servicios especializados que produce la mejora de*

accesibilidad).

Finalmente, la selección de la alternativa "*más ambiental*" descansa sobre los criterios de comparación y sobre la visión agregada de los impactos, de manera que requiere un esfuerzo de síntesis y un especial manejo de la complejidad que implica la variedad de efectos considerados.

2.3.5. Medidas preventivas y correctoras

Este apartado tiene como objetivo la mejora ambiental del proyecto, pues recoge las medidas que se hayan adoptado para reducir en lo posible la gravedad de los impactos negativos de la alternativa de proyecto que se vaya a llevar a cabo, que como sabemos no tiene por que coincidir con la alternativa seleccionada por el estudio de EIA.

Aunque las medidas preventivas y correctoras tienen, dentro del estudio, el carácter de medidas complementarias, añadidas al proyecto como conclusión del análisis ambiental, es recomendable superar este planteamiento "adicional", incorporando a la concepción del proyecto los criterios ambientales planteados por el estudio, previniendo y corrigiendo anticipadamente los posibles efectos negativos.

El capítulo de medidas correctoras, y especialmente aquellas con un carácter constructivo, debe ser plenamente consistente con las demás actuaciones que conforman el proyecto, pues se trata de unos elementos más de la actuación que aparecerán reflejados en la memoria, los planos, el pliego de prescripciones y en las respectivas unidades de obra del presupuesto.

Algunos ejemplos de estas medidas son los planes de reconocimiento arqueológico, los programas de revegetación de taludes, las pantallas anti-ruido, los pasos y escalas de fauna, etc. Así como todas aquellas que el proyectista pueda concebir resolviendo la necesidad de reducir un impacto negativo determinado.

Al contemplar las distintas medidas a llevar cabo es imprescindible considerar su **viabilidad, eficacia y costes**, aspectos todos ellos determinantes, como en los demás elementos del proyecto, de su incorporación a la actuación.

2.3.6. Programa de vigilancia ambiental

La función de este apartado es establecer el programa que llevará a cabo el seguimiento de la evolución de los impactos, incluyendo la eficacia de las medidas correctoras. Los impactos que se valoraron en los apartados anteriores y para los que se han diseñado las necesarias medidas de reducción son objeto de un control durante la construcción del proyecto y los primeros años de la explotación con el objeto de garantizar las predicciones que había realizado el estudio y prevenir cualquier alteración que pueda, por cualquier causa, alcanzar niveles admisibles.

El programa se desarrolla en función de la elección de indicadores de impacto y del establecimiento de umbrales admisibles para esos indicadores. El diseño definitivo del programa de control establece la periodicidad y las condiciones de las tomas de muestras de dichos indicadores. Este programa de control se debe incorporar a las tareas de control de obra y posteriormente a las de mantenimiento del proyecto durante su explotación.

2.3.7. Documento de síntesis

Finalmente, el documento de síntesis constituye un resumen del estudio y de su desarrollo, y es la pieza clave del proceso de información pública a la que se somete el estudio de impacto. El énfasis de este resumen debe hacerse sobre la justificación de la selección de la opción adoptada y su valoración ambiental y sobre las medidas tomadas para la corrección del impacto negativo.

El documento debe poseer una gran claridad y brevedad, que faciliten su lectura y comprensión, lo cual exige un especial esfuerzo de síntesis y descripción, evitando conceptos y términos de difícil comprensión.

2.4. Proceso de EIA

Se conoce como proceso de Evaluación de Impacto Ambiental (proceso de EIA) al conjunto de procesos técnicos y administrativos establecido según la legislación vigente. No hay que confundir este término con el proceso de realización de un estudio de impacto ambiental, aunque semánticamente se preste a esa interpretación.

El proceso de EIA define los siguientes agentes que participan en él:

- **El promotor**, es aquella persona jurídica, pública (un organismo público) o privada (una empresa) que pretende llevar a cabo el proyecto.

- **El órgano sustantivo**, es aquel organismo de la administración que posee competencias en el área del tipo proyecto que se propone. Este organismo puede ser de la administración central, cuando el proyecto es de competencia estatal, o de la administración autonómica cuando el proyecto es competencia autonómica. Ejemplos: *la Dirección General de Carreteras (MOPTMA) para autovías de la red estatal, la Dirección General de Obras Hidráulicas para presas de las cuencas hidrográficas nacionales, la Consejería de Industria para industrias de rango autonómico, etc.* Es importante notar que en el caso de proyectos de naturaleza pública el promotor coincide con el órgano sustantivo.

- **El órgano ambiental**, es aquel organismo de la administración central, para proyectos de rango estatal, o de la administración autonómica, para proyectos de rango autonómico, en el que residen las competencias de medio ambiente. En el caso de proyectos de rango estatal, el órgano ambiental es la recién creada Dirección General de Evaluación Impacto (1995). Para el caso autonómico, el órgano ambiental es, en la mayoría de los casos, la Agencia de Medio Ambiente de esa comunidad, o, en algunos casos, la Consejería que tenga asumidas las competencias de medio ambiente.

El proceso de EIA se plantea con dos fases, una fase previa a la redacción del estudio de EIA conocida como "*scoping*" o "**fase de consultas**" y otra fase final, una vez completado el estudio y presentado, en la que se revisa el estudio de EIA (revisión) y se aprueba el proyecto (condicionado ambiental).

2.4.1. Fase de consultas

Se conoce como **fase de consultas** o "*scoping*" (del inglés establecer la amplitud) la recogida de opinión de expertos y representantes locales, previa a la redacción del estudio de EIA, cuyo objetivo es identificar el ámbito de aspectos principales (*scope*) en los que se va a encuadrar el impacto ambiental del proyecto.

Los reales decretos de Evaluación de Impacto establecen que cuando un promotor decide llevar a cabo un proyecto que por su naturaleza está obligado a someterse al proceso de EIA, debe, oficialmente antes de la redacción del proyecto, presentar una **memoria resumen del proyecto** al órgano sustantivo y al órgano ambiental para que se pueda iniciar así la fase de consultas.

Los contenidos de la Memoria Resumen del Proyecto deben incluir, al menos, una descripción de sus objetivos, de sus características técnicas básicas y de sus probables ubicación y dimensiones. No existe un formato tipo de los contenidos de este resumen, que, aún en la actualidad, presenta variaciones desde pequeñas memorias (una hoja con un texto y fotocopia de un plano con la ubicación), hasta completos informes editados a color, con gráficos e información ambiental previa.

Al recibir la Memoria Resumen, el órgano ambiental, la presenta (enviándola por correo) a un conjunto de representantes y expertos locales, relacionados con el proyecto y la zona en la que se ubica. Para ello el órgano ambiental cuenta con una amplia base de datos de instituciones distribuidas por zonas que incluyen:

- Autoridades locales (ayuntamientos, diputaciones provinciales, etc.).
- Organismos públicos de la administración de distinta naturaleza (servicios de medio natural, consejerías de cultura, confederaciones hidrográficas. etc.).
- Centros de investigación y académicos (departamentos de Universidades, centros experimentales del CSIC, etc.).
- Asociaciones naturísticas o relacionadas (grupos ecologistas, asociaciones de cazadores, etc.).

Todas estas instituciones cuentan con un plazo de 30 días hábiles para responder a la consulta que les formula el órgano ambiental, expresando su opinión sobre los aspectos más graves sobre los que, a su juicio, puede incidir el proyecto. Recibidas las respuestas a las consultas el órgano ambiental, las reúne y las envía al promotor que cuenta con este primer informe para desarrollar el estudio de EIA de su proyecto. La fase de consultas es muy útil pues recoge la opinión de expertos y de grupos sociales interesados, estableciendo el punto de partida del futuro debate técnico social en el que se va a evaluar el estudio de EIA.

Es recomendable que el estudio de EIA recoja en un apéndice las consultas realizadas y las respuestas recibidas, dando respuesta, en consecuencia, a las opiniones y exigencias de las instituciones consultadas, en sus distintos apartados.

No todas las instituciones responden siempre a las consultas, de manera que existe un cierto rendimiento de la fase de consultas, que ha ido mejorando en los últimos años.

2.4.2. Revisión del estudio de EIA

Una vez terminada la redacción del estudio de EIA que, generalmente, forma parte de la documentación técnica del proyecto, se presenta junto con los demás documentos del proyecto al órgano sustantivo. Cuando el promotor coincide con el órgano sustantivo, en los casos de proyectos de obras públicas, esta parte del proceso se suele resolver internamente entre las divisiones que generan el proyecto y las divisiones que lo aprueban definitivamente.

A partir de aquí el proceso de EIA contempla dos posibilidades según la legislación propia del proyecto contemple en su procedimiento de aprobación la información pública (por ejemplo: *en carreteras, presas, etc.*) o no (por ejemplo: *ferrocarriles*). En el primer caso el órgano sustantivo lleva a cabo el trámite de información pública de proyecto y estudio de EIA, en el segundo caso (sin información pública del proyecto) es el órgano ambiental el que se encarga de llevar a cabo el proceso de información pública del estudio de EIA.

El procedimiento de información pública consiste en poner a disposición del público la documentación (proyecto y estudio de EIA) durante 30 días. Generalmente, una vez anunciado en los medios de comunicación, la documentación se pone a disposición en alguna oficina regional del organismo que realiza la información pública, incluyendo, en algunos casos, su exposición en ayuntamientos próximos.

Durante el plazo de información pública se reciben las **alegaciones** de particulares o instituciones. Estas alegaciones consisten en consideraciones sobre el proyecto y el estudio de EIA donde la opinión pública expone generalmente sus críticas al proyecto y/o a los contenidos del estudio de EIA. En algunos casos, en proyectos socialmente conflictivos pueden surgir, alegaciones positivas de apoyo al proyecto, aunque esto excepcional.

Según está establecido en el procedimiento de información pública, tal y como lo define la Ley de Procedimiento Administrativo, las alegaciones deben estar basadas en consideraciones sobre el bien común, no teniendo sentido si se refieren a intereses exclusivos de particulares. La ley también obliga a que cada alegación sea respondida adecuadamente y considerada, aunque no tiene por qué ser aceptada ciegamente.

Las alegaciones que se presentan contra estudios de EIA suelen centrarse en la valoración que se hace de los impactos del proyecto presentando una gran variedad en cuanto a la calidad técnica de sus contenidos que van desde observaciones fragmentadas y desatinadas hasta completos estudios de EIA alternativos de muy buena calidad en sus planteamientos y desarrollo.

Las alegaciones que tienden a tener más peso, son aquellas que se basan en una revisión legal del estudio de EIA, tanto desde la propia legislación de EIA, como a partir de otras leyes y sus reglamentos (Ley del Suelo, Ley de Aguas, etc.), pues éstas pueden constituir el primer paso de un procedimiento administrativo o legal que se inicie contra el proyecto.

La omisión dentro del estudio de EIA de las recomendaciones expresadas por las instituciones consultadas en la primera fase constituye un punto débil del estudio. Otros puntos débiles internos del estudio son los que se refieren a una identificación de impactos incompleta, a una argumentación no suficientemente justificada de la valoración de impactos o a una definición imprecisa de las medidas correctoras a desarrollar.

El análisis de una única alternativa de proyecto, la falta de coordinación entre el estudio de EIA y los documentos del proyecto y, particularmente, la no inclusión en los documentos contractuales del proyecto de construcción (planos, pliego y presupuestos) de las medidas correctoras recomendadas por el estudio se pueden considerar como errores graves.

Una vez completada la información pública por el órgano sustantivo, éste produce un informe de alegaciones, en el que se recogen las alegaciones presentadas y su respuesta. Este informe se incorpora junto con un informe de consideraciones del órgano sustantivo, el proyecto y su estudio de EIA al expediente.

La documentación del expediente se presenta al órgano ambiental.

2.4.3. Condicionado ambiental

El órgano ambiental procede a la revisión del expediente, considerando el proyecto, su estudio de Impacto y las alegaciones presentadas. Las conclusiones de esta revisión se publican en el boletín oficial del estado o autonómico, en un documento que se conoce como **Declaración de Impacto Ambiental**, que tiene rango de resolución de dirección general y es de carácter vinculante.

Excepcionalmente, antes de emitir la Declaración de Impacto, el órgano ambiental puede exigir se complemente el estudio de EIA cuando detecta en él alguna deficiencia grave, pudiendo llegar a exigir una nueva fase de información pública.

La revisión del estudio de EIA descansa sobre el conocimiento y experiencia de los técnicos que trabajan para el órgano ambiental y sobre el contraste entre los contenidos del estudio de EIA y proyecto y los de las respuestas a consultas y alegaciones. Las alegaciones y respuestas a consultas tienden a valorarse técnica y socialmente en función de la institución o particular que las presenta.

Se conoce como "**condicionado ambiental**" al conjunto de exigencias que se imponen al proyecto para que esta pueda ser "*... considerado ambientalmente viable*". Estas exigencias suelen ser estudios específicos de reconocimiento ambiental no cubiertos por el estudio de EIA, desarrollo técnico de medidas de corrección o control insuficientemente definidas por el estudio, restricciones o incorporación de elementos adicionales al proyecto.

El órgano ambiental tiene capacidad para prohibir la realización de un proyecto, es lo que se conoce coloquialmente como "**Declaración negativa**". Esta resolución puede ser aceptada por el órgano sustantivo, con lo cual el proyecto no puede ser llevado a cabo. En el caso de que el órgano sustantivo disienta sobre la resolución del órgano ambiental, el conflicto debe ser resuelto por la primera autoridad administrativa superior común a ambos organismos (Por ejemplo: *en el caso de una carretera, por el Ministro de Obras Públicas, Transporte y Medio Ambiente, por encontrarse ambas direcciones generales -de carreteras y de evaluación de impacto, en el este ministerio*. Otro ejemplo: *en el caso de una industria de rango estatal, por el Consejo de Ministros, que es la primera autoridad superior común a la Dirección General de Industria -en el Ministerio de Industria, y la dirección general de Evaluación de Impacto -en el MOPTMA*).

Finalmente, la responsabilidad sobre el cumplimiento del condicionado ambiental

contenido en la Declaración de Impacto recae sobre el órgano sustantivo, reservándose el derecho, el órgano ambiental de ser informado sobre dicho cumplimiento.

TEMA 3: ANÁLISIS DE PROYECTO

3.1. Introducción

Este tema trata sobre el **análisis de proyecto**, primer capítulo de un estudio de EIA, para ello se considera el planteamiento de este capítulo, se hacen algunas consideraciones sobre el diseño de proyectos y su mejora mediante los estudios de EIA.

En el cuarto apartado se estudian las acciones de proyecto (causas primeras de impacto) y el planteamiento del análisis de alternativas de proyecto exigido en un estudio de Impacto. Los últimos apartados presentan un breve resumen sobre las posibles causas de impacto de la fase de obras, de los proyectos de tipo lineal, de los proyectos de naturaleza hidráulica y, finalmente, de los proyectos basados en procesos de transformación.

3.2. Análisis de proyecto

Se conoce como **análisis de proyecto** (o análisis ambiental del proyecto), el proceso mediante el cual se identifican las posibles causas de impacto que forman parte de la construcción, funcionamiento y abandono del proyecto. La introducción de las distintas reglamentaciones de Evaluación de Impacto exige como punto de partida de la evaluación de impacto, que se analicen los mecanismos y elementos del proyecto que se somete a la evaluación.

De hecho, un proyecto de ingeniería comprende una serie de tareas que una vez llevadas a cabo establecen unas nuevas condiciones en el medio ambiente. El objetivo del proyecto es siempre conseguir unas nuevas condiciones en un aspecto ambiental. Por ejemplo: *una carretera pretende alterar la accesibilidad entre las distintas actividades del hombre*. Otro ejemplo: *una presa pretende garantizar una disponibilidad de agua mediante la regulación, una industria tiene por objeto la producción de ciertos bienes a partir de unos insumos*.

Al tratar de conseguir unas nuevas condiciones en un aspecto ambiental (el objetivo para el que se diseña un proyecto), el proyecto no puede evitar alterar también otros aspectos ambientales, de manera que, por ejemplo, conseguir una mejor comunicación entre dos poblaciones (como hace una autovía) provoca, inevitablemente, una peor comunicación entre ambos lados de la autovía (efecto barrera). Esto es así por el carácter complejo e interrelacionado de los componentes ambientales.

Para tratar de corregir los efectos ambientales no deseados, o, al menos, no pretendidos, se ha desarrollado el procedimiento de evaluación ambiental.

3.3. Los proyectos de ingeniería y la EIA

La introducción del proceso de EIA en los mecanismos públicos de aprobación de los proyectos de ingeniería permite incorporar variables ambientales en el proceso de definición y diseño de la ingeniería.

Sin embargo, el proceso de EIA se limita estrictamente, de acuerdo a la normativa vigente, a considerar los efectos ambientales de los proyectos, a valorar su posible gravedad,

a recomendar la elección de la mejor alternativa desde el punto de vista ambiental, y a aplicar medidas adicionales al diseño inicial del proyecto. El equipo de evaluación ambiental tiene, entonces, un margen técnicamente limitado al asesoramiento "*lateral*" del equipo de diseño, pues, siempre de acuerdo a la norma, se debe ceñir a la "*revisión lateral*" del proyecto, concluyendo una corrección y control sobre el diseño inicial del proyecto, en los apartados de medidas preventivas y correctoras y de vigilancia ambiental del estudio de Impacto.

El proceso de realización del estudio de impacto permite un mayor alcance del análisis ambiental que el que plantea estrictamente la normativa. Esto es así sólo si se garantiza una colaboración directa y continua entre el equipo ambiental y el equipo proyectista. Esta colaboración puede favorecer la incorporación de las consideraciones ambientales en el diseño del proyecto desde sus inicios.

Esta colaboración entre el análisis ambiental y el diseño proyectista no siempre se da, siendo el caso extremo el de iniciar el estudio de impacto ambiental cuando se ha definido por completo el proyecto de ingeniería. Esta situación límite, impide hasta el desarrollo de las medidas correctoras; pues éstas se deben limitar a lo que esté prefijado en la definición del proyecto, independientemente de las conclusiones del análisis ambiental.

De hecho muchos proyectos incluyen, por criterios internos propios, elementos que pueden "presentarse" como medidas correctoras de carácter ambiental, aunque originariamente se diseñaron para garantizar la viabilidad del proyecto y no necesariamente la del medio ambiente. Por ejemplo: *los drenajes transversales de las autovías y de ferrocarriles. o, en industria, los procesos de aprovechamiento de la materia prima desperdiciada en la contaminación.*

En sentido contrario, algunos equipos de ingeniería son muy receptivos al argumento ambiental y lo incorporan como un razonamiento más al proceso de elaboración del proyecto. En estos casos, el equipo de expertos ambientales se integra al equipo de trabajo del proyecto desde que se inicia su diseño.

No hay que olvidar que desde el punto de vista técnico, el proceso de evaluación de impacto ambiental completa o sustituye al cuerpo técnico de la ingeniería ambiental. Si existiera un completo campo de instrucciones, normas técnicas estándares y recomendaciones positivas de carácter ambiental no haría falta el proceso de revisión y corrección tal y como lo exige la normativa vigente. De hecho, muchas instalaciones industriales se ven obligadas en su diseño por las exigencias impuestas a sus emisiones, convirtiéndose el estudio de impacto en la comprobación de que se consiguen estos umbrales.

3.4. Las acciones de proyecto

Una **acción de proyecto** es toda aquella tarea o elemento, de carácter estático o dinámico atribuibles al proyecto de ingeniería que altera directa o indirectamente las condiciones del medio.

Las emisiones líquidas que genera el funcionamiento de un proyecto (por ejemplo: *el vertido del agua de refrigeración de una central térmica*) son acciones de carácter **dinámico** que alteran las condiciones del medio acuático receptor (en el ejemplo: *temperatura del río*) y de todos los componentes ambientales que dependen de él (en el ejemplo: *biota acuática, potencial de usos*).

La propia presencia de elementos **estáticos** de un proyecto (por ejemplo: *la chimenea de una industria, el muro de una presa*) constituye, en muchos casos, una acción de proyecto en sí misma, pues es la causa de alteraciones ambientales (en el ejemplo: *la chimenea altera el paisaje, el muro de presa genera un efecto barrera sobre el arrastre de sedimentos o el desplazamiento de los peces*).

Finalmente, un proyecto implica una serie de **tareas** (es decir una combinación compleja de elementos estáticos y acciones dinámicas), particularmente en sus procesos constructivos (por ejemplo: *el desvío de un cauce para la construcción de una presa*), que se constituyen en causas de posibles impactos.

El análisis de proyecto consiste, por tanto, en descomponer los elementos y las tareas de un proyecto en una lista de posibles causas de impacto. En este sentido, se diferencia del argumento técnico que justifica el proyecto (la memoria), en que éste se centra en la resolución de un problema técnico, tratando de conseguir un determinado objetivo de producción o servicio.

El argumento técnico del proyecto explica el proyecto desde dentro, mientras que el análisis ambiental, sin embargo, incide sobre las posibles repercusiones del proyecto sobre el entorno, descomponiendo el proyecto desde sus efectos externos.

Es importante no confundir el concepto de acción de proyecto con el de Impacto Ambiental. La acción de proyecto se limita a ser la posible causa que desencadena las alteraciones ambientales. Es claro que una misma acción puede producir diversos Impactos, si consideramos como afecta a los distintos factores ambientales.

Es común confundir, por ejemplo, una acción de proyecto (por ejemplo: *emisión acústica del proyecto*), con el impacto que produce (en el ejemplo: *alteración niveles sonoros ambiente*) o con el factor ambiental que altera (en el ejemplo: *niveles de sonoros ambiente*).

El análisis de proyecto se estructura de acuerdo a las distintas fases de la vida del proyecto, considerando las acciones de proyecto durante la fase de construcción, la fase de explotación y la fase de abandono. En algunos casos, se consideran también las acciones durante la fase de diseño del proyecto, anterior a la obra, aunque esto es muy excepcional. Por ejemplo: *la decisión de realizar el proyecto (acción de proyecto), puede llegar a alterar los precios del suelo y sus usos en una zona (impacto), debido a las expectativas negativas o positivas que generan las expropiaciones o los beneficios de la futura presencia del proyecto*.

El proceso de identificación de las acciones de proyecto viene condicionado en las distintas fases por el grado de definición de los elementos y tareas del proyecto que no siempre es completo.

Hay que tener en cuenta que la actividad viene representada en el documento del proyecto de construcción indirectamente. El mejor ejemplo de esto lo constituye la fase de obras cuya definición es siempre imprecisa. Las condiciones legales de los proyectos de construcción exigen que no se condicionen los procesos constructivos, para los cuales el contratista tiene entera libertad, siempre y cuando, al final de la obra, se obtenga la obra tal y como está definida en el documento del proyecto de construcción.

No hay que olvidar que los documentos del proyecto de construcción que obligan a un contratista son los planos (*definición gráfica de todos los elementos construidos*), el pliego de prescripciones (*definición técnica de los materiales y componentes*) y el presupuesto (*definición económica de todas las unidades de obra*).

Por esto, las acciones de proyecto de la fase de obras, aparecen insinuadas con una cierta imprecisión, condicionando la posterior valoración de los efectos ambientales. La fase de obras es ambientalmente importante en las grandes obras públicas que implican complejas tareas constructivas (grandes presas, autovías, puertos).

En el mismo sentido, las acciones de proyecto de la fase de explotación de los proyectos basados en procesos de transformación (de tipo industrial) dependen de los sistemas de gestión de la explotación y de cómo ésta se realice. Como el proyecto viene definido por sus exigencias constructivas, su gestión durante la explotación queda indirectamente definida por sus instalaciones. Esto es ambientalmente importante en plantas industriales de funcionamiento muy complejo.

La indefinición de las acciones de proyecto (de la obra y de la gestión) debe ser acometida con planteamientos positivos y amplios, considerando todas las posibilidades técnica y económicamente viables. Los planteamientos del contratista y del gestor no son difíciles de predecir pues se encuentran muy sujetos a las exigencias de la viabilidad económica o técnica.

Más adelante, una vez identificados y valorados los impactos, se pueden contener los riesgos de la indefinición con medidas preventivas de carácter prescriptivo que impidan determinados procesos o tareas constructivas o de gestión. Es muy común encontrar, en el capítulo de medidas preventivas, prescripciones limitativas de la actividad de obra referidas a su desarrollo en el tiempo (calendario de voladuras) o a su expansión en el terreno (zonas prohibidas para una obra).

3.5. Análisis de alternativas de proyecto

Finalmente, hay que recordar que el estudio de Impacto Ambiental, se centra sobre la comparación entre alternativas técnicamente viables del proyecto. Aunque, desafortunadamente, numerosos estudios de impacto se centren sobre el análisis de una única alternativa de proyecto, pese a la obligada exigencia legal de considerar varias alternativas.

Por tanto, el análisis de proyecto debe incluir todas las alternativas viables consideradas por el proyecto, descomponiéndolas en sus acciones. Estas acciones serán distintas en cada alternativa aunque generalmente de una naturaleza similar. No obstante, en algunos casos, las alternativas pueden ser muy distintas, incluso en su propia esencia. Por ejemplo: *una presa de gravedad requiere grandes canteras que surtan del material necesario para el cuerpo de presa, pero necesita unas instalaciones de obra relativamente pequeñas y simples. Una presa de bóveda, requiere, por lo contrario, mucho menos material pero de mejor calidad y necesita unas grandes y complejas instalaciones de obra para su construcción.*

Podemos distinguir dos tipos básicos de alternativas que condicionan las posibles causas de impacto, a saber:

- **Alternativas de ubicación**, es decir distintas localizaciones para un mismo proyecto.
- **Alternativas de proceso**, es decir distintos procesos para conseguir el mismo fin del proyecto. Pueden ser procesos alternativos de construcción o de transformación.

Las alternativas de **ubicación** son las que cuentan con más restricciones, especialmente en proyectos privados (industrias, puertos deportivos, etc.) donde la inversión incluye la adquisición o, al menos, la disponibilidad de la localización. De manera que es difícil que encontremos un proyecto privado que analice distintas ubicaciones, sino que, en general, tienden a asumir la localización como fija.

Sin embargo, la localización del proyecto es la que determina en último término la mayoría de los impactos más graves. Aunque la ubicación esté prefijada y no sea posible "*recomendar*" una ubicación ambientalmente más adecuada, un buen estudio de impacto debe justificar ambientalmente su ubicación.

Esta justificación, es especialmente importante en aquellos proyectos que encuentran mucha oposición en la opinión pública tales como vertederos de residuos sólidos urbanos o instalaciones relacionadas con productos tóxicos o peligrosos (centrales nucleares, cementerios radioactivos, etc.).

La mayoría de los proyectos que tienen una ubicación rígida, tanto públicos como privados, han seguido un proceso de planificación que en su última fase ha fijado la ubicación. La incorporación del análisis ambiental debiera haber afectado al propio proceso de planificación, aunque esto no es lo exigido estrictamente exigido por la normativa de impacto que se refiere a proyectos y no a planes.

Cuando no es así, y las consideraciones ambientales se incorporan al proceso de definición última del proyecto, aunque no se pueden evitar los principales impactos, el estudio puede mejorar el diseño o el proceso constructivo reduciendo la gravedad de los efectos ambientales. Un ejemplo claro *es el de la planificación hidrológica, la decisión de ubicar una presa en un valle determinado asume la radical transformación de esa zona. El estudio de impacto se ve, entonces, obligado a aceptar la inundación de ese cauce sus riberas y márgenes y no otro con menor calidad ecológica o que afecte a menos propietarios.*

Algunos proyectos, por lo contrario, se definen esencialmente por su ubicación, como es el caso de todas las infraestructuras lineales de transporte (carreteras, ferrocarriles, tendidos eléctricos, gaseoductos, etc.), de manera que todo el diseño del proyecto y el propio estudio de impacto se centran en la definición de su disposición en el espacio. Estos proyectos son muy flexibles en cuanto a su trazado y sus procesos técnicos de definición tienden a incorporar bien las consideraciones ambientales.

En cuanto a las alternativas de **proceso**, éstas presentan también grandes rigideces. La mayoría de los procesos industriales se hayan normalizados y establecidos, de manera que cuando se incorpora el proceso de evaluación de impacto, el proceso ha quedado definido por fases previas de la planificación en las que se consideró la mejor funcionalidad, rentabilidad y eficacia, pero no necesariamente el mejor balance ambiental de la actividad.

Lo recomendable en estos casos para satisfacer el cumplimiento de la normativa vigente es retomar las alternativas de proceso que se consideraron en las fases previas de

anteproyecto, considerar sus acciones de proyectos, sus impactos y justificar la selección adoptada. Aunque, formalmente, el estudio de impacto puede calificar como mejor opción ambiental una alternativa que no sea la que finalmente se diseña y construye, esto es política y socialmente muy conflictivo, prestándose, en caso de que exista fuerte oposición pública, a apoyar argumentos de oposición al proyecto.

Además, los promotores del proyecto y los propios equipos de proyectistas son muy reacios a que se retomen opciones ya desechadas internamente por otras razones, a menos que estas, sean evidentemente peores desde el punto de vista ambiental.

También, hay que tener en cuenta que pequeñas variaciones en los procesos conforman legalmente alternativas técnicamente viables tal y como exige la normativa de impacto, aunque, claro está, el nivel técnico del estudio de impacto sea mucho más pobre y su imparcialidad más obvia.

3.6. Acciones de la fase de obras

Ya se han adelantado, algunos aspectos de los problemas que entraña la construcción de proyectos relativos a la indefinición de las acciones de la obra y sus impactos.

Las acciones de proyecto de una obra se pueden clasificar en los siguientes grupos:

- **Ocupación temporal**, se refiere a la acción de ocupación de las diversas instalaciones de la obra que pueden llegar a ser muy extensas provocando impactos de destrucción muy graves que podrían, en casos extremos llegar a ser irreversibles. Se trata de una ocupación añadida a la ocupación permanente del proyecto, que provocan las instalaciones puntuales (plantas de hormigonado, apilado de materiales, parque de maquinaria, caminos de acceso, etc.)
- **Emisiones de la obra**, cubriendo un amplio abanico desde emisiones acústicas, gaseosas, hasta líquidas (grases y aceites de la maquinaria) y sólidas (residuos de embalajes, piezas desechadas, etc.). Tienen, también, un carácter temporal.
- **Sistemas constructivos específicos**, la construcción de túneles, viaductos o de otras obras singulares pueden implicar acciones de ocupación temporal o de emisiones especialmente intensas o extensas.

La construcción de proyectos industriales suele organizarse sobre la propia parcela de ocupación del polígono de manera que la obra no representa una acción grave (especialmente si comparamos con los riesgos de emisiones y accidentes de la explotación). Sin embargo, la construcción de grandes obras públicas puede producir impactos más graves que los de su explotación.

3.7. Proyectos lineales

Los proyectos lineales de transporte se caracterizan por los parámetros de diseño de su trazado. Las exigencias de pendientes y curvaturas (muy restrictivas en el caso de ferrocarriles) son las que provocan las acciones de mayores dimensiones.

La excavación de desmontes, el relleno de terraplenes, la extracción de materiales de

préstamos para completar el balance de materiales o el vertido de materiales sobrantes (no aprovechables o excedentarios) es lo que se conoce como **movimiento de tierras** que es el resultado de contrastar las exigencias geométricas del trazado con las condiciones topográficas y geotécnicas del relieve.

La disposición lineal de estos proyectos no llega a producir grandes dimensiones de ocupación (por tanto, impactos de destrucción), sin embargo, si afecta a una gran variedad de sistemas ambientales a un mismo tiempo. Además, la disposición transversal de las infraestructuras lineales, una importante acción de proyecto, supone un efecto barrera sobre elementos ambientales móviles (escorrentía, recargas de acuíferos, fauna, personas).

El otro grupo importante de acciones están relacionadas con la presencia del transporte y sus emisiones y riesgos de accidentes. El ruido del tráfico rodado o los trenes, las emisiones gaseosas de los vehículos, los riesgos de filtración de las conducciones son las acciones más importantes de la fase de explotación de estos proyectos. A los que hay que unir los riesgos de accidentes asociados al transporte.

Finalmente, hay que recordar que estos proyectos son muy espaciales recomendándose el uso de métodos geográficos de evaluación ambiental que permitan incorporar a las exigencias geométricas y geotécnicas del trazado, la necesidad de evitar áreas ambientalmente sensibles.

3.8. Proyectos hidráulicos

Los proyectos hidráulicos persiguen la creación de masas de agua bajo control. Este es el caso de las dársenas de los puertos y de los embalses. Para conseguir este objetivo plantean estructuras rígidas que aíslan parcialmente la masa de agua, generando por tanto unas condiciones morfodinámicas radicalmente distintas a las iniciales. Tanto las presas como los puertos aíslan y retienen volúmenes de agua que pasan a comportarse ambientalmente de una manera diferente, provocando con ello los principales impactos.

Sus principales impactos son los derivados de las **nuevas condiciones** de dársena y embalse, tanto en términos hidráulicos, como de calidad de las aguas, ecología y aprovechamientos humanos. Esta acción de proyecto básica implica también la acción de **destrucción del espacio** litoral y del valle que ocupan la dársena y el embalse, respectivamente, y que dejan de existir.

La **presencia** del muro de presa o de los espigones, dispuestos transversalmente a los movimientos naturales del agua, provoca impactos asociados a las retenciones y al aislamiento, alterando los procesos de arrastre y aporte de sedimentos (equilibrios litorales, aterramiento de presas), aislando las comunidades de seres vivos y generando efectos en los ecosistemas contiguos (litoral, aguas abajo de presa).

Específicas de las presas son sus acciones relacionadas con la gestión de caudales. Las presas llevan, generalmente, asociadas una **detracción de caudales** del cauce (se exportan para abastecimiento o regadío) e indirectamente el aumento en aquellos cauces en los que se produzcan los **vertidos** de las actividades que se benefician de la dotación (vertidos urbanos, retornos del regadío).

Pero más importante es la acción de la **regulación** mediante la cual se incrementa o

reduce el caudal del río de acuerdo a los objetivos de la presa. Una presa de laminación reduce el caudal de inundación, un aprovechamiento hidroeléctrico puede generar avenidas ficticias, un embalse de regadío puede generar "*estiajes invernales*", una presa de abastecimiento retiene caudales constantes del flujo variable del río, etc.

En los puertos, una importante acción de proyecto, son los **vertidos** que se producen en la dársena o en sus inmediaciones provenientes de los buques y que quedan contenidos acumulándose en la dársena.

3.9. Proyectos de proceso

Existen numerosos y diversos proyectos basados en procesos de transformación, generalmente procesos industriales. El sistema de análisis de proyecto consiste en la descomposición de la cadena de transformación en sus diferentes procesos, descomponiendo, después, cada proceso en sus acciones de proyecto:

- *acciones de insumo*, los procesos incorporan materias o energía que repercuten ambientalmente en el origen (canteras, disponibilidad de energía eléctrica o agua, etc.). Aquí se puede incluir la oferta de empleo como acción de proyecto con impacto positivo.
- *acciones de emisión*, el propio proceso de transformación implica una serie de emisiones marginales líquidas, aéreas (incluyendo ruido) o sólidas que pueden ser desechadas, reincorporadas para su aprovechamiento o tratadas antes de la emisión última. Todas ellas provocan impactos de mayor o menor alcance (plantillas, población próxima, áreas locales o regionales).
- *acciones de riesgo de accidentes*, la mayoría de los procesos de transformación implican riesgos de accidentes que radican en el propio proceso o en la gestión de los insumos o productos del proceso. Esta es una importante acción de proyecto, que provoca acciones de proyecto de gran importancia, aunque, generalmente, de pequeña magnitud.
- *acciones de producto*, el objetivo del proyecto suele ser el de conseguir un determinado producto (energía, bienes, equipos, etc.) que constituye en sí mismo un impacto positivo. No obstante, 'las condiciones del producto pueden entrañar riesgos ambientales, debido a acabados deficientes, que repercuten en impactos ambientales. Por ejemplo: *piénsese en el acabado del compost o en el diseño de bienes o equipos que entrañen emisiones o riesgos de accidentes en su utilización por el cliente.*

En las tablas siguientes se muestran los tipos de proyectos de obra civil sometidos a EIA en España y en algunas de las comunidades autónomas. Se indican con cursiva, aquellos proyectos que requieren EIA simplificada.

Transporte	Carreteras	Ferrocarril	Aeropuertos	Conducción	Energía El.
España	Autovías autopistas carreteras	Largo recorrido	Púb.> 2,1km y A. Privados		
Baleares	C.en Áreas Int. Variantes >5.000hab.	Todo F.C.+ Electric.+ Teleféricos		Oleoductos y gaseoductos submarinos	>66Kv y >15Kv en Paisaje Int. + 66-15kv + Subestación>10mw
Canarias		Teleféricos		Oleod./gaseod. en Áreas Ecológicas	>66Kv y >20Kv en Áreas Ecológicas
Cantabria		Todo F.C. + Teleféricos	+Helipuertos	Oleod., gaseod., acueductos en S.N.Uz.	>1kv y Subestaciones
Cataluña					
Extremadura	Modificaciones de trazados	Todo F.C. + Modificaciones de trazado			en Media y Alta Tensión, en Baja Tensión
Madrid		Suburbanos y metropolitanos + Teleféricos		Oleod./gaseod. de hidrocarburos y prod. químicos	Aéreo en Alta Tensión en S.N.Uz.
Navarra					
Valencia	+carreteras privadas		+Helipuertos	Oleod., gaseod., acueductos en S.N.Uz.	>132kv o en Área Interés 66-132kv o en bosques

Hidráulicos	Presas / Embalses	Central Hidroeléctrica	Regulación y canalización	Zonas húmedas	Puertos	Otras obras del litoral
España	h > 15 m. o 10-15m. y >100.000m ³ o cimientos o seguridad				Comerciales, vías nav., puert. nav. int. buque>1530T y deportivos	
Baleares	> 5 Hm ³ . 0,5 a 5 Hm ³ .	Centrales <50Mw	Trasvases entre cuencas o acuíferos		Comerciales, industriales y de reposic. combustible Deportivos >100 embarc.	
Canarias	> 5 Hm ³ y 0,15 a 0,5 Hm ³ en Area Ecológica. 0,5 a 5 Hm ³ .		Trasvases entre cuencas o acuíferos de > 175m ³ /h.		Deportivos >100 embarc.	
Cantabria	Embalses, presas, azudes, etc.	Hidroeléctricas	Regulación y canalización en S.N.Uz.	Relleno, aterram., drenaje y desecación	Refugio, deport. y pesca (sin int.gen.) si ext. sup.>5% Planes de Serv. Portuarios	Diques y playas artif., faros y baliza. dragados
Cataluña					Pesca	Regeneración dominio púb. PEC>500mill
Extremadura	> 3Hm ³ < 3Hm ³	Toda central eléctrica	Regulación y canalización			
Madrid	<100.000m ³ Vaciado de embalses	Toda producción de energía	Regulación y canalización	Relleno, aterram., drenaje y desecación	Embarcaderos y otros naveg. comer.o deport	
Navarra		Toda central incluso pequeñas hidroeléctrica				
Valencia	>50.000m ³ o h > 5m. 20.000 a 50.000m ³ o 4-6 m.	Hidroeléctrica	Regulación y canalización en S.N.Uz.		Refugio y pesca si ext.sup.>5% Planes de Serv. Portuarios y Navegación	Regeneración y defensa costas

Servicios Urbanos	Captaciones	Depósitos	Potabilizadoras	Estaciones depuradoras	Colectores	Residuos Sólidos Urb
España						
Baleares			Desalinizadora	>50.000 h.eq >5.000 h.eq		Vertederos >100.000hab Vertederos, incineración y fabricación con derivados de R.S.U.
Canarias	Superficiales > 5 m ³ /hora en Área Ecológica.		Potabilizadoras >5000m ³ /año	>5.000 h.eq		Planes de Residuos Sólidos Urbanos
Cantabria		>9.000m ³ en S.N.Uz. y elevados >9m de >5.000m ³ en S.N.Uz.		>10.000 h.eq en S.N.Uz.	Colectores en S.N.Uz	Planes e inst. de tratam. y eliminación Vertederos de inertes y fabricación con derivados.
Cataluña						Inst. de trat. y eliminación >300T/día de R.S.U. o equ.
Extremadura				>10.000 h.eq <10.000 h.eq		Inst. de trat. y eliminación >10.000hab
Madrid	Superficiales Subterráneas >7000m ³ /a	Depósitos	Plantas potabilizadoras	Todas y depósitos de lodos de Dep.	Emisarios	Planes e inst. de tratam. y eliminación
Navarra			Potabilizadoras	Todas		Recogida e inst. de trat. y eliminación.
Valencia		>9.000m ³ en S.N.Uz. elevados >9m de >5.000m ³ en S.N.Uz.		>100.000 hab.eq en S.N.Uz. + Modificaciones	Colectores + Modificaciones	Planes e inst. de tratam. y eliminación.

Urbanismo y Equip.	Planes Ordenación	Equipamiento Sanitario	Equipamiento Deportivo	Hoteles y Campings	Otros Equip.
España					
Baleares	PGOU, NSP, PP y PE.		Equipamiento deportivo	Campings	Equipamientos comerciales y docentes
Canarias			Inst. recreo >200per. Campo golf >25ha Campo golf	Camping >100veh. o >400per y de >50per. en Áreas Ecológicas	Polígonos industriales
Cantabria	PGOU, NSP, PP y PE con Modific. de S.Uz.; y Pl. Directores.	Cementerios	Campo Golf>100ha Deportivo-Turísticos Campos golf	Campings >75per. o >300veh	Polígonos industriales
Cataluña					
Extremadura		Equipamiento sanitario	Equipamiento deportivo	Hoteles y campings	Camp. militares Entrenamiento. Equip. comercial y docentes. Edificios en S.N.Uz.
Madrid			Equipamiento deportivo		Polígonos industriales
Navarra		Cementerios		Hoteles y campings	Garajes, est. de servicio y espectáculos
Valencia	PGOU, NSP, PP y PE con Modific. de S.Uz.; Pl. Directores		Campo golf en S.N.Uz.		

TEMA 4: EL INVENTARIO AMBIENTAL

Medio inerte, medio biótico, paisaje y medio humano

4.1. Introducción

En este capítulo se recuerda el objetivo y alcance del **inventario ambiental** dentro del estudio de EIA, pasando a continuación a considerar la manera en la que se estudia cada factor ambiental, así como los criterios de fragilidad (susceptibilidad al impacto) y de calidad que se suelen aplicar en el análisis de cada factor ambiental.

4.2. Alcance del inventario ambiental

Como se planteó en el tema sobre el estudio de EIA, la función del inventario ambiental, es caracterizar el entorno en el que se localiza el proyecto identificando su evolución y mecanismos de interacción, la calidad de sus componentes ambientales y la fragilidad a cada tipo de actuación y su calidad. Como se recordará:

- la **calidad** de los componentes ambientales (y por extensión del entorno), hace referencia al valor intrínseco del factor ambiental, de acuerdo a criterios conservación, representatividad, exclusividad, función ambiental y/o interés social.
- la **fragilidad** de los componentes ambientales (y por extensión del entorno), es la capacidad que tiene un factor ambiental de verse alterado por las acciones de proyecto de una actuación determinada.

El contenido del inventario debe ser completo, es decir, ha de considerar al menos los factores ambientales básicos, dependiendo el grado y detalle del análisis de éstos de las necesidades que derivan del tipo de medio en el que se actúa y del tipo de proyecto.

En cuanto al ámbito espacial que debe cubrir el inventario, fijado el contenido y sus grados de análisis, cada factor ambiental vendrá analizado en la extensión geográfica que su fragilidad requieran (por ejemplo: *El inventario de una presa, en su apartado hídrico, debe cubrir no sólo el área ocupada por el muro y el embalse -línea de máxima inundación, sino también el sistema aguas abajo en la cuenca, en algunos casos, llegando incluso a estudiarse los efectos en la desembocadura*).

El inventario descompone el mecanismo ambiental considerando análisis de cada una de las disciplinas que componen el cuerpo de las ciencias ambientales (climatología, física y química de la atmósfera, geología, hidrología, química del agua, edafología, botánica, zoología, ecología, estudios del paisaje, sociología, economía de los recursos, historia, etc.). El inventario se estructura en dos grandes apartados el medio físico (que incluye el medio inerte y el medio biótico) y el medio humano, que tienden a plantear criterios propios de la calidad.

Estos apartados tratan sobre el análisis de cada uno de los aspectos y se desarrollan en función del tipo de proyecto, sus posibles efectos y del tipo de medio en que se ubica.

4.3. Medio físico

El apartado de medio inerte del inventario incluye dos grandes bloques, el medio físico y el medio biótico. El medio físico estudia las condiciones del clima, de la atmósfera (o aire), de la geología (terreno) y la hidrología (agua).

4.3.1. Clima

El estudio del clima es básico pues define el marco de la evolución y de los mecanismos de todos los factores ambientales. Además, es importante porque condiciona los procesos ambientales en marcha (en la situación pre-operacional), especialmente la evolución y ciclos de los seres vivos; el desarrollo de las alteraciones introducidas por el proyecto y, también, el diseño de las posibles medidas correctoras.

• Estudio del clima

El estudio del clima parte, generalmente, de la recogida de índices estadísticos (máximas y mínimas, anuales y mensuales, etc.) para las siguientes variables:

- Temperaturas
- Humedad
- Índice de evapotranspiración
- Precipitaciones
- Periodo seco y periodo húmedo
- Días con nieve, nublados, etc.

Existen diversas **clasificaciones climáticas** que nos permiten conocer las condiciones en las que se desarrolla nuestro entorno. Estas clasificaciones son de tipo genérico (*clima atlántico, mediterráneo seco, etc.*) o establecidas al objeto de determinar las condiciones de la actividad biológica (*clasificación fitoclimática*) la productividad agrícola potencial (*clasificación de Papadakis*) o el balance hídrico del sistema (*índices de Thorn-Waite*).

• Fragilidad y clima

La consideración del clima como un factor ambiental susceptible de recibir impactos es excepcional, aunque en algunos casos se consideran posibles efectos locales del proyecto. Normalmente, superando el marco de la EIA de proyectos, se pueden llegar a considerar las posibles alteraciones del clima global (planetario), a través de la estimación de emisiones de ciertos tipos de gases a la atmósfera (gases invernadero) o de las dimensiones de actuaciones extensivas (deforestación, desecación de zonas húmedas, etc.), de acuerdo a la hipótesis del calentamiento global, el efecto invernadero y su repercusión en el cambio climático.

En ciertas condiciones (régimen de vientos, relieve, presencia de vegetación o bolsas de agua, etc.), un proyecto puede llegar a desarrollar en un área determinada mesoclimas y microclimas específicos. Actuaciones asociadas a determinados proyectos (embalses, deforestación, grandes autovías, etc.) pueden, en ciertas condiciones, generar un efecto microclima al alterar, por ejemplo, la aportación de humedad a la atmósfera (aumentándola o disminuyéndola: *efecto microclima húmedo en embalses, efecto microclima seco en autovías de gran anchura*). Esta alteración depende de la conjunción de diversas condiciones (dirección e intensidad de los vientos desfavorables respecto a relieves cerrados,

precipitaciones, extensión del área afectada -lámina de agua, plataforma y desmontes de autopista, etc.).

4.3.2. Atmósfera (aire)

La atmósfera constituye una importante reserva de elementos necesarios para los ciclos vitales y los procesos de producción de biomasa (respiración, combustión, fermentación aerobia, etc.). Las condiciones de la atmósfera, tanto en términos de componentes del aire (partículas, aerosoles y gases), como en términos dinámicos (régimen de viento), determinan la distribución, transporte y dilución de contaminantes en un amplio ámbito espacial. La alteración de sus componentes, es grave en sí misma, pero también en cuanto a los efectos indirectos que genera sobre numerosos factores ambientales (salud y molestias de las personas, afecciones a plantas y animales, afecciones a materiales, especialmente patrimonio, etc.).

• Estudio de la atmósfera

El estudio del **régimen de vientos** forma parte de la caracterización del clima, como cualquier variable climática se estudia mediante indicadores estadísticos de magnitudes como la velocidad y la dirección del viento, que se suelen representar gráficamente como rosa de los vientos.

Para determinar los componentes en el aire, se pueden llevar a cabo análisis experimentales directos (toma de muestras) para determinar la concentración de los diversos componentes atmosféricos (partículas sólidas, aerosoles, gases SO_x y NO_x, CO, compuestos complejos, gases olorosos, etc.) lo que se conoce como niveles de inmisión. También, cuando existen, se recogen datos de las redes de seguimiento de contaminación atmosférica (más completos en cuanto a sus períodos de observación). 0, como mínimo, se realiza un inventario de focos de emisión de contaminantes (flujos de tráfico, calefacciones, industrias, etc.) previos al proyecto.

• Fragilidad y aire

La fragilidad de la calidad del aire está relacionada con la capacidad de dilución de contaminantes. El conocimiento de las pautas de movimiento de las masas de aire es importante para determinar el transporte de contaminantes y la capacidad de dilución de la atmósfera (en función de la velocidad y direcciones dominantes del viento), destacando los **períodos de calmas** (situaciones estacionarias sin viento), como la situación más crítica.

La probabilidad de fenómenos atmosféricos como la **inversión térmica** (frecuente en grandes ciudades y que consiste en una inversión de la distribución altitudinal de las temperaturas) contribuyen a una mayor fragilidad a la contaminación atmosférica (los contaminantes quedan atrapados y no se elevan).

El impacto sobre la calidad del aire se considera en sí mismo (contaminación atmosférica o con mayor propiedad "*aumento de los niveles de inmisión atribuible al proyecto*") y también por sus consecuencias (impactos indirectos) sobre los seres vivos entendidos como receptores (molestias a la población, a la fauna, daños a la vegetación, los materiales, etc.).

Generalmente, la contaminación acústica de un proyecto sólo se considera en función de los posibles receptores (molestias población, molestias fauna), rara vez considerándose en sí mismo (pues es un impacto reversible).

Existen umbrales críticos establecidos por la legislación sobre emisiones a la atmósfera por tipo de contaminante (sólidos en suspensión, óxidos de azufre, de nitrógeno, etc.) indicados como emisiones con una concentración determinada durante un tiempo determinado. También existen umbrales críticos normativos en términos de niveles de inmisión por tipo de contaminante, es decir, la concentración en la atmósfera de ese contaminante.

- **Calidad del aire**

Se suele valorar la calidad del factor aire en función de las condiciones de salubridad de los componentes y su proximidad a umbrales críticos (en función de los niveles de inmisión previos al proyecto, para en la valoración del impacto considerar conjuntamente las emisiones previas existentes y las atribuibles al proyecto).

4.3.3 Geología (gea)

Las condiciones del terreno constituyen un factor ambiental básico del entorno, principalmente por su relación con otros factores ambientales, y, pero también en sí mismo.

- **Estudio de la geología**

La geología se suele estudiar como introducción a los sistemas ambientales que determina, haciéndose especial hincapié en la geomorfología (formas del terreno), en la estabilidad del terreno (probabilidad de riesgos) y en la hidrogeología (sistemas acuíferos).

El soporte geológico se caracteriza en función de los tipos de rocas (litología) y de su distribución y estructuras (estratigrafía, procesos de orogénesis). Generalmente, se incluye un apartado de geomorfología (morfología de las zonas estudiadas, pendientes reales, pendientes naturales estables), que puede incluir un análisis de los riesgos geológicos naturales (deslizamientos, vuelco) o inducibles, es decir específicamente geotécnicos (capacidad portante, equilibrio al vuelco).

Puede reseñarse aquí un apartado de hidrogeología, aunque generalmente aparece asociado al apartado del sistema hídrico.

La geomorfología conforma también la base del paisaje determinando las unidades paisajísticas, el aspecto de sus grandes volúmenes y la visibilidad.

- **Fragilidad (inestabilidad y erosionabilidad)**

Un proyecto entraña riesgos de inestabilidad geológica derivados de sus propias actuaciones constructivas (excavaciones, rellenos, cimentaciones, cargas), ya sea por la existencia de riesgos geológicos, previa al proyecto, o por las dimensiones o disposición de la actuación (pendientes de excavación, disposición de túnel, etc.).

Las estructuras geológicas muy estratificadas (por ej.: esquistosas), fracturadas (por

ejemplo: muy diaclasadas) o con hoquedades (por ejemplo: kársticas) son ejemplos de formaciones geológicas frágiles por su inestabilidad inducida.

La alteración de la geomorfología puede afectar a la estabilidad de terrenos (ya considerado), a la red hídrica (que se verá más adelante), pero principalmente a la erosionabilidad de sustrato o geológica. La excavación de un desmonte o una cantera y la creación de un terraplén o una escombrera introducen de superficies desnudas con pendientes elevadas que son, en muchas ocasiones, de difícil recuperación natural y que por arrastre de la escorrentía pueden generar desgaste de la roca, vertidos contaminantes e incluso inestabilidad.

Ciertos tipos de rocas (margas, arcillas) son dependiendo de su resistencia al arrastre muy erosionables. Climas con precipitaciones irregulares y concentradas favorecen altos grados de erosionabilidad.

- **Calidad: estabilidad y erosionabilidad**

La calidad de este factor está relacionada con las condiciones de estabilidad (riesgos geológicos) y de erosionabilidad del sustrato. En una simplificación se pueden considerar de mayor calidad terrenos estables y duros a la abrasión.

También se considera la calidad de la geología y de la geomorfología por su interés científico y educativo. Es decir, generalmente, el inventario valora la existencia de formaciones geológicas o geomorfológicas o yacimientos paleontológicos (fósiles) de interés (lo que se conoce como **patrimonio geológico**) para la investigación o la educación, por su representatividad de periodos o procesos geológicos determinados, por su exclusividad o por la manera en que ilustran un determinado proceso.

Puede aparecer valorado, también, el potencial de uso de minerales (rocas industriales) por criterios económicos o sociales, aunque generalmente este aspecto se considera en el apartado de medio humano.

4.3.4. Hidrología (agua)

La función del agua dentro de los mecanismos del medio ambiente es fundamental pues participa directa e indirectamente en los ciclos de los seres vivos, y además por su función de distribución y transporte de recursos vitales. Las masas de agua determinan con su presencia sistemas ecológicos de gran bioproductividad. La red hídrica arrastra y distribuye los nutrientes y minerales distribuyéndolos entre distintos sistemas y áreas geográficas. Al mismo tiempo, el agua representa un recurso aprovechable de indudable interés para las condiciones de vida de las personas, la agricultura y la industria.

- **Estudio de la hidrología**

La función distribuidora del agua (*red hídrica superficial y subterránea*), sus volúmenes (*régimen de caudales superficiales y flujos subterráneos*) y sus componentes (*calidad del agua*) suelen considerarse, en sí mismos, como elementos ambientales susceptibles de impacto. Además, generalmente como parte del medio humano, se consideran los aprovechamientos hídricos (*consumo, riego, industria, etc.*), como un factor ambiental que puede verse afectado por un proyecto.

Generalmente, se estudian las cuencas vertientes, definiendo sus divisorias de aguas y sus ejes principales (ríos, arroyos, barrancos y vaguadas) y sus características morfológicas (vertientes, red de ejes, cauces), así como las estructuras litológicas permeables, identificando los sistemas acuíferos (grado de permeabilidad y disposición) y su relación con el resto de la red hídrica (zonas de recarga de acuíferos, surgencias, relaciones inter-acuíferos).

El inventario ambiental considera, también, el **régimen hídrico** recogiendo información sobre los caudales del sistema hídrico superficial, señalando los caudales de los cursos principales y la presencia de masas de agua (lagunas, lagos, litoral). Se caracteriza además la estacionalidad de los caudales de los cursos (distribución anual, máximas, mínimas). Integrado con el régimen superficial (a veces como parte del análisis geológico) se incluye también la caracterización del régimen hidro-geológico, estableciendo su relación con los caudales superficiales y/o precipitaciones directas.

Para aquellos proyectos que entrañan riesgos de contaminación hídrica, se estudian los componentes del agua (superficial y subterránea) se caracterizan en función de distintos indicadores que traducen sus condiciones (turbidez, oxígeno disuelto, demandas de oxígeno, sales, metales, pH, etc.), ya sea mediante la recogida de datos de las redes de calidad, si existieran, o, en casos específicos, por tomas de muestra y análisis de laboratorio.

• Fragilidad y agua

La fragilidad de la **red hídrica** se relaciona, en primer lugar, con actuaciones generalmente constructivas que alteren:

- a. el recorrido de la escorrentía (sistemas de drenaje de los proyectos) o de los cursos (ocupación o efecto presa en vaguadas, desvíos de cursos para obras),
- b. los niveles freáticos (efecto dren de las excavaciones como túneles),
- c. las recargas de acuíferos (impermeabilización por ocupación) o las surgencias (cubrición de manantiales).

La alteración de la red hídrica tiene importancia en sí misma, pero también por su posible repercusión en el **régimen de caudales**, que puede verse alterado, además, directamente mediante una regulación (presas), captaciones o vertidos atribuibles al proyecto o a sus actividades asociadas.

Los tramos medios o bajos de la red hídrica se pueden considerar más frágiles a impactos sobre el régimen (no a impactos sobre la calidad, ver más abajo), pues se afecta a mayor volumen de recurso.

La **inundabilidad** es un aspecto a tener en cuenta en la fragilidad del régimen hídrico, pues las alteraciones introducidas por los proyectos pueden alterar el riesgo de inundación de determinadas zonas, reduciéndolo (impacto positivo de las presas de laminación y de los proyectos de encauzamientos) o aumentándolo (impacto negativo de los terraplenes con drenajes transversales infradimensionados).

La fragilidad de la **calidad del agua** depende de las alteraciones inducidas sobre la red hídrica y su régimen ya mencionadas. Un cambio en los itinerarios o en los caudales determina cambios en los arrastres y sedimentación de materiales así como en la asimilación

de oxígeno disuelto y nutrientes.

La fragilidad de la **calidad del agua** depende en mayor medida de los posibles vertidos de distinta naturaleza que entrañe un proyecto (vertidos previstos, accidentales, derrames en obra, etc.), de su ubicación en la red hídrica, de su frecuencia (accidentales, continuos, periódicos), de su concentración y del tipo de contaminante (térmicos, sólidos en suspensión, materia orgánica, metales pesados, nutrientes, etc.).

Se pueden considerar más frágiles a la contaminación los sistemas hídricos más estacionarios (lagos, embalses, tramos finales de ríos), los cursos de menor caudal (tramos altos de la red hídrica) pues cuentan con una menor capacidad de autodepuración, y los de régimen más irregular, especialmente en sus períodos de estiaje (caudales mínimos).

Además, cursos ya contaminados son también más frágiles pues se empeoran aún más sus condiciones de calidad (mayores concentraciones de partida), pudiendo darse contaminación del proyecto que sea adicional a la existente y que desate, al coincidir con la contaminación previa, efectos sinérgicos sobre la calidad del agua.

• **Calidad del agua**

La calidad del agua se entiende por su función ambiental. Existe legislación específica (reglamentos de la Ley de Aguas) que determina los umbrales críticos (así como los medios y bajos) de concentraciones admisibles por tipo de contaminante en el agua. Estos umbrales están referidos al uso potencial del agua: consumo humano, baños y vida de los peces y se refieren a indicadores experimentales (pH, DQO, DBO₅, etc.).

Además, de la calidad intrínseca del recurso considerado por los componentes del agua, en el inventario debe considerarse como criterio de calidad del sistema hídrico, la presencia o no en el área de estudio, de seres vivos asociados a la red hídrica, su régimen y su calidad (comunidades de ribera, fluviales, de zona húmeda, etc. que se estudian en el apartado de vegetación y fauna), así como la presencia de aprovechamientos humanos (captaciones superficiales, redes de acequias, pozos, ocio, pesca, etc. que se estudian en el apartado de medio humano) que dependan de la red, su régimen y su calidad.

4.4. Medio biótico

El apartado de medio biótico del inventario considera las condiciones y características edáficas de los suelos, de la vegetación y de la fauna. En algunos casos, se considera la visión conjunta de seres vivos y su entorno en determinadas zonas (espacios de interés).

4.4.1. Edafología (suelos)

Se entiende por suelo la capa superior del terreno, donde la roca meteorizada, combinada con los nutrientes, la materia orgánica, la humedad y la aireación favorecen el desarrollo de procesos vivos. El suelo es uno de los elementos más frágiles del medio ambiente de cuyo desarrollo depende directamente la productividad vegetal e indirectamente todo el ecosistema terrestre asociado. El proceso de generación de la capa superior de suelo, en el que participan procesos físicos, químicos y biológicos, es lento y de difícil recuperación natural.

• Estudio de los suelos

En el estudio de los suelos se utilizan diversas clasificaciones de suelos (en función de tipo de roca base, minerales, pH, textura, humedad, aireación, etc.) que pueden estar orientadas a describir las condiciones y evolución del suelo en sí mismo, o específicamente a su productividad agrícola, interviniendo para ello las condiciones climáticas.

• Fragilidad de los suelos

Además de la eliminación directa de la capa de suelo (retirada de la tierra vegetal en obra), la fragilidad del suelo está relacionada con:

- la posible contaminación producida por vertidos líquidos o sólidos (e incluso emisiones aéreas) de distintos orígenes que pueden dañar los procesos bioquímicos del suelo,
- el avance de la erosión, ya sea por el impacto geomorfológico, por incremento de la escorrentía (regadío, bocas de drenajes) o por el laboreo continuado (agricultura) que impliquen algunos proyectos.
- la compactación asociada al paso de maquinaria o la ocupación temporal de algunas instalaciones auxiliares de obra.

• Calidad de los suelos

La valoración de la calidad del suelo se refiere al estado de desarrollo o madurez de sus componentes (nutrientes, bacterias, humedad, etc.) que determina su productividad. Podemos asumir a modo de simplificación que los suelos más profundos (mayor espesor de la capa de tierra vegetal) y los ubicados en los fondos de vaguada (depositarios de arrastres de las laderas y humedad) tienden a poseer una mayor calidad. La productividad agrícola (capacidad de establecimiento de cultivos comerciales) no tiene por qué ser considerada en la valoración de la calidad del suelo, aunque generalmente se encuentra asociada.

4.4.2. Vegetación

La vegetación representa una parte esencial del sistema ecológico en cuanto parte fundamental del aprovechamiento de la energía solar y la asimilación del carbono en los ciclos productivos de biomasa. Participa además directamente en distintos mecanismos del medio ambiente (niveles de humedad, retención de agua superficial, depuración de cursos de agua, protección y generación de suelo, hábitat de animales, productividad de biomasa, aprovechamiento de la energía, etc.). No debe confundirse el factor ambiental vegetación, referido a su interés y función ecológica, con los usos y aprovechamientos (cultivos, pastos, forestal) que aunque también se consideran por su interés ecológico, se analizan en medio humano por ser soporte de actividades económicas y estructuras socio-culturales.

• Estudio de la vegetación

Además de la realización de un inventario de las **especies** vegetales del área y de su presencia (densidad, cobertura) y grado de desarrollo, se recoge una caracterización de los conjuntos de vegetación o **formaciones**, incluyendo su grado de transformación (bosques, pastos, cultivos, etc.), la presencia de sus tres pisos: arbóreo, arbustivo, herbáceo; su diversidad (presencia de muchas especies) y su función como soporte de la vida animal

(refugio, nidificación, depredación, etc.).

Al inventario de las especies vegetales presentes, le acompaña la identificación de las Series Potenciales de Vegetación, que es el conjunto de especies vegetales que corresponderían al máximo desarrollo natural de la zona (*clímax*). Estas series se utilizan para estudiar la vegetación real con relación a su proximidad evolutiva respecto a la vegetación potencial.

• Fragilidad de la vegetación

La destrucción directa de vegetación (talas y clareos) al inicio de cualquier obra, el aislamiento o división de conjuntos de vegetación, la sustitución de especies vegetales (revegetación, reforestación, cultivos), los efectos de la contaminación (atmosférica, agua y suelo) o de la alteración de otros elementos ambientales (geomorfología, régimen hidrológico, avance de la erosión, etc.) afectan al desarrollo de este factor ambiental.

• Calidad de la vegetación

Definen la calidad del factor:

- la presencia de **especies** de interés por su valor botánico o ecológico, algunas de ellas protegidas en diversos grados por la legislación nacional y autonómica. Destacan aquellas especies que poseen carácter relictivo (restos de vegetación de otros períodos) que constituyen endemismos (propias del lugar), o individuos en condiciones singulares (árboles centenarios, etc.).
- el interés ecológico de las **formaciones** de vegetación (bosques, matorral, formaciones de ribera) según su grado de conservación o transformación (extensión, grado de desarrollo, cobertura, diversidad, en general proximidad al clímax), de interés en sí mismos o en relación al estado de la zona.

Pueden aparecer conjuntos de vegetación resultado de la transformación del hombre que presenten interés como sistema integrado de aprovechamiento (dehesas, repoblaciones antiguas, etc.) o *por* ser soporte.

4.4.3. Fauna

Este es un factor ambiental de una elevada diversidad en cuanto a su relación con el medio ambiente y a su fragilidad a actuaciones dada su dependencia de todos los anteriores factores (clima, aire, agua, gea, suelos y vegetación). Participa en los mecanismos y evolución del medio ambiente de muchas maneras a través de su función en el ecosistema.

• Estudio de la fauna

La elaboración de inventarios de especies presentes (tipos, densidad, frecuencia, poblaciones), se estructura mediante una caracterización de los distintos hábitats de los que dependen, analizándose las comunidades de fauna asociadas a cada tipo de biotopo (encinar, dehesas, comunidad de riberas, comunidad fluvial, estepa cerealista, etc.). Se suelen destacar las áreas de cortejo y cría, las zonas de refugio y de alimentación.

• Fragilidad de la fauna

La fragilidad se relaciona con la destrucción parcial de hábitats o su fragmentación con aislamiento que repercute en el consecuente descenso de las poblaciones. Las autovías, embalses y presas producen un efecto barrera en los hábitats, al mismo tiempo, la ocupación de proyectos extensos (inundación de embalses) o la regulación de caudales, pueden destruir el medio del que dependen las comunidades de fauna.

Las molestias, especialmente durante períodos sensibles (cortejo, cría) y los accidentes (electrocución, atropellos, retención, envenenamiento, etc.), asociadas a la construcción (voladuras, desvíos de cauces) o a la explotación (tráfico, tendidos eléctricos, etc.), la introducción de nuevas especies (típicamente especies oportunistas en vertederos), los efectos indirectos de la contaminación (agua, aire, suelo) y, en general, la alteración de las condiciones de vida de las especies (caudales, riberas, vegetación), atribuibles a determinados proyectos constituyen impactos comunes que pueden ser muy graves.

No hay que olvidar que los impactos sobre determinadas especies repercuten sobre sus depredadores y viceversa (descenso de depredadores aumento de presas). Además, determinadas especies, generalmente de gran interés, presentan mayores grados de dependencia de su entorno que otras, siendo por tanto más frágiles a las alteraciones de los demás factores ambientales (calidad de las aguas, alimentos, aislamiento de los humanos, etc.).

• Calidad de la fauna

Los vertebrados superiores constituyen el grupo de fauna de mayor interés pues constituyen el segmento superior de la cadena trófica (es decir la presencia de una especie superior muy exigente es un indicador de la calidad ecológica del medio que debe contar con todos sus elementos -presas, calidad del agua, vegetación, etc., para garantizar la supervivencia de esa especie) y el máximo desarrollo evolutivo. Además, los vertebrados superiores poseen los organismos y pautas de comportamiento de mayor complejidad.

Corno en el caso de la vegetación, además del interés científico o ambiental que puede tener cada **especie** en sí misma, la calidad de la fauna de un área está relacionada con el estado de conservación de la **comunidad de fauna** presente, su grado de desarrollo (tamaño y evolución de las poblaciones, diversidad) y las condiciones de conservación del entorno.

En general, todos los anfibios y reptiles, algunos mamíferos y la mayoría de las rapaces presentan un elevado interés de conservación. Existe una referencia normativa para cada especie según el grado de protección con que cuenten, a nivel internacional, nacional y autonómico que debe ser adecuada a las condiciones del área de estudio (una especie sin protección normativa puede ser importante en una determinada zona). Una caracterización básica de su protección nacional es la siguiente: en extinción, regresión, vulnerables, de interés, no estudiadas, no amenazadas.

4.4.4. Espacios de interés ecológico

Este factor ambiental reúne los anteriores factores de vegetación y fauna considerando su interés como ecosistema, de manera que se considera la existencia dentro de una determinada zona de los mecanismos ecológicos y su grado de conservación.

Definen este factor ambiental, la comunidad de seres vivos y su relación con el entorno considerados en conjunto o, en algunos casos, considerando las relaciones ecológicas individualizadamente (cadenas tróficas, nichos ecológicos, etc.). Este factor resume el estado de la biocenosis de la zona de estudio.

- **Estudio de los ecosistemas**

El inventario recoge específicamente la existencia de espacios naturales de diversos tipos con distintos grados de conservación, así como una visión de conjunto de los factores que condicionan el desarrollo de los seres vivos. Parte básica de la caracterización es establecer la calidad del ecosistema, indicando las razones de esta calidad (por su representatividad, exclusividad o conservación).

- **Fragilidad de los espacios de interés**

La fragilidad de este factor está relacionada con las posibles alteraciones inducidas en los demás factores del medio biótico y en las características del biotopo (contaminación hídrica aguas arriba de una zona húmeda, talas y clareos en una franja a través de un bosque, etc.). En determinadas situaciones se puede alterar una determinada relación ecológica (oferta de biomasa de un vertedero, prevención de desplazamientos recurrentes de la fauna, etc.). En general, la fragilidad del ecosistema depende de la conjunción de todas las posibles alteraciones sobre los anteriores factores.

- **Calidad de los espacios de interés**

La diversidad genética (variedad de seres vivos), el grado de conservación y la extensión caracterizan la calidad del factor. Existe un amplio catálogo de espacios de interés, contemplado por la legislación europea, nacional y autonómica, además de normativas de protección de diversa naturaleza sobre numerosas zonas. También es frecuente encontrar zonas de interés ecológico todavía sin protección normativa.

En líneas generales podemos decir que las zonas de mayor calidad, cuando se han conservado, son humedales de diversos tipos (marismas, estuarios, lagunas, riberas, etc.), así como zonas forestales (bosques mediterráneos, bosques atlánticos, etc.), especialmente los ecosistemas ribereños de gran bioproductividad (riberas de ríos, lagos, litoral). En determinadas circunstancias, espacios transformados por las actividades del ser humano pueden poseer cierto interés ecológico (salinas y esteros, embalses antiguos, dehesas, estepas, repoblaciones antiguas, etc.). Es importante considerar la valoración de la calidad de un determinado ecosistema como relativa al resto de la zona.

4.5. Paisaje

Este factor puede aparecer en el inventario analizado específicamente (como medio perceptual) o formando parte del medio biótico, excepcionalmente incorporado a patrimonio (dentro de medio humano).

Entendemos el paisaje como la percepción que tiene el ser humano del medio ambiente. Aunque el aspecto visual es dominante no tiene porque ser exclusivo (sonidos, temperaturas, olor, etc.). La observación del medio ambiente por el ser humano conlleva

automáticamente su valoración, de ahí la importancia del aspecto estético y de su valoración subjetiva.

- **Estudio del paisaje**

El factor se define en función de su aspecto lo que suele englobar una división del área estudiada en unidades homogéneas de paisaje según sus características ambientales (urbano, cultivos, huertas, sierras, etc.) y de visibilidad geométrica (valles cerrados, áreas llanas abiertas, etc.). La descripción de cada unidad puede ser ambiental (vegetación, geomorfología, cursos de agua, etc.), estética (colores, líneas, formas, etc.) o ambas.

- **Fragilidad del paisaje**

La fragilidad del paisaje depende de su propio aspecto y de las condiciones de la visibilidad (determinada por su topografía) en relación a las características de dimensión, aspecto y visibilidad de las alteraciones inducidas por el proyecto (lámina de agua, presa, desmontes, terraplenes, estructuras, viaductos, etc.).

En general podemos decir que proyectos que generan estructuras verticales, de geometría regular, superficies lisas y de colores vivos y cálidos, en localizaciones elevadas alteran más el aspecto del paisaje.

Se puede incluir como aspecto de la fragilidad el número de observadores probable de cada unidad paisajística que percibirán el impacto paisajístico de un proyecto.

- **Calidad del paisaje**

Aunque la valoración del paisaje se asume como necesariamente subjetiva, existen valoraciones de planteamiento objetivo que hacen referencia a la calidad de contenido del paisaje y su función educativa (ecosistemas, patrimonio geomorfológico, patrimonio cultural). No obstante, es importante incorporar la valoración estética (o subjetiva). Pese a la inherente subjetividad de la apreciación del paisaje, existen pautas generales propias de la cultura urbana occidental, de manera que a modo de simplificación podemos decir que se prefieren los paisajes naturales a los humanizados, y dentro de éstos los rurales a los urbanos.

4.6. Medio humano

El apartado de medio humano suele considerar las condiciones socioeconómicas (demográficas, estructura y evolución económica) del área en la que se ubicará el proyecto, así como las condiciones de la calidad ambiental de vida de las personas, los sistemas de aprovechamiento de los recursos (minería, aprovechamientos hídricos, agricultura, ganadería, forestal, caza y pesca, ocio, etc.) y la calidad y presencia del patrimonio (social, cultural, histórico-artístico y arqueológico). Además el Real Decreto de Evaluación de Impacto exige se considere la reacción social al proyecto, por lo que es necesario estudiar los valores y grupos sociales de la zona.

4.6.1. Socioeconomía

Es el punto de partida del medio humano que define la presencia, evolución, dimensión y actividades de los seres humanos estableciendo el marco de las posibles

repercusiones socioeconómicas del proyecto.

La demografía y las actividades económicas del área establecen las condiciones sociales (urbano, rural), la relación entre la población y la actividad económica (agrícola, industrial, etc.), el potencial de desarrollo del área (en crecimiento, en regresión) y la gestión del medio ambiente y sus recursos (extractiva, agraria, soporte, etc.).

• **Estudio de la socioeconomía**

El estudio socioeconómico debe englobar la caracterización de la demografía y de la estructura y evolución económica del área. Se caracteriza la población (demografía) por su dimensión (tamaño de la población), evolución (crecimiento, descenso) y distribución espacial (núcleos, aldeas, etc.). A menudo se incluyen datos de edad (distribución en grupos de edades) cuando el proyecto pueda tener repercusiones demográficas evidentes o existe un claro despoblamiento o congestión.

La especialización económica se caracteriza en función de la presencia y dimensión de los sectores productivos (primario, industria, construcción, servicios), por un lado, y de su relación con la población (empleo, desempleo, etc.) por otro. Es importante establecer la dependencia económica del área del uso de los recursos naturales (agricultura, ganadería, forestal, minería, aprovechamientos hidráulicos, usos turísticos, etc.).

En determinados casos es necesario caracterizar los mecanismos de reacción social (oposición apoyo) y los grupos de opinión en relación a su sensibilidad al proyecto (expropiaciones, rechazo) y al medio ambiente (ecologistas, cazadores, regantes, etc.)

• **Fragilidad socioeconómica**

La fragilidad de este factor viene mediatizada por las tendencias demográficas y económicas del área y está relacionada con el objetivo del proyecto generalmente útil a la población a la que se le proporciona un servicio directo (acceso, energía, agua, etc.) o indirecto (producción, servicios, etc.), aunque no tiene por que ser necesariamente así (un proyecto puede afectar gravemente a las condiciones demográficas o económicas de un área). Generalmente, la fragilidad viene asociada a aspectos determinados del medio humano que se tratan a continuación.

Las comunidades de población reducida, decrecientes, con baja densidad y aisladas y con dominancia de grupos de edad (envejecidas, jóvenes) son más frágiles a los efectos demográficos de proyectos (oferta, destrucción, o sustitución de empleo) que las comunidades de población de gran volumen, en crecimiento, espacialmente densas y equilibradas en grupos de edad.

Las áreas con economías muy especializadas (turismo, minería, industria, agrícola, pesca) son más frágiles a las repercusiones económicas de un proyecto que las áreas con economías muy diversificadas (con muchas actividades distintas a la vez).

• **Calidad socioeconómica**

No existe un planteamiento básico para determinar su calidad, aunque las comunidades en retroceso, envejecidas y dispersas, con altas tasas de desempleo y bajo nivel

de rentas y servicios se consideran de baja calidad. Economías diversificadas, dinámicas y en crecimiento, con indicadores elevados de ocupación y renta son consideradas de mejor calidad.

4.6.2. Marco social (reacción al proyecto)

Pese a la exigencia legal, el estudio de los mecanismos sociales de reacción al proyecto suele ser tratado superficialmente, excepto en estudios de EIA de proyectos que se prevén conflictivos. Consiste en determinar qué conjunto de intereses pone en juego la presencia del proyecto, enfrentándolos (oposición), favoreciéndolos (apoyo) o sin repercusión (indiferentes).

• Estudio de la reacción al proyecto

La reacción al proyecto debe ser estudiada a partir de los grupos sociales que se sientan afectados tanto por la visión que éstos tengan sobre el proyecto (útil, negativo, necesidad urgente) como por su visión sobre el medio ambiente (conservación, recurso explotable, etc.). Para ello se suelen establecer los grupos de interés y considerar su visión sobre la interacción proyecto-medio.

Los resultados de la fase de consultas y, en mayor medida, los de la información pública suelen servir de apoyo a este análisis. También son recursos para el análisis de la opinión las entrevistas directas a representantes, encuestas sociológicas y los informes de los medios de comunicación.

• Valoración de la reacción al proyecto

Algunos proyectos son por su naturaleza especialmente conflictivos (vertederos, instalaciones nucleares, incineradoras, etc.) encontrando gran oposición entre las comunidades afectadas (población próxima). Otros proyectos resultan socialmente conflictivos por enfrentar a grupos de interés de gran determinación y capacidad de reacción como algunas obras hidráulicas (regantes y consumidores de agua versus ecologistas y propietarios expropiados) y autovías (sectores empresariales y de opinión política versus ecologistas y propietarios expropiados y vecinos afectados).

No se puede hablar de situaciones prototipo que sean especialmente conflictivas (frágiles), pues los mecanismos de reacción al proyecto son tan variados y complejos como los propios procesos de generación y evolución de la opinión pública.

4.6.3. Uso de recursos naturales

Este factor ambiental constituye en realidad un componente de la propia estructura socioeconómica del área, centrándose en el aprovechamiento de todos los factores ambientales del medio físico, biótico y del paisaje.

Se recoge aquí la gestión de los distintos recursos naturales, generalmente en un sentido económico, aunque también sociocultural. Generalmente, se centra en los sistemas de explotación del suelo productivo (explotaciones agrícolas, ganaderas y forestales) y la gestión y ordenación del suelo soporte o inmobiliario (usos residenciales, industriales, suelos protegidos, etc.), aunque otras actividades también se consideran incidentalmente (minería,

caza y pesca, turismo y ocio, producción de energía, etc.).

• **Estudio de la gestión de recursos naturales**

La gestión del recurso agrario se estudia en términos de viabilidad económica y dependencia social de las distintas explotaciones afectables, estableciendo el tamaño y parcelación de las fincas, sus aprovechamientos en términos comerciales y de ocupación y detectando fenómenos agrarios específicos (minifundios sociales, minifundios comerciales, explotaciones muy industrializadas, latifundios de recreo, agricultura a tiempo parcial).

La gestión del suelo inmobiliario se basa en el análisis del planeamiento urbanístico (suelos urbanos, urbanizables, protegidos), pero también en la detección de tendencias latentes de la ocupación (urbanización ilegal, segunda residencia, abandono de edificaciones, presiones de mercado, etc.).

La gestión de otros recursos naturales (aprovechamientos hidroeléctricos, captaciones de agua, vertidos a ríos y litoral, caza y pesca, minería, turismo) se analiza en términos de la dependencia económica y social de la comunidad de esos recursos, pero también en términos de eficacia y rentabilidad de ese aprovechamiento.

• **Fragilidad de la gestión de recursos naturales**

Además de los efectos indirectos de naturaleza socioeconómica atribuibles al proyecto, la fragilidad de la gestión de recursos es consecuencia indirecta de la afección que sufra el propio recurso que se aprovecha (destrucción suelo edáfico y vegetación, contaminación o reducción de caudales de agua superficial o subterránea, ocupación de yacimientos mineros, deterioro de paisajes turísticos o patrimonio histórico, etc.).

La repercusión de estos impactos sobre la actividad asociada a la explotación del recurso está relacionada con la importancia social o económica que tenga dicha explotación, generalmente en términos de dependencia cultural, social o económica que tenga la comunidad de esa actividad.

Los pequeños núcleos de travesía especializados en servicios al transporte (gasolineras, hostales, etc.) son muy frágiles a cambios en los trazados de carreteras. Zonas de minifundio social son muy sensibles a las expropiaciones de grandes obras. Áreas turísticas de esparcimiento u ocio son muy sensibles a molestias a la calidad de vida.

En cuanto a la gestión de suelo inmobiliario, son más frágiles (a expropiación o cambios en la accesibilidad) aquellas zonas que poseen fuertes tendencias subyacentes de ocupación (periferia de grandes ciudades, zonas en crecimiento turístico), en general' áreas en las que exista una gran demanda potencial de suelo.

• **Calidad de la gestión de recursos naturales**

En primera aproximación se consideran de más calidad aquella gestión de recursos que es más productiva y competitiva (agri-businesses, minería ornamental, turismo de lujo), pero también aquellas que sin serlo sostienen la base sociocultural de la comunidad, ya sea en términos de empleo relativo o de tradición cultural.

Sistemas de ocupación del suelo (urbanísticos) de baja densidad y buenas dotaciones de servicios y equipamientos se consideran de mayor calidad (sin olvidar que zonas de alta densidad de ocupación y servicios deficientes son más frágiles a sufrir impactos del proyecto, en cuanto se puede empeorar aun más su calidad de vida, ver más abajo).

4.6.4. Calidad ambiental de vida de la población

Se trata de un factor ambiental cualitativo que generalmente engloba las condiciones de vida de las personas. Generalmente este epígrafe se centra en las condiciones ambientales en términos de salubridad y confort (niveles de contaminación atmosférica y acústica, riesgo de accidentes, etc.), aunque, en algunos casos, se considera, también, el nivel de dotación (energía, agua, transportes, etc.), asistencia socio-cultural (disponibilidad de servicios, equipamientos) y de nivel económico (desempleo, rentas, etc.), y que se matiza para cada caso de proyecto.

• Estudio de la calidad ambiental de vida

Se caracteriza en sus muy variados aspectos tales como niveles previos de riesgos de accidentes, de inmisión sonora y de otros contaminantes aéreos. También excepcionalmente se consideran las dotaciones, equipamientos, nivel de renta y ocupación laboral, generalmente referidos a indicadores per cápita y con análisis selectivos por zonas (zonas residenciales de lujo, áreas industriales, barrios marginales, etc.).

• Fragilidad de la calidad ambiental de vida

La fragilidad de este factor se entiende en función de la sensibilidad de la población receptora de las afecciones a otros factores ambientales (contaminación atmosférica, riesgo de accidentes, contaminación del agua, efecto barrera sobre desplazamientos de la población).

Grupos de población infantil o anciana, enfermos son más sensibles a las molestias de ruido y contaminación atmosférica. Determinadas actividades de las personas son más frágiles a las molestias (descanso, culto religioso, ocio, tratamientos hospitalarios, aprendizaje y estudio, etc.).

Son más frágiles a accidentes las zonas densamente pobladas y la presencia de bienes colectivos o de gran valor social o económico. Las vías de comunicación más transitadas son más frágiles a las molestias del efecto barrera.

Finalmente, áreas con peores condiciones de calidad ambiental (barrios marginales, infradotados, etc.) son más frágiles a las molestias dado que se acumulan con las existentes. Sin olvidar que grupos de población acomodada con mayores recursos y mejor calidad de vida provocan una mayor y eficaz reacción social de oposición al proyecto.

Es importante recordar que es común la generación de afecciones sobre la calidad de vida de ambos signos, es decir impactos beneficiosos e impactos adversos. Las variantes de carretera desplazan las molestias de la travesía (impacto positivo) a zonas donde generalmente no existían estas molestias y riesgos (impacto negativo). Los proyectos de ingeniería ambiental eliminan las molestias y riesgos existentes (basuras en una comarca, aguas residuales en un río o en una playa) en ciertas zonas estableciendo riesgos donde antes no existían (ubicación del vertedero, de la EDAR, etc.). Los embalses pueden afectar a

determinada población y sus recursos, produciendo mejoras en la dotación de otros grupos de población en otras áreas.

• **Calidad de las condiciones de vida**

Se asumen como de mayor calidad las condiciones de vida de la población en zonas no contaminadas, no congestionadas, con servicios sociales diversificados, buenas comunicaciones y niveles elevados de renta y ocupación laboral.

4.6.5. Patrimonio

Este factor engloba diversos elementos que componen el patrimonio colectivo de una sociedad o comunidad local. Se incluyen aquí tanto el patrimonio social (equipamientos e infraestructuras sociales), el patrimonio cultural intangible (tradiciones, modo de vida, celebraciones, romerías), el patrimonio histórico-artístico y la arqueología.

• **Estudio del patrimonio**

El inventario debe recoger la presencia de todos los elementos del patrimonio material o intangible, cultural, social, histórico-artístico y arqueológico, incluyendo el potencial de hallazgos arqueológicos. Existen catálogos autonómicos de protección de edificios, yacimientos y lugares de valor histórico artístico (bienes de interés cultural), que deben ser completados por el trabajo de campo y un completo barrido bibliográfico (reconocimientos arqueológicos, edificios no catalogados, etc.) incluyendo además aquellos elementos que aunque carezcan de valor objetivo o científico, son muy apreciados por la comunidad de esa zona (patrimonio local). Destaca por su singularidad:

- el patrimonio de vías pecuarias que incluye una amplia red de cañadas, veredas y cordeles con protección normativa propia;
- los montes vecinales, en mano común o de utilidad pública bajo gestión social de autoridades locales u organismos públicos;
- los cotos sociales, los parques, pinares y zonas de esparcimiento de uso público.

• **Fragilidad del patrimonio**

Además de la destrucción directa del patrimonio (ocupación directa, inundación, etc.), existen posibles afecciones indirectas que dañen parcialmente la conservación, el uso o el disfrute del patrimonio de una comunidad. Ejemplos son las afecciones derivadas de una excesiva proximidad del proyecto al patrimonio (riesgos de accidentes, aislamiento, intrusión estética), las inducidas en sus materiales por contaminación (mal de piedra, erosión, cubrición con polvo, etc.) y las molestias sobre sus usuarios potenciales (ruido, efecto barrera, contaminación, etc.).

Especialmente frágil es el riesgo de hallazgos arqueológicos que se ha de valorar con anticipación a la realización de las obras y cuya certeza no se comprueba hasta la terminación de las obras.

- **Calidad del patrimonio**

La calidad del patrimonio se define en función del alcance de interés, que de mayor a menor, puede ser internacional (conjuntos patrimonio de la UNESCO), nacional, autonómico o local. También se valora su estado de conservación, representatividad, exclusividad, y su papel como soporte de actividades o pautas sociales de la comunidad (ermitas de culto, praderas de romerías, etc.). Las infraestructuras y equipamientos de mayor jerarquía (nacional, regional) son de más calidad que los de menor (comarcal, local).

INVENTARIO AMBIENTAL: MEDIO INERTE			
Factor	Componente	Caracterización	Impactos
CLIMA	Parámetros (Medias mínimas y máximas) (Mensuales y anuales)	Temperaturas, precipitaciones, evapotranspiración, (vientos), etc.	Efectos meso y microclima (embalses, repoblaciones, deforestación, autopistas)
	Clasificación climática	Tipo genérico, fitoclima, agroclima etc.	
ATMÓSFERA	Régimen de vientos	Calmas (sin viento), probabilidades de cada dirección y velocidad del viento	Contaminación atmosférica (centrales térmicas, industrias, tráfico, fase de obras)
	Calidad del aire	Niveles de inmisión de contaminantes (Partículas, aerosoles, SO _x , NO _x , etc.) Riesgo de fenómenos (Inversión térmica)	
GEOLOGÍA	Inestabilidad (Riesgos geológicos y geotecnia)	Presencia de riesgos geológicos (naturales), capacidad portante, pendientes naturales.	Incremento del riesgo de inestabilidad o colapso (grandes cargas, excavaciones).
	Erosionabilidad (Geomorfología)	Resistencia de la roca a la abrasión.	Superficies desnudas (desmontes, terraplenes, canteras, escombreras).
HIDROLOGÍA	Patrimonio (geológico, geomorfológico, paleontológico)	Claridad al ilustrar un proceso geológico, geomorfológico o fósiles.	Destrucción del patrimonio (excavación, ocupación) o de su potencial educativo.
	Red hídrica superficial y sistemas acuíferos	Cuenca vertiente, cauces (ríos, arroyos, vaguadas, etc.). Permeabilidad y estructura acuíferos, recargas y manantiales.	Reconducción esorrentías y cursos (drenajes de proyectos), desvíos cursos (obras). Ocupación recargas y manantiales.
	Régimen caudales superficiales y flujos subterráneos	Caudales medios y mínimos (estiaje). Riesgo de inundabilidad. Flujos acuíferos, niveles freáticos.	Concentración esorrentía (drenajes), regulación caudales, captaciones, vertidos. Excavación en acuífero (efecto dren túnel).
	Calidad aguas superficiales y subterráneas	Calidad de las aguas, contaminantes (s.s., M.O., DQO, DBO ₅ , pH, metales, etc.)	Vertidos contaminantes (industrias, obras). Descenso caudales mayor contaminación

INVENTARIO AMBIENTAL: MEDIO BIÓTICO Y PAISAJE			
Factor	Componente	Caracterización	Impactos
SUELOS	Clasificación de suelos	Tipo de suelo, características (textura, minerales, humedad, etc.). Calidad (madurez) del suelo.	Destrucción permanente (ocupación, inundación) o temporal del suelo (obras). Compactación (obras), contaminación (vertidos, derrames, sólidos, aéreos), erosión inducida.
	VEGETACIÓN	Especies presentes Formaciones vegetales	Destrucción (talas, claros), afecciones indirectas (contaminación aire, agua) Destrucción total o parcial, división, aislamiento.
FAUNA	Especies presentes según hábitats y sus comunidades de fauna asociadas.	Grado de conservación, completitud (pisos arbóreo, arbustivo, herbáceo), diversidad de especies. Función soporte animales.	Destrucción, fragmentación y aislamiento de hábitats. Alteración condiciones de vida (caudales, calidad del agua, talas, etc.). Molestias y accidentes (épocas de cortejo y cría).
	Ecosistemas presentes que posean interés (con o sin protección normativa).	Interés de las especies, caracterización de hábitats y sus comunidades, desplazamientos y procesos de alimentación, refugio, cortejo y cría. Ecosistemas y relaciones ecológicas presentes. Interés de su conservación.	Destrucción o afección indirecta a cualquier factor ambiental que lo forma (vegetación, fauna). Invasión nichos ecológicos (especies intrusas).
PAISAJE	Percepción (principalmente visual) del medio ambiente.	Unidades paisajísticas homogéneas. Pautas de visibilidad. Aspecto según factores ambientales (vegetación, ríos) o estética (color, líneas, etc.). Calidad de contenido (ecología, geología, cultura, historia) y/o estética (subjetiva). Observadores.	Presencia y visibilidad del proyecto en relación al aspecto del paisaje receptor.

INVENTARIO AMBIENTAL: MEDIO HUMANO			
Factor	Componente	Caracterización	Impactos
SOCIO-ECONOMÍA	Demografía	Volumen y tendencias de población, grupos de edad.	Según tendencia pre-existente, algunos proyectos aceleran o frenan las tendencias demográficas, o son indiferentes.
	Economía	Sectores económicos, especialización del área, empleo, evolución económica.	A largo plazo algunos proyectos provocan mejoras económicas o son indiferentes, también pueden provocar efectos negativos
MARCO SOCIAL	Interés y grupos sociales de opinión	Grupos sociales según su opinión sobre el proyecto o sobre el medio ambiente. (Fase de consultas, medios de comunicación, alegaciones en información pública).	Algunos proyectos son especialmente conflictivos (vertederos, instalaciones radioactivas, etc.). Es difícil predecir los conflictos pues su desarrollo es complejo.
USO RECURSOS NATURALES	<ul style="list-style-type: none"> - Suelo productivo (agrario) - Suelo soporte (urbanístico) - Uso del agua y vertidos - Minería - Caza, pesca, - Ocio 	Caracterización de tamaño y gestión de sistemas agrícolas. Plan urbanístico y tendencias de ocupación. Usos hidráulicos. Gestión de otras actividades (minería, ocio, etc.). Importante es la dependencia de la economía o la sociedad de cada recurso.	Destrucción directa de suelo productivo o inmobiliario por expropiaciones. Afecciones indirectas por impactos sociales o económicos (autovías a servicios y urbanismo). Efectos derivados del deterioro del recurso.
CALIDAD AMBIENTAL DE VIDA	<ul style="list-style-type: none"> - Salubridad y confort (ruido, cont. atmosférica, suelos, agua), y en menor medida: - Dotaciones (equip. e infraestr.) - Nivel económico. 	Receptores expuestos a niveles de inmisión (ruido, contaminantes) y a riesgos de accidentes. Grupos con especial sensibilidad (niños, ancianos, enfermos). Actividades sensibles (descanso, ocio, estudio, hospitalarias).	Afección indirecta a partir de impactos de contaminación y de riesgos de accidentes. También efectos barrera sobre personas. También impactos positivos de obras públicas (mejora tráfico, dotación agua, etc.).
PATRIMONIO	<ul style="list-style-type: none"> - Patrimonio cultural intangible - Patrimonio histórico-artístico - Patrimonio arqueológico - Patrimonio local - Diversos patrimonios (vías pecuarias, cotos sociales, etc.) - Equipamientos sociales. 	Inventarios de bienes de interés cultural, completados con valoración local de items tangibles o no apreciados por la comunidad. Carta arqueológica y barrido bibliográfico y prospección arqueológica. Red vías pecuarias, catálogo montes, etc. Equipamientos sociales.	Además de destrucción directa (o el riesgo de destrucción), afecciones parciales a su conservación (mal de piedra, vibraciones, etc.), o que afecten a su uso (ruido, acceso, etc.) o a la estética por su proximidad.

TEMA 5: MÉTODOS DE EVALUACIÓN DE IMPACTO AMBIENTAL (I) Consideraciones generales, identificación de impactos

5.1. Introducción

Este tema introduce las fases que han de cubrir los métodos de Evaluación de Impacto. En primer lugar se desarrollan unas consideraciones generales sobre el origen y marco de estos métodos de selección, planteando las exigencias o funciones internas que los métodos de EIA deben satisfacer. A continuación, se presentan los distintos sistemas que utilizan los métodos para la identificación de impactos, comentando sus ventajas e inconvenientes.

Los dos temas siguientes consideran los distintos sistemas de valoración de impactos y selección de alternativas.

5.2. Consideraciones generales

5.2.1. Métodos multicriterio

Los métodos de Evaluación de Impacto Ambiental forman parte de un amplio grupo de métodos de ayuda a la toma de decisiones conocidos como métodos multicriterio. Los métodos multicriterio se utilizan en ámbitos muy diversos de la toma de decisiones, por ejemplo, en la gerencia de empresas (financiación, lanzamiento de productos, inversiones, etc.) y se caracterizan por su manejo de variables no relacionadas.

La propia denominación (*multicriterio*) establece la esencia de estos métodos que se diseñan y aplican para seleccionar opciones que dependen de varios criterios a la vez, aplicados a variables de naturaleza distinta.

Por ejemplo, *la adquisición de una vivienda depende de los criterios de optimización que se planteen. Puede que establezcamos los siguientes criterios:*

- *costo lo más reducido posible*
- *máxima centralidad posible en la ciudad*
- *máxima amplitud de espacio interior posible*
- *máxima calidad de los servicios internos de la vivienda*

Entre las viviendas que se han encontrado a la venta, algunas serán muy espaciosas pero con localización periférica en la ciudad pero baratas, otras serán muy céntricas pero de tamaño reducido y con servicios internos obsoletos, algunas otras sin ser óptimas en su centralidad, tendrán un tamaño medio pero con alguna deficiencia en servicios, etc.

La pregunta a la que habría de responder el método multicriterio que se diseñara para este caso es ¿cuál es la mejor vivienda?

De la misma manera los métodos de EIA se plantean la pregunta frente a varias alternativas de diseño de proyectos de ingeniería, buscando justificar la selección de la mejor alternativa desde el punto de vista ambiental. Para ello los criterios de partida de estos

métodos consideran las posibles afecciones ambientales y su gravedad.

No obstante, los métodos multicriterio tienden a considerar las variables a las que aplican sus criterios como independientes entre sí o, al menos semi-independientes. La realidad demuestra que esto no es del todo así (por ejemplo: *el estado y ubicación de una vivienda están estrechamente relacionados con su precio a través de las tendencias del mercado inmobiliario, así como el tamaño y la calidad de sus servicios dependen indirectamente de la dinámica urbana e inmobiliaria de los últimos años (gentrificación de los centros, generación de barrios dormitorio, etc.).*

Este aspecto es radicalmente importante en la aplicación de los métodos de EIA, pues, como se vio en los temas de introducción, las gravedades de las distintas afecciones ambientales de un proyecto dependen entre sí a través de los mecanismos ambientales que las generan y a partir de la interpretación común que la sociedad hace de ellas.

Por ejemplo: *la contaminación del agua afecta directamente a su potencial de aprovechamientos y al desarrollo de la ictiofauna. Otro ejemplo: las sociedades postindustriales tienden a sobrevalorar los aspectos naturales del medio (agua, fauna, vegetación, paisaje), mientras que las sociedades primarias tienden a sobrevalorar el potencial de sus recursos (suelo, pesca, etc.).*

Existe por tanto un complejo mecanismo de relación entre las variables que maneja el método de EIA en su selección de la mejor solución posible desde el punto de vista ambiental.

Como en cualquier método multicriterio, el mismo método de selección de la alternativa óptima posible no es válido para cualquier situación que se plantee a la toma de decisiones. De hecho, algunas situaciones parecen necesitar un tipo de métodos y otras parecen sugerir otros tipos de métodos.

Esta consideración es especialmente importante en la EIA donde todo el planteamiento depende del tipo de proyecto analizado (incluyendo el número de alternativas contempladas y las diferencias entre ellas) y del tipo de medio ambiente que se afecta.

Proyectos complejos en su diseño o funcionamiento tienden a necesitar métodos que manejen múltiples variables de gravedad, es decir numerosos impactos. Proyectos socialmente conflictivos requieren un tratamiento óptimo de la información que se maneja y que se concluye.

Los entornos naturales, diversos y bien conservados requieren métodos que hagan un tratamiento detallado y selectivo de las distintas afecciones posibles. Proyectos situados en áreas urbanas tenderán a contar con métodos de EIA que se centren en detalle en las afecciones sobre la calidad de vida de las personas y el funcionamiento de la ciudad.

5.2.2. Exigencias al método de EIA

No obstante, el método de EIA, es decir el conjunto de sistemas que se establezca para la selección de la alternativa de proyecto mejor para el medio ambiente, ha de cumplir una exigencias mínimas en cuanto a su desarrollo y al tratamiento que se haga de las afecciones ambientales.

Un método de EIA debe realizar las siguientes funciones, estructuradas en fases de elaboración:

- Identificación de impactos
- Valoración de cada impacto
- Agregación/comparación del impacto ambiental

Además, todas sus fases deben cubrir la función adicional de:

- Información a otros técnicos, responsables políticos y público.

La **identificación de impactos** consiste en aplicar sistema que permita concluir el conjunto de impactos que se han de estudiar para la selección de alternativas. Esta fase es de gran importancia pues los impactos que no se consideren aquí, no van a ser estudiados, de manera que sobre esta fase descansan las mayores debilidades del estudio de EIA.

Una vez concluidos los impactos que se van a estudiar se procede a la **valoración de cada impacto**, es decir se considera la gravedad que tendría cada afección ambiental de acuerdo a criterios propios. Para ello, se requiere, para cada impacto, el establecimiento de su criterio de gravedad y su sistema de aplicación, que deben estar debidamente justificados. En esta fase encontramos qué alternativa es la mejor para un determinado impacto, es decir teniendo en cuenta sólo un impacto. Por ejemplo: *para el impacto de erosión inducida por los préstamos, la opción presa de menor volumen de material (presas bóveda, arco) tenderá a ser la mejor. Para el impacto de paisajístico de la cerrada aguas abajo del valle, las presas de material (de mayor volumen, pero aspecto más "natural") tenderán a ser las mejores.*

Una vez que se cuenta con la valoración de la gravedad de cada uno de los impactos que se han identificado, el método ha de construir un sistema de **agregación/comparación del impacto ambiental**, es decir debe considerar conjuntamente la gravedad de cada uno de los impactos que produce cada alternativa, lo que se conoce como impacto ambiental.

El objetivo de esta fase es doble: de comparación y de evaluación ambiental agregada, funciones ambas que no tienen por qué estar relacionadas. La comparación pretende establecer qué alternativa es la mejor, mientras que la evaluación agregada determina cuán grave es cada alternativa para el medio ambiente entendido como un todo.

Por un lado, la comparación necesita conseguir una base de valor común a todas las alternativas, lo que generalmente se consigue con facilidad gracias a la consistencia de criterios. Esta base debe permitir decidir qué alternativa es mejor desde el punto de vista ambiental. No hay que olvidar que la selección de alternativas depende en último término de las diferencias ambientales existentes entre ellas. Es decir, si existen alternativas ambientalmente muy parecidas (por su ubicación o diseño) o son muy distintas, la comparación entre ellas se volverá más o menos compleja, respectivamente. De hecho, es común en los estudios de impacto que alternativas opcionales de proyecto quedan muy igualadas o, al menos, próximas. Por ejemplo: *los estudios de alternativas de trazado de carreteras que han sido muy elaborados en detalle y que presentan trazados entretrejidados en un mismo corredor tienden a presentar perfiles ambientales muy similares entre sus alternativas.*

Por otro lado, se exige al estudio de impacto y por tanto a su método que proporcione una evaluación ambiental global última y justificada de cada una de las alternativas de proyecto consideradas, de manera que técnicos, responsables políticos y público puedan utilizarla como referencia básica.

La agregación requiere un valor ambiental global de referencia que no necesariamente equivale a la composición de valores de cada impacto y que en ningún caso es la suma de valores de cada uno de los impactos. Recuérdese que, por ejemplo, *la creación de empleo (un impacto positivo) no regenera la vegetación destruida (un impacto negativo), luego su valor ambiental conjunto no equivale a su suma (mucho empleo y poca vegetación no suman nada consistente desde el punto de vista ambiental).*

De hecho, la función de agregación es la que peor queda resuelta en los métodos de EIA pues depende de la visión conjunta de valores ambientales aislados que pueden ser discordantes entre sí e incluso contradictorios. No hay que olvidar que el estudio de EIA debe asumir valores sociales que pueden estar descoordinados o enfrentados en origen, en la propia sociedad que los defiende. Existen numerosos ejemplos de planteamientos sociales que generan dificultades en la agregación. Por ejemplo: *todos estamos de acuerdo en que se necesita tratar los residuos sólidos urbanos, pero la población próxima al vertedero no estará tan decidida a que se lleve a cabo el proyecto.* Otro ejemplo: *dos trazados alternativos posibles, uno afecta principalmente a zonas urbanas, otro al único resto de bosque natural de la región, ¿qué es ambientalmente más grave, afectar a calidad de vida o a naturaleza?, la respuesta no está claramente definida o consensuada en nuestra sociedad.*

La manera en que el método de EIA resuelve la función de agregación es especialmente importante en aquellos estudios de EIA que sólo analizan una alternativa única de proyecto. Este hecho, aunque en contradicción con las exigencias del Real Decreto de Impacto, es desafortunadamente común. El estudio de Impacto se ve entonces constreñido a analizar cuán grave es el impacto ambiental de esa única alternativa. Se trata entonces de resolver la agregación sin las exigencias de comparación y selección.

Finalmente, se exige al método de EIA, como a todo el estudio de EIA que cumpla su función de información en todas sus fases (identificación, valoración de cada impacto y agregación/comparación). No hay que ignorar la función pública del documento de EIA que existe como vehículo básico del proceso administrativo, de base política, de la Evaluación de Impacto Ambiental. El documento debe servir para informar a un variado grupo de personas e intereses. A saber:

- los **técnicos del diseño del proyecto** que han de saber qué afecciones ambientales se producirán;
- los **responsables legales del proyecto** (promotor) que deben saber a qué atenerse en el debate público;
- los **responsables administrativos** del tipo de proyecto (órgano sustantivo) y del medio ambiente (órgano ambiental) y sus respectivos responsables políticos,
- la **opinión pública** que abarca un variado grupo de intereses: grupos sociales perjudicados, beneficiados e indiferentes; responsables políticos; valores locales, regionales, nacionales e incluso internacionales, etc.

De aquí que el tratamiento de la función de la información tenga una importancia decisiva en el desarrollo del método de EIA.

Los métodos que utilizan justificaciones o desarrollos excesivamente matemáticos tienden a enmascarar el uso de valoraciones no justificadas. Métodos muy simplificados, que manejan impactos muy agregados (por ejemplo: *impacto de una central nuclear sobre la calidad de vida de las personas*) esconden el análisis de impactos específicos que, por la preocupación social que suscitan, deben ser informados (en el ejemplo: *riesgos de malformaciones en no nacidos por efectos de la radioactividad*).

La función de información está muy relacionada con la representación gráfica que se hace de todo el proceso de selección y valoración que realiza el método, así como de la redacción del texto y del uso que se hace de conceptos y términos. El uso y diseño de planos, gráficos, diagramas de flujos, tablas debe estar concebido para una adecuada función de información.

5.3. Identificación de impactos

5.3.1. Planteamiento de la identificación

El objetivo de la **identificación de impactos** es determinar los impactos que son verdaderamente significativos, es decir aquellos que se espera adopten un valor de gravedad digno de consideración. En sentido contrario, los impactos no seleccionados por el sistema de identificación que se adopte se asumen como no significativos, es decir no tienen importancia alguna.

Esta primera fase es fundamental en el sentido de que establece las bases de todo el desarrollo de la evaluación. Si por alguna razón, se omite un impacto que pueda tener importancia se está incurriendo en un grave error de método, pues este impacto no se valorará detalladamente, ni participará en la selección de alternativas, ni se diseñaran para él medidas correctoras.

En realidad la fase de identificación consiste en una pre-valoración en la que de una manera global y aproximada, se consideran valores a grosso modo, que permiten descartar afecciones consideradas ya desde el punto de partida como no significativas.

En la confrontación pública que es la esencia del proceso de evaluación de impacto, la ausencia de un impacto que debía haber sido considerado es un punto muy débil del estudio. Los grupos de oposición e incluso grupos indiferentes pueden acertar a detectar este fallo, descalificando todo el estudio, aunque el impacto no estudiado se pueda posteriormente (en respuestas a alegaciones) demostrar como de poca gravedad. Por ello es importante una adecuada justificación de la selección que se hace de los impactos.

Otro aspecto de gran importancia para el desarrollo del estudio de impacto, es el hecho de que la Identificación de Impactos establece el grado de detalle del análisis ambiental que se va a desarrollar. La identificación de impactos descompe el conjunto de afecciones ambientales que se producirán en una lista determinada de impactos que puede contener unos pocos impactos muy agregados y, por tanto, muy groseros, o muchos impactos muy desagregados, muy detallados.

Por ejemplo: *se puede identificar el impacto que produce la creación del embalse (masa de agua) sobre la fauna; o, por lo contrario, los siguientes impactos:*

- A) la destrucción de hábitat terrestre por inundación,*
- B) la destrucción de hábitat fluvial por inundación,*
- C) la destrucción de hábitat de ribera por inundación,*
- D) la creación de un nuevo hábitat léntico para la fauna acuática,*
- E) el efecto barrera del embalse sobre la fauna terrestre,*
- F) el efecto de las nuevas riberas sobre fauna acuática, y*
- G) el efecto de las nuevas riberas sobre la fauna terrestre.*

En realidad el grado de detalle en la definición de un impacto no tiene límite pues se podrían detallar las afecciones hasta extremos muy precisos. La precisión del impacto depende además de la precisión en la identificación de la causa y de la precisión en la identificación del efecto. En el ejemplo anterior, *piénsese en el efecto que produce la limitada oxigenación de la nueva masa de agua en las pautas de puesta de la trucha.*

El grado de detalle que establece la identificación de impactos condiciona luego la valoración de los impactos y la selección de alternativas. Los impactos muy agregados son difíciles de valorar pues se requiere considerar muchas alteraciones ambientales de naturaleza distinta al mismo tiempo que son difíciles de ver en su conjunto. En el caso contrario, los impactos muy desagregados cuentan con especialistas que pueden establecer el criterio de valoración y determinar su valor con bases incuestionables, pero sin embargo dificultan la selección de alternativas. Una selección de alternativas sobre pocos impactos muy agregados es siempre más sistemática y fácil de justificar, que cuando se consideran muchos impactos muy desagregados.

No existe un número óptimo de impactos para los estudios de impacto. Sin embargo, es necesario que la identificación de impactos detalle las afecciones de aquellas áreas del medio ambiente que por su calidad o por su fragilidad tengan más relevancia. Lo lógico es que los métodos de EIA que se utilicen para proyectos de carácter hidráulico desagreguen las afecciones relacionadas con el agua, de la misma manera que proyectos en emplazamientos urbanos necesitan que se detallen los impactos sobre el medio humano.

5.3.2. Sistemas de identificación

Los diversos métodos de EIA utilizan principalmente tres sistemas básicos de identificación de impactos o sistemas mixtos de estos tres. Son los siguientes:

- las listas de control,
- las matrices de identificación,
- los diagramas de redes.

Se considerarán también sistemas de identificación elaborada.

• Listas de control

Una lista de control de impactos consiste en una enumeración de los impactos que produce un determinado tipo de proyecto. Estas listas suelen estar elaboradas por organismos públicos o institutos de investigación cuya experiencia técnica avala la calidad de la lista.

Existen listas de control de impactos, pero también existen listas de acciones de proyecto (es decir de causas primeras de impactos) y listas de factores ambientales (es decir

de aspectos del medio ambiente susceptibles de ser alterados) para tipos de proyectos. También existen listas de impactos presentadas en la forma de cuestionarios, en los que la enumeración de impactos se redacta en forma de preguntas.

Las listas de control tienen la innegable ventaja de servir como un buen instrumento de referencia, pues proporcionan la base de la estructura del proceso de evaluación y evitan que se olviden afecciones de importancia. Adicionalmente, cuentan con el prestigio del autor que las avala frente a las críticas que puedan surgir.

Sin embargo, las listas tienen el inconveniente de proporcionar indicaciones excesivamente genéricas que pueden inducir a error si no se aplican con discrecionalidad. La lista de impactos de un proyecto genérico debe ser interpretada como una indicación sobre la estructura y tipos de impactos que hemos de considerar, adaptándola a las necesidades de nuestro caso. Por ejemplo: *en un proyecto situado en una zona deshabitada, no es necesario considerar el impacto de molestias a la población por las obras aunque lo recomiende La lista de impactos que usamos como referencia.* Otro ejemplo: *en un proyecto que se ubique en una zona de alta torrencialidad es necesario detallar y por tanto desagregar el impacto sobre el régimen hídrico que nos recomienda la lista de impactos que usamos como referencia, considerando la afección a la propia inundabilidad, al régimen de sequía y al régimen medio.*

• **Matrices de identificación (acción/factor)**

El sistema de identificación más utilizado es el de las **matrices de identificación acción/factor**. Esta matrices (que no hay que confundir con las matrices de valoración) se estructuran como una tabla rectangular de doble entrada. En las casillas de la primera columna de la izquierda, aparecen enumeradas las acciones de proyecto (causas primeras de impacto) que se consideran significativas. Las acciones aparecen, generalmente, ordenadas en las acciones de que se producen durante la fase de obras (parte superior de la columna) y las acciones de la fase de explotación (resto de la columna), y las de la fase de abandono si la hubiera (parte baja de la columna).

En las casillas de la primera fila superior, figuran los elementos del medio ambiente que se verán alterados por el proyecto, generalmente ordenados por los grandes apartados de medio físico (aire, geología, agua), del medio biótico (suelos, vegetación, fauna y paisaje) y medio humano (calidad de vida, usos de recursos, patrimonio).

En cada fila, que corresponde a una acción de proyecto, se marcan con una señal las casillas de los factores ambientales que sufrirán un impacto producido por esa acción de proyecto. Esta operación se repite para cada fila (cada acción), completándose de esta manera toda la matriz.

La matriz de impactos representa en cada fila los impactos significativos que producen una determinada acción de proyecto, mientras que cada columna indica los impactos que sufre cada elemento o factor ambiental.

Las matrices de identificación tienen la ventaja de ofrecer la garantía de que se han considerado todas las posibles "parejas" de acción de proyecto y elemento ambiental afectable. La precisión o grado de detalle de los impactos que identifica depende en primer término de la precisión o grado de detalle en la que se hayan descompuesto las acciones de

proyecto y las componentes del medio ambiente. Existen matrices de 8x12 y matrices de 80x80.

La matriz de identificación posee también la ventaja de ofrecer información asequible a un observador que pretenda informarse sobre aspectos específicos y, aunque también muestra todos los impactos que se van a estudiar simultáneamente, se requiere un cierto detenimiento para entenderlos en su conjunto. De hecho, como se verá en temas siguientes, la matriz de identificación se utiliza como base para mostrar los valores de los impactos, sustituyendo la señal de la casilla por el valor que se ha obtenido para ese impacto.

Existen también matrices de identificación editadas por autores de prestigio o instituciones que se utilizan como referencia, tal y como se utilizan las listas de control, y como ellas, necesitan ser adecuadas a las condiciones específicas que se tengan en cada caso.

Sin embargo, las matrices de identificación tienen algunas deficiencias. La consideración de la relación causa-efecto como el binomio acción-factor, que es la base del proceso de identificación matricial, tiende a sobrevalorar los impactos directos que no tienen por qué ser los más graves. Por ejemplo: *la oxigenación del río que producen las turbinas de una central hidroeléctrica es más grave por sus consecuencias sobre las condiciones de vida de los peces (impacto indirecto turbina-calidad del agua-peces) que en sí misma (impacto directo turbina-calidad del agua)*. Esta deficiencia tiende a solventarse indicando con una señal las relaciones indirectas que se establecen en la casilla que liga a la acción de proyecto con el factor ambiental (en el ejemplo *casilla turbina-peces*). Sin embargo, el proceso llega a ser muy complejo y difícil de sistematizar en la matriz, pues las cadenas de impactos indirectos y significativos pueden ser muy prolongadas.

Por otra parte, la matriz de identificación, por su presentación en casillas separadas, induce a considerar los impactos como sucesos independientes y aislados unos de otros, aunque en realidad se trata de complejos mecanismos ambientales donde todas las alteraciones acaban repercutiendo unas sobre otras, acumulándose o compensándose. Por ejemplo: *en un vertedero de RSU el riesgo de transmisión de enfermedades a la fauna, el desplazamiento de las especies locales por especies intrusas (gaviotas) y la emisión de olor colaboran conjuntamente en la depreciación de las actividades cinegéticas*.

Estas relaciones ambientales básicas no aparecen debidamente representadas en la matriz aunque puedan ser necesarias a la hora de presentar los impactos que se van a estudiar (identificación).

No obstante, en la identificación de impactos, así como en todo el proceso posterior de valoración y agregación, es necesario recordar las limitaciones con las que cuentan las matrices de identificación compensándolas con aclaraciones en el texto que han de incidir sobre las cadenas de impactos indirectos y las relaciones existentes entre los distintos impactos.

• Diagramas de redes

El conjunto de relaciones ambientales ausentes en su representación en la matriz es la esencia de un tercer sistema de identificación de impactos: los **diagramas de redes**.

Los diagramas de redes representan mediante nodos (círculos) los distintos elementos

ambientales (por ejemplo: *calidad del agua, caudal, peces, pesca*) que conforman el sistema ambiental y mediante flechas entre los nodos las relaciones de dependencia directa existentes entre los elementos ambientales (*calidad del agua->peces, caudal->peces, peces->pesca*).

El esquema se completa con la representación de las acciones de proyecto (triángulos) de un determinado tipo de proyecto (*vertidos contaminantes, captación de agua*) alrededor de la malla de relaciones, indicando mediante flechas hasta los nodos, el impacto directo que producen estas acciones (*vertidos contaminantes-> calidad del agua, captación de agua-> caudal*). Cada una de las flechas representa un impacto y el conjunto de flechas que recibe un nodo representa el conjunto de impactos que sufre ese factor ambiental.

Los diagramas de redes presentan la ventaja de representar completamente todas las complicadas relaciones que desencadena la presencia de un proyecto en los mecanismos ambientales, en sus elementos y en sus interrelaciones. Sin embargo, son gráficos muy complejos de difícil entendimiento y manejo, lo que dificulta su utilización en el estudio de EIA, resultando difíciles de entender en su globalidad para un observador ajeno al estudio. De hecho su utilización en estudios de impactos es muy excepcional.

• **Sistemas elaborados de identificación**

Como se dijo existen sistemas elaborados de identificación, que parten de sistemas mixtos de identificación o de procesos de valoración más elaborados, citaremos:

- Matrices con casillas relacionadas (método Galleta)
- Matriz de pre-valoración (método Hernández Muñoz)

El método Galleta plantea un sistema de identificación mixto, desarrollado a partir de una matriz de acción factor pero que incorpora las posibles relaciones de dependencia de unos impactos respecto a otros.

En las casillas de cada impacto identificado, según el sistema convencional de recorrer para cada acción del proyecto, todos los factores ambientales, se indica mediante dos números, las coordenadas (número de la acción de proyecto, número del factor ambiental) del impacto o impactos de los que depende el impacto representado por la casilla. De esta manera se compensa la sobrevaloración de impactos directos que tiende a tener la matriz, indicando las relaciones ambientales existentes entre alteraciones.

Este sistema representa más eficazmente el conjunto de mecanismos ambientales que activa el proyecto, aunque no con tanta precisión como lo hace un diagrama de redes. Al mismo tiempo este tipo de matrices de identificación con casillas relacionadas es muy confuso en su entendimiento global, dificultando la comprensión de todos los mecanismos activados. Sin embargo, si proporciona rápida y eficazmente información sobre los aspectos específicos que interesen a un lector determinado.

La identificación de impactos consiste realmente en una pre-valoración, es decir, en determinar que impactos son verdaderamente significativos. En esta idea se basa el sistema de identificación (o semiagregación, ver temas siguientes) que propone el Catedrático Hernández-Muñoz de la ETSI de Caminos de Madrid en base a una matriz de pre-valoración.

Este sistema plantea una identificación previa, mediante una matriz acción-factor, a la

que se incorporan los valores de los impactos (según criterios cualitativos de expertos, ver tema siguiente) representadas sus gravedades por colores. Se consigue así una matriz de pre-valoración. Esta matriz se simplifica eliminando las filas y/o columnas en las que figuren impactos de menor gravedad, de manera que el proceso de evaluación de impacto se desarrolla sobre los impactos de la matriz resultante.

SISTEMAS DE IDENTIFICACIÓN DE IMPACTOS					
TIPO	Descripción	Subtipos	Ejemplos	Ventajas e Inconvenientes	
LISTAS DE CONTROL	Sistemas que proponen una lista de impactos para un tipo determinado de proyecto.	Listas de control de impactos y cuestionarios	Guías del MOPTMA	Proporcionan base de referencia y prestigio del autor.	Requieren adecuación selectiva al caso que se estudie.
		Listas de acciones de proyecto y de factores ambientales.	Guías del MOPTMA	idem	Requieren adecuación y elaboración para impactos.
MATRICES ACCIÓN/FACTOR	Sistemas tabulares en abscisas acciones de proyecto y en ordenadas factores ambientales, en casillas se indica relación causa-efecto con un signo (x).	Matrices de pequeñas dimensiones (acciones y factores muy agrupados).		Obtiene pocos impactos con fácil comparación y selección de altern.	Impactos groseros, difíciles de valorar. Riesgo de "camuflar" gravidades.
		Matrices de grandes dimensiones (acciones y factores muy detallados).	Matriz de Leopold (80x80)	Informa detallada y selectivamente sobre impactos específicos.	Numerosos impactos con difícil y engorrosa comparación y selección.
DIAGRAMAS DE REDES	Diagramas de flujos en los que se representan las dependencias entre factores ambientales y las afecciones directas de acciones.	Se representan con mayor o menor detalle toda la red de relaciones entre acciones y factores y estos entre si.	Red de presas MOPTMA	Detalla completamente impactos indirectos y simultáneos.	La identificación es muy engorrosa y de difícil sistematización.
		Matrices con casillas relacionadas	Método Galleta	Informan impactos directos e indirectos.	Confusa representación global de todos los impactos.
SISTEMAS ELABORADOS	Matrices de pre-valoración	La identificación es resultado de condensar una matriz de valor según gravidades más significativas.	Método Hernández-Muñoz	Garantías de la identificación justificada según pre-valoración.	Se presta a errores en la simplificación de la matriz de pre-valor.

TEMA 6: MÉTODOS DE EVALUACIÓN DE IMPACTO AMBIENTAL (II) Valoración de impactos

6.1. Introducción

Este tema hace una introducción sobre el concepto de valor de impacto, planteando las bases objetivas y subjetivas que subyacen en el concepto de impacto. A continuación se exponen los conceptos de magnitud e importancia. En la tercera parte se explican los pasos formales que entraña cualquier proceso de valoración. Se tratan los sistemas de predicción de impactos que han de incorporarse al criterio de valoración del impacto.

En el sexto apartado de este capítulo se exponen los criterios de valoración y sus tipos (cualitativos y cuantitativos) y sus ventajas e inconvenientes. En el apartado siguiente se presentan los distintos sistemas de valoración de la importancia: básicamente la importancia según la calidad intrínseca del factor y según el carácter del impacto, dejando para el tema siguiente que trata la agregación, la importancia como peso relativo.

El tema concluye con una mención a las escalas de referencia de la gravedad.

6.2. Bases objetivas y subjetivas del valor

El proceso de evaluación de impacto consiste básicamente en establecer la gravedad de cada impacto y, por agregación, la del proyecto en su conjunto. El objeto del establecimiento de la gravedad es, en realidad, determinar lo admisible que es cada impacto, en primer lugar, y, como conclusión, el proyecto en su conjunto.

La admisibilidad del impacto, es decir hasta qué punto se puede permitir que ocurra, tiene una doble base científica y social que hace que la valoración sea complicada de concepto.

Por un lado, existe una base científica que nos permite saber si el impacto tiene una grave repercusión en el medio ambiente. Por ejemplo, *el conocimiento científico nos permite saber que a partir de ciertos niveles de calidad del agua desaparecen las comunidades de seres vivos de un río, lo que es un indicio de gravedad*. Otro ejemplo: *la historia del arte nos justifica el valor que tiene una iglesia prerrománica por ser representativa de la cultura y sociedad de una época, de manera que los impactos que sufra tendrán un grado elevado de gravedad*.

Pero el valor del impacto no sólo tiene una base científica pura sino que debe incorporar los planteamientos sociales establecidos sobre los distintos recursos ambientales y su deterioro. Por ejemplo, *la sociedad gallega tiende a sobrevalorar la propiedad de la tierra, de manera que los impactos de expropiaciones serán más graves allí que en regiones desligadas de la tierra*. Otros ejemplos, *la sociedad levantina tiende a sobrevalorar el recurso hídrico, las sociedades urbanas sobrevaloran los factores naturales (vegetación y fauna)*.

Este doble planteamiento complica extraordinariamente el desarrollo de la valoración de impactos y su justificación pues combina criterios científicos, de base objetiva, con

critérios sociales, de base subjetiva y que dependen del momento y de los grupos sociales que los asuman.

6.3. Magnitud e importancia

El **método de EIA de Leopold** intentando sistematizar el valor de la gravedad del impacto, lo estableció como dependiente de dos variables: la **magnitud** y la **importancia**. La magnitud representa la dimensión, el tamaño, del impacto (por ejemplo: *A) aumento de la concentración de contaminantes atmosféricos atribuible al proyecto, B) hectáreas de vegetación destruida por el proyecto, C) grado de contaminación de un acuífero atribuible al proyecto*), mientras que la importancia representa la relevancia que ese impacto tiene para el medio ambiente y para la sociedad (en los ejemplos anteriores: *A) alta si el aumento de concentración se aproxima a niveles perniciosos para la salud, B) baja si la superficie de vegetación destruida en proporción a la existente es mínima, tratándose además de una sociedad industrial, C) alta dado las dificultades que entraña la recuperación del acuífero y el interés social por el agua en esa región*).

Algunos estudios de EIA inspirados por este planteamiento proporcionan los valores de la magnitud y de la importancia separadamente, como hizo Leopold, mientras otros consideran más adecuado establecer tan sólo el valor de la gravedad (que incorpora ambas magnitud e importancia agregadamente).

El valor de la magnitud tiende a tener una base objetiva, generalmente de base científica experimental y medible, adaptándose casi siempre bien a valoraciones cuantitativas, aunque no siempre es así (piénsese en el impacto paisajístico cuya dimensión es subjetiva pues depende de cada observador y de su experiencia individual y cuya cuantificación es simple aproximativa).

El valor de la importancia es siempre subjetivo, dependiendo de los planteamientos que se hagan de la relevancia (sociales, ambientales, mecanicistas, etc.), adaptándose casi siempre bien a valoraciones cualitativas. Nótese que, por tanto, el valor de un impacto, su gravedad, es siempre subjetiva, pues depende tanto de la magnitud, generalmente objetiva, como de la importancia que siempre es subjetiva.

El signo del valor del impacto (positivo, negativo, neutro) reside en la importancia dependiendo si la relevancia del impacto es beneficiosa, adversa o indiferente, respectivamente.

Las ventajas de la descomposición en magnitud e importancia, a la manera de Leopold, se encuentran en que se presenta una información más completa sobre la admisibilidad del impacto al expresar el tamaño y la relevancia que tiene. Podemos así distinguir mejor entre las gravedades del impacto que producen dos alternativas, pues puede que nos encontremos en una situación como la siguiente: una opción con un impacto de dimensiones muy reducidas afecta a un recurso de gran importancia, valorándose como de gravedad media, mientras la otra opción que producirá un impacto de grandes dimensiones no afecta a recursos de gran importancia, valorándose también como de gravedad media. Esta diferencia, que algunos profesionales consideran básica, no se aprecia cuando los valores de los impactos se comparan según el valor sintético de la gravedad.

Por lo contrario el inconveniente de utilizar esta desagregación de la gravedad es que

se duplican los datos de valor, volviendo aún más complejo el proceso de evaluación y, especialmente, las fases de agregación comparación y selección (ver tema siguiente).

Además, la separación artificial de la gravedad en magnitud e importancia, que es fácil de asimilar en concepto, presenta algunas deficiencias en su desarrollo práctico. En algunos casos; el proceso que genera el valor de la magnitud resulta tan artificioso que no llega a aportar información sobre la gravedad del impacto.

Por otra parte, la desagregación en magnitud e importancia que generalmente se plantea considera el valor de la importancia como un valor común a todas las alternativas. Es decir se establece el valor unitario de importancia de cada tipo de impacto, como valor común a todas las alternativas, determinándose las diferencias de la gravedad (*la importancia de destruir vegetación para siempre, la importancia de contaminar periódicamente un río, etc.*) por el valor de las dimensiones de cada alternativa (*una alternativa destruye más vegetación otra menos, una contamina con un vertido mayor otra con uno menor*).

Esta simplificación que asume que la importancia viene establecida por el tipo de impacto no siempre es acertada pues lo relevante que es un impacto (su importancia), depende muchas veces de sus dimensiones (magnitud; por ejemplo: *una magnitud de un vertido determina si la contaminación que induce es recuperable o no, es decir su relevancia ambiental*).

Por eso algunos estudios de EIA plantean una solución mixta, presentando el valor de la gravedad del impacto (que incorpora magnitud e importancia sin mostrarlas) sobre el que se desarrolla la evaluación, pero adicionalmente se presentan los valores de la importancia unitaria de cada tipo de impacto, como elemento de ilustración que acompaña al proceso sin intervenir directamente en él.

En resumen, los distintos métodos de EIA plantean las siguientes aproximaciones al valor del impacto:

- establecer el valor de la gravedad de cada impacto, o
- establecer separadamente magnitud e importancia, o
- establecer el valor de la gravedad de cada impacto, y adicionalmente presentar el valor de la importancia.

6.4. Proceso de valoración

La valoración de cada impacto viene determinada por el criterio de valoración que se adopte para ese impacto y que es el que establece su admisibilidad. Al mismo tiempo esta admisibilidad debe ir referida a una escala desde el umbral de significativo (la gravedad más baja) hasta el umbral inadmisibles (la gravedad crítica), con, al menos, un desarrollo intermedio en tramos (gravedades bajas, medias y altas).

El criterio entonces consiste en un enunciado de predicción que puede tener una formulación argumental (cualitativa), matemática (cuantitativa) o mixta (semicualitativa o semicuantitativa) y que sirve para indicar qué grado de gravedad alcanzaría ese tipo de impacto.

El criterio además debe incorporar su relación con la escala de admisibilidad de

referencia que se adopte, estableciendo para qué situaciones el impacto tendría una gravedad significativa, para qué situaciones tendría una gravedad inadmisibles (crítica) y para qué situaciones el impacto tendría una gravedad intermedia (baja, media o alta).

Esta escala de admisibilidad, representada generalmente por umbrales o tramos de gravedad, debe ser la misma para todos los impactos, de manera que el coordinador del equipo de EIA debe exigir que todos los especialistas del equipo refieran sus criterios a la misma escala de admisibilidad. Se facilita así una comparación global entre impactos distintos, aunque no hay que olvidar que la gravedad de un tipo de impacto no equivale **algebraicamente** a la gravedad de otro tipo de impacto (por ejemplo: *la gravedad media de riesgo de afección a yacimientos arqueológicos no equivale algebraicamente a la gravedad media de contaminación del río*), pues cada una deriva de criterios de naturaleza distinta. Esta cuestión se expone y desarrolla más adelante en el tema siguiente sobre sistemas de agregación.

El análisis de los mecanismos ambientales que desata cada alternativa, permite, al aplicar el criterio de valoración de cada impacto, determinar su gravedad referida a la escala de admisibilidad que se utilice (significativa, baja, media, alta o crítica).

Por tanto, el proceso de valoración de la gravedad que se realiza para cada impacto (por ejemplo: *efecto barrera de una autovía sobre la accesibilidad transversal de una zona rural*), sigue unas pautas básicas, a saber:

- Establecimiento de la escala de referencia para todos los impactos (en el ejemplo: *no significativa o muy baja, baja, media, alta y muy alta o inadmisibles*).
- Establecimiento de **criterios de valoración** del impacto analizado, que permitan interpretar los mecanismos que producen ese impacto (en el ejemplo: *se considera como criterio, la longitud adicional de recorrido a la que obliga cruzar la autovía, considerando todos los caminos rurales igual de importantes, salvo los que acceden directamente al pueblo y a la ermita cuya longitud adicional de recorrido se ponderará por dos, dada la importancia social de estos caminos*).
- Establecimiento de la relación del criterio con las **escalas de gravedad**, (en el ejemplo: *se considera como "significativa" la longitud adicional de recorrido igual o mayor de 500 metros y como "inadmisibles" una longitud adicional de recorrido igual o mayor a 5.000 metros, y proporcionalmente se establecen las gravedades "baja" -entre 500 y 1.000 metros-, "media" -entre 1.000 y 2.500 metros- y alta -entre "2.500 y 5.000"-).*
- Aplicación del criterio a cada alternativa, generando un valor a partir del criterio para cada alternativa (en el ejemplo: *la alternativa A de trazado produce una longitud adicional de recorrido de 2.450 metros, la alternativa B produce una longitud adicional de recorrido de 3.010 metros y la alternativa C, produce una longitud adicional de recorrido de 850 metros*).
- Aplicación de la escala de gravedad, al valor obtenido para cada alternativa, determinando la gravedad del impacto en cada alternativa (en el ejemplo: *el impacto de efecto barrera de la autovía A sobre la accesibilidad transversal de la zona rural es de gravedad MEDIA, el de la autovía B es de gravedad ALTA y el de la autovía C*

es de gravedad BAJA).

Este proceso de valoración de los impactos es idéntico al que se realiza en situaciones cotidianas cuando se valora cualquier conjunto de opciones con un solo criterio. Lo que ocurre es que tiende a hacerse automáticamente, sin que se lleguen a explicitar los criterios, ni las escalas de valor de referencia, que a veces llegan a aplicarse incluso inconscientemente, y, demasiado a menudo, erróneamente (por ejemplo: *para valorar lo caro que es un automóvil, se adopta el criterio del precio y mentalmente se construye una escala continua de referencia -menos de 500.000 pesetas es "regalado", entre 500.000 y 1.000.000 es un "chollo", etc.- con la que se compara el precio de cada automóvil que se analiza).*

Sin embargo, a diferencia de los casos cotidianos, la valoración de los impactos en el estudio de EIA debe estar construida sobre la mayor **sistematización** posible de la subjetividad y debe ser **consistente**, dado que se enfrenta en el debate público a una estricta revisión crítica de sus fallos. De aquí la importancia de adoptar criterios consistentes para cada impacto y de base sólida y argumentada para cada caso, tanto en su representación del mecanismo ambiental, como en su relación con los umbrales de admisibilidad de la escala de referencia común.

(En el ejemplo: sobre el impacto de efecto barrera de la autovía sobre la accesibilidad transversal de la zona rural, es necesario justificar por qué se adopta la longitud adicional de recorrido como indicador del impacto. por qué se ponderan los accesos directos al pueblo y a la ermita y no los accesos a las huertas, y por qué se asume una equivalencia del doble e igual para pueblo y ermita. Además, por qué se adopta como inadmisibile una longitud adicional de 5.000 metros y no de 3.500 o de 6.500).

Las asunciones que inevitablemente se han de hacer para el establecimiento de criterios deben estar basadas en el análisis y conocimiento objetivo de los mecanismos ambientales y en los valores sociales que se manejen en el área.

(En el ejemplo: sobre el impacto de efecto barrera de la autovía sobre la accesibilidad transversal de la zona rural, la longitud adicional de recorrido es bastante representativas de las molestias a los desplazamientos de la población. Algunos caminos se utilizan mucho más que otros, lo que justifica la ponderación del acceso directo al pueblo. La ermita, aunque se usa masivamente una vez al año, tiene una especial relevancia social. Si existe una población muy modesta la ponderación de dos en estos accesos es aceptable teniendo en cuenta los limitados desplazamientos a las zonas de labor -huertas, secano, etc.)- que aunque regulares son estacionales. El valor inadmisibile de una longitud adicional de 5.000 metros es meramente aproximativo, y se justifica como valor grosero, tener que la red de caminos de la zona se extienda ahora tres kilómetros más que antes puede ser considerado como excesivamente grave).

Generalmente, los criterios manejan un nivel de aproximación y una argumentación de fondo que los justifica, de manera que muchos criterios distintos pueden ser válidos (en el ejemplo anterior: *ponderar también el acceso a las huertas por 1,5 ya que requieren más desplazamientos que el secano*), pero, al mismo tiempo, cualquier criterio no es necesariamente válido, existiendo algunos marcadamente equivocados (por ejemplo: *en el caso del impacto de destrucción de vegetación por una autovía, utilizar el criterio tanto por ciento de la longitud de autovía que destruye bosques naturales es un error, pues la alternativa A puede afectar a bosques en un 40% de su trazado y la alternativa B en un 20%*

de su trazado, aunque la A solo destruya 20 hectáreas y la B, mucho más larga, destruya 35 hectáreas. Este error es desgraciadamente muy común y deriva del hecho de confundir un aspecto del proyecto, con la caracterización del medio ambiente, que es lo que se persigue).

6.5. Sistemas de predicción de impactos

Los criterios de valoración tienen que incorporar métodos de predicción, pues no hay que olvidar que la situación que se valora es una situación futura, cuando se construya el proyecto y éste esté funcionando. Algunos métodos de EIA tienden a utilizar criterios basados en variables experimentales que se han de predecir, pues no podríamos construir las tres alternativas de proyecto para poder medir esas variables en la situación con proyecto.

Existen numerosos **métodos de predicción** que ayudan a estimar situaciones futuras. Típicamente los impactos de tipo contaminación cuentan con estos modelos de 'predicción', generalmente de base matemática que se han desarrollado a partir de variables de partida y mediante el análisis estadístico de situaciones similares. Estos modelos nos ayudan a predecir las situaciones con el impacto ya producido, dentro de las consideraciones de partida del modelo. Algunos ejemplos son los modelos de autodepuración de ríos, de dispersión de contaminantes en la atmósfera, de estimación de niveles sonoros atribuibles al tráfico, etc.

Existe un debate científico que cuestiona unos u otros métodos de predicción o su aplicación en la predicción de impactos. Un ejemplo típico es la cuestión sobre el uso de modelos de origen norteamericano de estimación de contaminantes del tráfico aplicados a situaciones europeas, donde existe un parque de automóviles muy distinto. Este debate, de base científica y objetiva, no debe confundirse con el cuestionamiento que se hace en la información pública del planteamiento que se haga de la valoración del impacto y del manejo de la subjetividad, pues se mueven en ámbitos distintos de discusión (científico y social).

Existen también modelos analógicos generalmente basados en indicaciones aproximativas, en la experiencia profesional de especialistas o en el conocimiento de impactos en condiciones similares que ayudan a predecir las condiciones de situaciones futuras con cierto grado de exactitud. Las estimaciones sobre el posible riesgo arqueológico se realizan a partir de un análisis geomorfológico, de la presencia ya constatada en el área de civilizaciones del pasado y del conocimiento del uso que estas civilizaciones hicieron de los recursos naturales. El efecto barrera sobre comunidades de fauna en términos de deriva genética y consanguinidad se extrapola a partir del conocimiento que se tiene de la evolución de especies en cotos cerrados. La experiencia de un buen hidrogeólogo complementa muy objetivamente el análisis de tomas de muestras y testigos.

Además, existen numerosos impactos cuya predicción es actualmente difícil de sistematizar por no haberse desarrollado modelos apropiados o no haberse analizado ese determinado efecto. Un ejemplo es la predicción del efecto microclima que produce la masa de agua de un embalse en su valle, del que se conoce con certeza su existencia, pero es difícil estimar sus dimensiones para un futuro embalse.

Finalmente, existen impactos que por su propia naturaleza compleja, generalmente aquellos que dependen de numerosas variables y de su evolución a largo plazo, son de predicción arriesgada. Los impactos de tipo socioeconómico a largo plazo son típicos en ese sentido. Por ejemplo: el efecto de promoción de desarrollo económico atribuible a una autovía no puede ser estimado con absoluta certeza ya que se han constatado casos positivos

de promoción económica, casos indiferentes e incluso casos de declive económico. Otro ejemplo es el efecto del desarrollo de un embalse como hábitat de avifauna migratoria, habiéndose observado casos con y sin desarrollo del fenómeno.

6.6. Criterios de valoración

Cada estudio de EIA adapta el método de EIA a las necesidades de su caso según el tipo de proyecto y tipo de medio ambiente. De la misma manera, cada especialista que forma el equipo de EIA tiende a desarrollar los criterios de valoración de impacto más acordes a las características del impacto que desarrolla, siempre con la obligación de referirlos a la escala de referencia que se haya establecido como común a todos los impactos.

Dentro de los criterios de valoración podemos distinguir aquellos que tienen una formulación argumental o verbal (criterios cualitativos) o una formulación matemática (criterios cuantitativos o indicadores), siendo los más comunes los que poseen una formulación mixta. En algunos casos los criterios cualitativos son perfectamente traducibles a enunciados matemáticos y viceversa (por ejemplo: *el enunciado "cuanto más pies arbóreos autóctonos se destruyan el impacto es más grave, siendo doblemente más grave la destrucción de un pie de roble que de uno de encina" es un criterio Cualitativo. Un criterio cuantitativo equivalente al anterior sería $\text{Sumatorio } N^{\circ}_{\text{pies autóctonos}} * V_{\text{calidad}}$, donde $N^{\circ}_{\text{pies autóctonos}}$ es el número de árboles destruidos de una especie y V_{calidad} el valor 1 para encina y 2 para roble*), pero no siempre es posible.

La formulación cualitativa o cuantitativa del criterio no afecta a su mayor objetividad, ni a su precisión. Recordemos que el valor de la gravedad del impacto es subjetivo (por depender de su importancia que siempre es subjetiva), independientemente de cómo se formule el criterio de valoración.

En cuanto a la precisión, un criterio argumental (cualitativo) puede llegar a ser incluso más preciso en determinar la gravedad de un impacto que muchos criterios cuantitativos (por ejemplo: *compárese la precisión de un enunciado verbal de criterio de diagnóstico de enfermedad elaborado por Severo Ochoa, con un criterio de diagnóstico formulado cuantitativamente por un estudiante de último curso de medicina*).

Sin embargo, en nuestra sociedad occidental existe una decidida sobrevaloración de los planteamientos numéricos, independientemente de cómo hayan sido generados. Por esto, en su confrontación con el público, los criterios formulados cuantitativamente se interpretaran inevitablemente como más sólidos, objetivos y precisos que los criterios cualitativos, aunque como hemos visto pueden cuestionarse tanto unos como otros en su grado de aproximación y en su manejo de los valores sociales. Es importante recordar que la verdadera validez de un criterio de valoración radica en su adecuación al caso del impacto que se valora y los argumentos que sustenta esa justificación.

6.6.1. Criterios argumentales (cualitativos)

Entre los métodos clásicos de EIA destaca el planteamiento cualitativo de la valoración de impactos del método de Leopold. Este método como se recordará desagregaba el valor de la gravedad del impacto, descomponiéndolo en el valor de la magnitud y en el valor de la importancia. Estos valores eran asignados por cada especialista que exponía sus razones (criterio cualitativo), justificando el valor de asignación tanto de magnitud, como de

importancia. El sistema también es válido para la asignación de la gravedad, por sí misma,

Siguiendo el ejemplo de Leopold, muchos estudios de EIA y dentro de ellos muchos especialistas, plantean la asignación del valor con planteamientos cualitativos. Este sistema es perfectamente válido siempre que se expongan los argumentos que se han tenido en cuenta en la asignación.

Sin embargo, el uso de criterios de valoración cualitativa entraña riesgos en su aplicación al análisis de alternativas derivados de la consistencia del criterio. No se puede determinar, para un mismo impacto, que una alternativa es grave por distintas razones por las que otra alternativa, para ese mismo impacto, no lo es (por ejemplo: *es erróneo por inconsistente valorar el impacto de contaminación del agua de una alternativa de ferrocarril como de baja gravedad porque entraña un reducido volumen de actividad de obra, mientras que el impacto de otra alternativa de ferrocarril se considera grave por discurrir sobre un acuífero kárstico*).

Los posibles errores en la aplicación de criterios de valoración argumentales o cualitativos se corrigen con la correcta enunciación explícita del criterio a aplicar y por su consideración completa de las situaciones posibles analizadas.

6.6.2. Indicadores de impacto (criterios cuantitativos)

Dentro de los criterios de valoración de la gravedad del impacto con formulación cuantitativa, conocidos como **indicadores**, es necesario distinguir dos tipos diferenciados por su planteamiento básico, a saber: indicadores de estado e indicadores de alteración.

Los **indicadores de estado**, son variables matemáticas, generalmente de naturaleza experimental, que definen las condiciones del entorno. El valor de la magnitud del impacto de una determinada alternativa (i) se determina a partir de la diferencia entre el valor del indicador de estado en la situación pre-operacional (I^0) y el valor del indicador de estado en la situación que se tendría con esa alternativa de proyecto de esa alternativas de proyecto (I^1).

Algunos ejemplos de estos indicadores son el oxígeno disuelto en agua (O^2), la demanda biológica de oxígeno del agua (DBO^5), los niveles de inmisión atmosféricos de partículas sólidas (s.s.), los niveles sonoros equivalentes (L_{eq}), la diversidad de especies vegetales presentes, los tamaños de población y su cobertura, etc.

Por ejemplo: *si se construyera la alternativa 1 de una industria de producción de cemento, los niveles de inmisión actuales (s.s.₀) aumentarían obteniéndose durante el funcionamiento de esa alternativa unos niveles superiores de partículas en la atmósfera (s.s.₁). El valor del impacto está directamente relacionado con el valor: s.s.₀ - s.s.₁.*

Los **indicadores de alteración** son variables matemáticas diseñadas ad-hoc para ese tipo de impacto que miden la gravedad de la alteración en sí misma, sin necesariamente referirse a las condiciones del entorno. La superficie destruida de suelo edáfico, la longitud adicional de recorrido por efecto barrera y el conjunto de yacimientos arqueológicos bajo riesgo de afección son indicadores de este tipo

Otros ejemplos de estos indicadores de alteración (comparables con los ejemplos dados de indicadores de estado) son la pérdida de oxígeno disuelto en agua, el volumen de

materia orgánica vertido al río, la emisión atmosférica de partículas sólidas de un proyecto, los niveles sonoros equivalentes atribuible s al tráfico, la destrucción de cada especie vegetal presente en términos de tamaños de población y cobertura, etc.

Por ejemplo: *si se construyera la alternativa 1 de una industria de producción de cemento, sus distintos procesos y tratamientos producirían un vertido a la atmósfera de un determinado caudal de partículas en suspensión (Q_{ss-1}). El valor del impacto está directamente relacionado con ese valor.*

Ambos tipos de indicadores tienen ventajas e inconvenientes.

Los indicadores de estado al describir la situación plantean una visión más completa de la alteración ambiental. Por esta razón, y a diferencia de los indicadores de alteración que son mucho más limitados en su visión, los indicadores de estado consideran la incorporación del efecto ambiental producido por el proyecto al deterioro previo existente en la zona.

En el ejemplo anterior: *la cementera que se proyecta puede localizarse en un polígono industrial en el que ya existen emisiones de partículas sólidas a la atmósfera (provenientes por ejemplo de una central térmica de carbón). Aunque el impacto atribuible a la futura cementera está relacionado con la emisión que ésta aportará, lo verdaderamente grave es el aumento de las condiciones de insalubridad de la atmósfera que resultará de la presencia simultánea de ambas emisiones (la ya existente de la central térmica y la futura de la cementera).*

Por esta razón, los indicadores de estado son muy útiles para la valoración de impactos de tipo contaminación (del aire, del agua, de niveles sonoros). Además, la estructura de este tipo de indicadores traduce muy bien la gravedad de estos impactos a la escala de admisibilidad que generalmente cuenta con una referencia normativa (ley de aguas, ley de protección del ambiente atmosférico, etc.) referida al nivel inadmisibles del estado del componente ambiental (niveles de inmisión atmosférica considerados críticos por la legislación, niveles exigidos para la vida de los peces por los reglamentos de la ley de aguas).

Sin embargo, los indicadores de estado presentan algunos problemas en su aplicación. En primer lugar, requieren métodos predictivos precisos que nos permitan generar el valor de la variable ambiental, es decir del indicador de estado, en la situación futura que genera cada alternativa de proyecto, lo que no es posible como vimos para todo tipo de impacto.

En segundo lugar, la situación ambiental es por naturaleza variable con el tiempo. Existen periodos de calmas (sin viento) y periodos muy dinámicos (fuertes vientos) en la atmósfera, variaciones estacionales en los caudales de los cursos y distribuciones horarias del ruido. Además, hay impactos que acumulan su gravedad con el paso del tiempo. El indicador de estado simplifica esta variación de las condiciones ambientales tomando valores estáticos de referencia para la situación sin proyecto (que es variable) y para la situación con proyecto (que es variable y puede ser acumulativa).

Del mismo modo que para la evolución en el tiempo, el indicador de estado describe la situación de un aspecto ambiental que aparece distribuido por un determinado espacio geográfico, simplificando su extensión. La calidad del agua de una zona, no se limita solo a la del río receptor del impacto (con o sin proyecto), y los contaminantes atmosféricos diluidos se transportan internacionalmente. No existen delimitaciones claras del ámbito que debe

cubrir el indicador de estado en su descripción de la situación. Esto representa un problema especialmente grave cuando se consideran impactos que implican destrucción de recursos. (*¿Debe considerarse la calidad de todos los bosques de un municipio, de una comarca, de una cuenca hidráulica o de todo el país?*). Ámbitos de referencia excesivamente amplios relativizan la gravedad de estos impactos, mientras que ámbitos excesivamente pequeños la exageran.

Finalmente, los indicadores de estado, por tratarse en esencia de indicadores de magnitud, requieren de parámetros añadidos que incorporen la importancia social del impacto, la cual no aparece directamente representada por las variables de situación (y como vimos tampoco incorporan la importancia temporal y espacial del impacto).

En cuanto a los indicadores de alteración tienen un planteamiento mucho menos ambicioso pues se limitan a considerar la extensión y relevancia de la alteración en sí misma (cuánto destruye el proyecto, cuánto contamina el proyecto). Generalmente se incluyen referencias a las condiciones ambientales que reciben el impacto mediante simplificaciones (generalmente ponderaciones sencillas incorporadas a la importancia) que valoran el grado de deterioro o escasez previa del recurso, pero nunca con la visión integral del indicador de estado.

Al diseñarse exprofeso ad-hoc, los indicadores de alteración son mucho más flexibles y manejables, adaptándose muy bien a casi cualquier tipo de impacto. Además, permiten incorporar muy bien los valores de la importancia, al incluirla en el propio diseño de la formulación matemática como una variable más. Además, plantean muchas menos exigencias técnicas, siendo su principal ventaja la manera en la que cumplen su función de comparación entre alternativas ordenándolas con precisión de mejor a peor para ese impacto. (Recuérdese el ejemplo *del indicador longitud de recorrido añadida por la presencia de la autovía*).

No obstante, estos indicadores tienden a representar muy mal el verdadero deterioro ambiental y, por tanto, se traducen muy mal a la escala de admisibilidad. En la mayoría de las veces, es difícil justificar a partir de qué valor del indicador tenemos un impacto inadmisibles.

Además, por elaborarse ad-hoc, carecen de una validación experimental y de precisión en sus determinaciones, aunque no la necesitan por tratarse de formulaciones simplificadas de mecanismos ambientales complejos generalmente constatados y que parten de aproximaciones válidas.

6.6.3. Ventajas e inconvenientes de criterios cuantitativos y cualitativos

En el debate entre qué es preferible si el uso de criterios formulados cualitativa o cuantitativamente, existen ciertas ventajas e inconvenientes que están principalmente relacionadas con su capacidad de información que ya se han comentado.

Se pueden señalar las siguientes ventajas e inconvenientes:

- a) Los criterios cuantitativos tienden a ser considerados como más objetivos y precisos que los cualitativos por el público, aunque no lo sean necesariamente.
- b) Los criterios cuantitativos tienden a ser más crípticos, es decir de difícil comprensión, reduciendo la información ambiental a una representación numérica que

omite las aproximaciones y que dificulta la comunicación al lector.

c) Los criterios cualitativos comunican mucho mejor los planteamientos al lector, informándole de los planteamientos que se hacen y las consideraciones que se toman.

d) Los criterios cualitativos deben estar muy bien desarrollados para evitar errores de inconsistencia en su aplicación.

En cualquier caso, el Real Decreto de EIA cuando se refiere a la valoración de impactos exige que éstos se valoren utilizando criterios cuantitativos siempre que sea posible, aunque reconoce la incapacidad de los sistemas cuantitativos para valorar todo tipo de impactos.

6.7. Sistemas de valoración de la importancia

Como se vio, uno de los aspectos esenciales de la gravedad del impacto es la importancia, valor que traduce la relevancia que tiene ese impacto tanto en términos ambientales como socio-políticos. La complejidad de este concepto obliga a simplificaciones que permitan manejarlos en el método de EIA.

Como vimos, algunos métodos de EIA tendían a presentar el valor de la importancia, ya fuera como componente básico de la valoración junto con la magnitud, o como información adicional al proceso de evaluación.

Podemos simplificar los variados planteamientos que se utilizan para determinar la importancia, en los siguientes:

- La importancia según la calidad intrínseca del factor ambiental afectado.
- La importancia según el carácter del impacto.
- La importancia como peso relativo.

6.7.1. La importancia según la calidad intrínseca

La **calidad intrínseca** del factor ambiental afectado hace referencia a la valoración de las condiciones de ese factor antes de que se vea afectado por los impactos del proyecto. Un impacto, para una misma magnitud, siempre es más grave si afecta a recursos de calidad que si afecta a recursos sin calidad. Sobre este planteamiento se construye un sistema de valoración de la importancia, que será mayor cuanto mayor sea la calidad intrínseca del factor afectado.

Este sistema de valoración de la importancia utiliza los criterios propios del factor ambiental y los aplica a las condiciones de ese factor en la zona, previas al proyecto. Una limitada disponibilidad del recurso afectado en la zona, una alta exclusividad, unas buenas condiciones de conservación o un alto interés de su conservación, determinan valores altos de la importancia (por ejemplo: *las afecciones a la última masa de bosque autóctonos de un valle, se valorarán con importancia alta, considerando luego el valor de la magnitud del impacto de cada alternativa*). Otro ejemplo: *la ocupación de una veta de caliza ornamental en una zona donde existen muchas canteras de caliza en explotación, pero de las que depende la mayor parte de las familias del pueblo, tendrá una importancia de grado medio*).

Este sistema de valoración de la importancia, no tiene por qué hacerse explícito en el proceso de valoración del impacto, siendo muy común que se incorpore al criterio de valoración de la gravedad del impacto (es decir a la expresión conjunta de magnitud e importancia) ya sea como una consideración más dentro de la formulación verbal (argumento) del criterio de valoración cuando es cualitativo o como una variable numérica más dentro de la formulación matemática del indicador de alteración cuando el criterio es cuantitativo.

(por ejemplo: *cuando se establece el indicador de alteración del impacto de destrucción de suelo edáfico mediante la fórmula $I = \text{Sumatorio } S_i * a_i$, es decir considerando la suma de las superficies destruidas de cada tipo de suelo (i) ponderada por la calidad de ese suelo (a_i), esta ponderación representa la importancia, asignada mediante el criterio de la calidad intrínseca del factor. Esta importancia hace que la afección a tres hectáreas de suelo de calidad I, sea mucho más grave que la afección a 30 hectáreas de suelo de calidad III).*

La importancia como calidad intrínseca del factor tiende a incorporarse en los indicadores de alteración mediante una ponderación sencilla que simplifica la complejidad de las calidades ambientales. (por ejemplo: *la diferente gravedad de afección a especies animales en extensión, amenazadas, vulnerables o sin protección se tiende a ponderar geoméricamente con pesos de 100, 10, 2 o 1, respectivamente).*

En este sistema de la valoración de la importancia, lo establece cada especialista para sus impactos y por eso considera exclusivamente las condiciones del factor ambiental afectado, sin plantearse una visión completa de todos los factores ambientales, ni considerar el tipo de alteración que sufre el factor, aspectos éstos que como veremos son tratados por otros sistemas de valoración de la importancia.

6.7.2. La importancia según el carácter del impacto

La importancia **según el carácter del impacto** hace referencia a las condiciones en las que se produce y con las que se desarrolla la alteración. Se trata de un sistema complementario del anterior, el cual se limitaba a considerar las condiciones del factor afectado pero no en qué consiste esa alteración.

Un impacto, para el resto de condiciones iguales, será más grave si es de carácter irrecuperable que si es recuperable, si es permanente que si es temporal. Es decir el tipo de alteración, para una misma magnitud y una misma calidad intrínseca de partida, determina la importancia del impacto.

Los aspectos del carácter del impacto generalmente considerados por los métodos de EIA que utilizan este sistema de valoración de la importancia son los siguientes:

- **Duración**, de mayor a menor importancia se distingue entre impactos permanentes, temporales de larga duración y temporales de corta duración.
- **Recuperabilidad**, de mayor a menor importancia se distingue entre impactos irreversibles / irrecuperables, recuperables (que se pueden reducir con una actuación añadida), reversibles (que el propio medio ambiente los asimila, reduciendo el efecto).
- **Sinergia**, se consideran de más importantes los impactos sinérgicos (aquellos que al coincidir con otras alteraciones repercuten con una gravedad geométrica) que los que

no lo son.

- **Acumulación**, se consideran de más importantes los impactos acumulativos (aquellos que empeoran con el tiempo) que los que no lo son.
- **Certeza**, se consideran de más importantes los impactos que se pueden predecir con certeza, que los que son probables o muy poco probables (de riesgo).
- **Opinión social**, se consideran más importantes los impactos que suscitan una gran preocupación social, que los que preocupan a grandes grupos de interés (ecologistas, vecinos, regantes, etc.), siendo los menos importantes los que suscitan indiferencia.

Este sistema de valoración de la importancia se aplica en los métodos de EIA mediante el diseño de fórmulas matemáticas que componen valores simplificados del carácter. Estas fórmulas se aplican a todos los impactos, generando un valor más alto, cuanto más grave es el carácter de cada impacto.

Existen muchos tipos de fórmulas para la importancia según el carácter, siendo la más común la que se construye sobre un sumatorio ponderado de valores de cada aspecto, a saber:

$$\text{Imp.} = k_D * D + k_R * R + k_S * S + k_A * A + k_C * C + k_O * O$$

donde,

D= 100 para impactos permanentes, D= 10 para impactos de larga duración y D=1 para impactos de corta duración

R=100 para impactos irrev./irrecup., R=10 para impactos recuperables y R=1 para impactos reversibles

S= 100 para impactos sinérgicos y S= 1 para impactos no sinérgicos

A=100 para impactos acumulativos y A=1 para impactos no acumulativos

C= 100 para impactos ciertos, C=10 para impactos probables y C=1 para impactos de riesgo

O= 100 para impactos de gran interés social, O=10 para impactos de interés de grupos y O=1 para impactos indiferentes socialmente, y

k_D , k_R , k_S , k_A , k_C y k_O son los coeficientes de importancia relativa de unos aspectos respecto a otros (siendo generalmente k_R el peso mayor generalmente).

En la hipótesis de que todos los aspectos del carácter se consideraran de igual relevancia (pesos igual a 1), un impacto de poca duración, reversible, no sinérgico, no acumulativo, de riesgo y con indiferencia social tendría una importancia de 6; mientras que un impacto permanente, irrev./irrecup., sinérgico, acumulativo, cierto y que suscite gran interés social adoptaría una importancia de 600.

Los aspectos considerados en este sistema, su ponderación y la propia composición matemática pueden variar en distintos estudios de Impacto, pero siempre manteniendo una aproximación similar a la importancia.

Estos sistemas se utilizan más comúnmente como instrumentos de información adicional sobre el impacto, habiéndose valorado la gravedad mediante un sistema propio (criterios cualitativos, indicadores de estado o de alteración, etc.). Aunque también es posible incorporar los valores de la importancia a la formulación matemática de criterios de valoración de la gravedad.

Cuando se utiliza como instrumento de información adicional, se suele presentar una matriz acción/factor donde en la casilla de los impactos significativos figura sólo el valor

obtenido para la importancia de su carácter (matriz de importancias).

Este sistema parte de la asunción de que la importancia es la misma para las distintas alternativas de proyecto consideradas, pues las características del impacto (su duración, recuperabilidad, etc.) se consideran comunes a todas las alternativas. Sin embargo, esta es una simplificación que algunos autores consideran excesiva (por ejemplo, la recuperabilidad depende de las dimensiones del impacto y por tanto de las condiciones de la alternativa).

La presentación de este valor de la importancia según el carácter mediante un número asignado al impacto condesa excesivamente la variada y extensa información que se proporciona sobre el mecanismo de cada alteración, de manera que un valor intermedio de la importancia, puede ser debido a la irrecuperabilidad del impacto o a la preocupación social que suscita, lo cual es radicalmente diferente. Por eso, algunos equipos de EIA prefieren no ejecutar la fórmula de composición y presentar los aspectos del carácter indicados mediante abreviaturas (Rc, Rv, Ir, T, P, S, etc.) o símbolos (círculos, estrellas, triángulos, etc.) coloreados según su mayor o menor importancia.

Se presentan así matrices de importancia donde en cada casilla de los impactos significativos figuran indicaciones de sobre su carácter. También existen casos en los que se presentan matrices de importancia, estructuradas como matrices impacto/aspecto del carácter, indicando verbalmente en las casillas de cada fila cómo es la temporalidad, la recuperabilidad, etc. del impacto de esa fila.

6.7.3. La importancia como peso relativo

Finalmente, el tercer grupo de sistemas de valoración de la importancia, plantean el valor de la importancia como un **peso relativo**. En el primer grupo de sistemas (calidad intrínseca), la importancia la asigna cada especialista según los criterios propios de cada factor ambiental, sin considerar la importancia que se está asignando a los demás factores ambientales. En el segundo grupo de sistemas (carácter del impacto), aunque existe un criterio común de asignación de impactos -fórmula de importancia, el planteamiento es el de analizar las características de cada uno de ellos.

Ambos sistemas acaban por generar en el lector del estudio de EIA una valoración relativa entre las importancias de los distintos impactos, aunque ese no sea su planteamiento de partida, induciendo a error (por ejemplo: *para el criterio de calidad intrínseca, los impactos sobre especies de fauna en extinción son muchas veces más importantes que los impactos sobre los paisajes sin interés. Se induce así a un grave error, porque como se explicó, la valoración de un impacto, desarrollada con sus propios criterios de gravedad o de magnitud e importancia, no son extrapolables a otro impacto, que cuenta con sus propios criterios*).

Esto es así porque los sistemas de valoración de impacto que se han planteado hasta el momento en este texto, parten del análisis de la relevancia de cada impacto, sin tener una visión conjunta o simultánea de todos los componentes ambientales y de todos sus impactos. En el tema siguiente, se tratan los sistemas de agregación/comparación de impactos, es decir se plantean los métodos que intentan tener una visión conjunta de todas las alteraciones que produce una de las alternativas. Se discuten allí los sistemas de valoración de la importancia que se presentan como pesos relativos y que apoyan una visión agregada de la batería de impactos del proyecto.

6.8. Escalas de referencia de la gravedad

El establecimiento de la escala de admisibilidad (o gravedad) de referencia es una fase fundamental de la valoración de cada impacto, que se realiza antes de la valoración que cada experto hace de sus impactos y que les obliga a referir sus criterios a los umbrales de admisibilidad previamente establecidos.

El Real Decreto de Evaluación de Impacto exige a los estudios de impacto que se valore su gravedad de acuerdo a la siguiente escala:

- **Crítico** *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.
 - **Severo** *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 periodo de tiempo dilatado.
 - **Moderado** *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.
 - **Compatible** *Impacto ambiental compatible.* - Aquel cuya recuperación es inmediata tras el cese de la actividad, y no precisa prácticas protectoras o correctoras.
- (- **No Significativo**)

Esta escala ha de ser utilizada por todos los proyectos sometidos a EIA de acuerdo a la legislación nacional. Sin embargo, muchos académicos y profesionales consideran necesario el uso de escalas de gravedad más acordes con las necesidades de la valoración de impactos, criticando abiertamente esta escala de referencia.

Sin embargo, las ventajas de poseer una escala de referencia obligada permite homogeneizar las conclusiones de los variados estudios de EIA que se han de ejecutar. En este sentido, es importante el uso del adjetivo **crítico** en un estudio de EIA, pues su significado viene definido por la legislación como de gravedad inadmisibles. Es decir, si se prevé que una alternativa de proyecto produzca un solo impacto crítico es suficiente para que sea descalificada ambientalmente, independientemente de los valores de los demás impactos.

Como escalas alternativas a la oficial se utilizan numerosos sistemas, orientados a proporcionar información automática al observador. Existen escalas de tamaño y de color, donde cada umbral de gravedad se define por el tamaño de un círculo (blanco para impactos positivos y negro para negativos), o por su color (colores fríos -azules y verdes, para impactos positivos y colores cálidos -rojos, naranjas y amarillos, para negativos) indicando por su espectro el grado de gravedad (rojos los más graves, naranjas intermedios y amarillos los de baja gravedad).

Finalmente, se utilizan también escalas numéricas con números enteros (de +10 a -10) o con términos (+Muy Alto, +Alto, +Medio, +Bajo, +Muy Bajo, - Muy Bajo, -Bajo, -Medio,

-Alto, -Muy Alto). En cualquier caso, estas escalas cuando se utilizan están obligadas a una "traducción" a la escala oficial.

Una escala de referencia debe considerar tanto impactos adversos de signo negativo, como impactos beneficiosos de signo positivo, así como aquellos indiferentes (ni adversos, ni beneficiosos). La valoración de impactos positivos puede ser decisiva en la EIA de proyectos de naturaleza ambiental tales como proyectos de reforestación anti-erosión, tratamiento de residuos sólidos urbanos o estaciones de depuración de aguas residuales.

La escala debe traducir una evolución continua de la gravedad y no limitarse a definir cada umbral de gravedad en sí mismo.

Los umbrales definidos no deben ser muy groseros, de manera que no sea difícil establecer diferencias entre alternativas. En una escala que posea cuatro niveles, un impacto puede aparecer en el mismo umbral en las tres alternativas, pero una de ellas podría ser mucho más grave que las demás.

SISTEMAS DE VALORACIÓN DE IMPACTOS

FASE	OPCIONES TIPO	Descripción	Ejemplos	Ventajas e Inconvenientes	
PLANTEAMIENTO GRAVEDAD DEL IMPACTO	Se valora únicamente la gravedad del impacto	Criterio de gravedad que incluye dimensión y relevancia.	Opción + común	Valor sintético de la admisibilidad.	
	Por separado magnitud e importancia	Criterio de magnitud y criterio de importancia.	Método Leopold	Informa sobre dimensión y relevancia	
	Se valora gravedad , pero ilustran con la importancia .	Criterio de gravedad y, criterio de importancia.	Método Melisa	Valor sintético e informa sobre relevancia	
	Escala "Oficial"	Crítico, Severo, Moderado y Compatible	Todos	Referencia obligada	
	Otras escalas cualitativas	Verbales (-M.Alt a + M.Alt) o Gráficas (colores, signos)	Muchos	Fáciles de visualizar	
PLANTEAMIENTO ESCALA DE REFERENCIA	Escalas numéricas de valor	Númericas (de -10 a +10, de -5 a +5, etc.)	Muchos	Deben referirse a la legal, confusión al lector.	
	Criterios cualitativos	Verbalmente según argumento de experto	Leopold	Presentan el valor con gran información	
	Criterios cuantitativos	Indicadores de Estado	Variabes exper. de las condiciones que se alterarán	Batlle	Miden variación en la situación con certeza
		Indicadores de Alteración	Fórmulas ad-hoc que miden el propio cambio.	Losada	Se adaptan y comparan bien la importancia.
	Calidad intrínseca factor	Calidad previa factor ambiental	Losada	Calidad deteriorada	Es una simplificación
PLANTEAMIENTO VALORACIÓN IMPORTANCIA	Carácter del Impacto	Según mecanismos alteración	Matriz de Importanc.	Tipo de deterioro	
	Peso relativo	Unos impactos respecto a otros		Falta calidad deteriorada	

VER TABLA DE AGREG./COMPAR. PARA SELECCIÓN

TEMA 7: MÉTODOS DE EVALUACIÓN DE IMPACTO AMBIENTAL (III)

Agregación de impactos, comparación y selección de alternativas

7.1. Introducción

La fase de selección de alternativa mediante la **agregación/comparación del impacto ambiental** es el último paso del método de evaluación. En esta fase se considera conjuntamente la gravedad de todos y cada uno de los impactos que produce cada alternativa, lo que se conoce como el Impacto Ambiental.

En la primera parte de este capítulo, se plantean las dificultades a las que se enfrenta toda agregación de valores ambientales, distinguiendo la **agregación simple** de la **agregación compleja**.

Aunque el objetivo de la fase de selección de alternativa es doble: la evaluación ambiental agregada de cada alternativa (todos sus impactos en conjunto) y la comparación entre ellas (comparación entre los impactos ambientales de cada alternativa), las dificultades teóricas y conceptuales que plantea la agregación han obligado a desarrollar sistemas de selección de alternativas que evitan la agregación. Estos **sistemas de selección desagregada** se tratan en la segunda parte de este tema.

En tercer lugar, se consideran los sistemas de valoración de la importancia del impacto como un peso relativo como **sistemas que ordenan la comparación**, así como aquellos otros métodos que al objeto de simplificar los procedimientos de comparación y selección plantean **sistemas de semiagregación**. A continuación, se exponen los planteamientos de los métodos que utilizan **sistemas de agregación sintética** a partir del establecimiento de unidades ambientales de referencia común. Se indican también algunos métodos no convencionales de base espacial (**sistemas de selección geográfica**).

7.2. Deficiencias de la agregación

Como se ha adelantado en los temas anteriores, la agregación de valores que emanan de criterios distintos presenta numerosas deficiencias de concepto tanto en términos lógicos de naturaleza algebraica (inconsistencia de las unidades de valor) como en términos ambientales (que cuestionan la visión del deterioro global como composición de deterioros parciales). Esto no ha impedido el desarrollo sistemas de agregación que, aunque de dudosa conceptualización, permiten una agregación radical y sintética y que se utilizan con una relativa frecuencia.

Para exponer los problemas de distinta naturaleza que afectan al proceso de agregación o consideración conjunta de impactos, es necesario distinguir entre dos tipos de agregación, la **simple** y la **compleja**.

La agregación simple consiste en el manejo exclusivo de los valores de gravedad que se hayan obtenido en la fase de valoración de cada impacto, con el objeto de obtener tul valor sintético del deterioro ambiental global. Este proceso de agregación de valores es simplemente sistemático y lógico, obteniéndose mediante sumas directas, sumas ponderadas o mecanismos matemáticos más complicados. La agregación simple mantiene siempre una

aproximación grosera, pues no considera más que los valores y no la relación entre ellos.

La agregación compleja es aquella que, con el objeto de obtener un valor sintético del deterioro ambiental global, maneja los valores de gravedad obtenidos en la fase de valoración de cada impacto junto con todos los planteamientos y consideraciones que se hayan tomado previamente para el establecimiento de esos valores en las fases de identificación y valoración. El proceso que implica esta agregación requiere además de un planteamiento sistémico de base lógica, el cuerpo de conocimiento de las distintas ciencias ambientales (representado generalmente por las aportaciones de los especialistas del equipo). La justificación de la agregación compleja es siempre engorrosa y complicada, siendo difícil de sistematizar.

• **Consistencia de la agregación de valores**

Volviendo a la problemática de la agregación, la acumulación de los valores de gravedad que emanan de criterios de valoración distintos aunque presentados en escalas sinónimas (la escala de referencia de la admisibilidad) presenta una dudosa eficacia en cuanto a representación del deterioro global atribuible al proyecto. La gravedad "moderada" de un impacto, no necesariamente equivale, en términos algebraicos, con la gravedad "moderada" de otro impacto. Un impacto puede ser por su naturaleza despreciable frente a otro, de manera que el nivel de gravedad de uno aunque "moderado" respecto a sus propios criterios sea mucho más grave que otro impacto también valorado como "moderado" por sus otros criterios. No existiendo una escala común de traducción. (por ejemplo: *el efecto de los atropellos en carreteras sobre los micromamíferos puede ser moderado de acuerdo a sus criterios, pero siempre, en el más grave de los casos posibles, será mucho menos grave que unos riesgos "moderados" de abandono de la cría de rapaces en extinción por el efecto de las voladuras de la obra. Un "moderado" del segundo impacto puede ser mucho más grave que un "moderado" del primer impacto dependiendo siempre de la propia definición de los criterios de cada uno*).

La identificación de impactos es determinante de la consistencia lógica de la agregación simple. Si se detallan selectivamente los impactos de un determinado factor, desagregándolos por puras exigencias técnicas (por ejemplo: *porque la reacción frente a contaminantes sea distinta en especies vegetales distintas, lo que requiere estudiar los efectos por separado*), se tiende inevitablemente a sobrevalorar el deterioro de ese factor, frente a los de los demás.

• **Visión mecánica del medio ambiente**

Además, el valor del deterioro ambiental global que produce un proyecto no equivale a la consideración del total de valores de los deterioros parciales producidos por las distintas acciones de proyecto, sino a su combinación simultánea y sinérgica que puede ser mucho más grave o mucho más inocua. Con una agregación simple de las gravedades de todos los impactos de una misma alternativa, se está simplificando quizás excesivamente los complejos mecanismos ambientales (por ejemplo: *un proyecto de un puerto comercial que implique un impacto de "contaminación grave de la dársena en explotación" y un impacto grave de "riesgo de afección al fondo marino litoral en sus proximidades por desequilibrio de la aportación de sólidos", no tiene porque plantear un impacto de doble gravedad o de gravedad "media", sino que habrá que considerar como un efecto se imbrica con el otro en la viabilidad ambiental de la franja costera*).

De aquí la importancia de considerar las diferencias entre agregación simple y agregación compleja, tanto en términos de álgebra de la evaluación, como de análisis ambiental integral.

Para sortear las potenciales deficiencias de la agregación simple, y evitar los problemas operativos de la agregación compleja se han desarrollado sistemas de comparación que intentan evitar la agregación consiguiendo desarrollar una comparación multicriterio que permita la selección de la mejor alternativa.

7.3. Sistemas de comparación desagregada

Existen sistemas de comparación ambiental entre alternativas de proyecto que ignoran la necesidad de producir un valor agregado del deterioro ambiental que genera el proyecto. El ejemplo más radical en este sentido, es el de la comparación entre matrices de valoración de impactos (acción/factor) (a la manera del método de Leopold). Otro sistema es el inspirado por el método Electre.

7.3.1. Comparación/selección mediante matrices acción/factor

Estos sistemas generan en la identificación una matriz de acciones de proyecto y factores ambientales, cuyas casillas de impactos significativos se rellenan con los valores de gravedad de los impactos que se han establecido de acuerdo con los criterios propios de cada impacto (matriz de valoración de impactos acción/factor). Cada alternativa posee asociada una matriz de valores.

La comparación entonces se establece directamente entre matrices de valor, seleccionándose aquella matriz que posee un conjunto global más benigno de impactos.

Esta comparación es particularmente engorrosa, especialmente si tenemos en cuenta que el proceso de identificación, mediante sistema de matriz, muy completo y exhaustivo, genera un gran número de impactos a ser analizados. La situación entonces es la de tener que justificar la selección de una tabla que puede llegar a contener un gran número de valores. Téngase en cuenta que la matriz del método de Leopold diseñada para una obra hidráulica posee unas dimensiones de 80 filas y 80 columnas y aunque no se rellenan todas las casillas el número de impactos significativos tiende a rondar el millar.

La selección de la alternativa ambientalmente óptima tiende a ser muy ineficaz por lo engorroso de la comparación, incluso en matrices menos exhaustivas que la de Leopold, especialmente cuando las opciones de proyecto son muy similares en ubicación y diseño.

Sin embargo, este sistema presenta la ventaja de proporcionar una información exhaustiva y selectiva de la gravedad de los distintos impactos ambientales. Por otra parte, no consigue generar un valor de síntesis del deterioro ambiental global, más allá que la presentación simultánea de todos las gravedades de los impactos.

7.3.2. Sistemas de comparación/selección (tipo Electre)

Como contrapartida al anterior sistema de comparación desagregada, existen otros sistemas basados en la selección de alternativa mediante la comparación sucesiva entre

alternativas para cada impacto, sin llegar a considerar más de un impacto a la vez que denominaremos sistemas de comparación tipo Electre.

Estos sistemas se basan en ordenar para cada impacto las alternativas según la gravedad que cada una produce en ese impacto. Una vez clasificadas jerárquicamente en cada impacto, se selecciona como ambientalmente mejor aquella alternativa que es la óptima para un mayor número de impactos. Por ejemplo:

	<i>Impacto 1</i>	<i>Impacto 2</i>	<i>Impacto 3</i>	<i>Impacto 4</i>	<i>Impacto 5</i>	<i>Impacto 6</i>
<i>Alt. A</i>	-7	-2	-5	+6	-3	-4
<i>Alt. B</i>	-5	-3	-7	+5	-3	-7
<i>Alt. C</i>	-6	-3	-8	+5	-7	-2
<i>Mejor</i>	<i>B</i>	<i>A</i>	<i>A</i>	<i>A</i>	<i>A/B</i>	<i>C</i>
<i>Media</i>	<i>C</i>	-	<i>B</i>	-	-	<i>A</i>
<i>Peor</i>	<i>A</i>	<i>B/C</i>	<i>C</i>	<i>B/C</i>	<i>C</i>	<i>B</i>

*La alternativa A es la alternativa preferible para casi todos los impactos. siendo la de valor medio en un caso y la peor en un solo caso. **La alternativa A es preferible.***

La alternativa B es la alternativa preferible en sólo dos casos, mientras que es la peor en tres casos.

La alternativa C es la peor en todos los casos, excepto en dos en los que es la mejor y la media.

Aunque el ejemplo presentado utiliza tan sólo seis impactos, el sistema es viable para un mayor número de impactos, aunque el desarrollo de la justificación de la selección se puede complicar grandemente. Sin embargo, determinadas distribuciones de los valores pueden llegar a afectar la solidez de la justificación (por ejemplo: *piénsese en una alternativa que sea especialmente dañina para el medio biótico pero leve para el medio humano y en otra alternativa que sea especialmente dañina para el medio humano pero leve para el medio biótico*). Cuando el sistema se enfrenta a una distribución de valores no concluyentes, se interpreta como que no existe una selección clara posible independientemente del sistema de selección que se utilice. No obstante, estas conclusiones no concluyentes, de producirse, aunque tienen una base lógica, tienden a ser interpretadas como técnicamente ineficaces de igual manera por todas las partes (promotor, oposición y responsables políticos).

El mayor inconveniente de este sistema de priorización de alternativas por impacto radica en sus exigencias respecto al número de impactos considerados que debe preferiblemente ser reducido, nunca con mayor número de impactos en un área ambiental que en otra y con una importancia relativa similar entre todos los impactos. Aunque el número de impactos que se maneje no afecta a la consistencia y validez del método, un gran número de impactos resta claridad a la conclusión, confundiendo al lector que acaba por perder la verdadera referencia ambiental que se esconde detrás de cada valor.

Por otra parte, el mayor riesgo sobre su consistencia es el que plantea un posible sesgo en la identificación de impactos que puede afectar radicalmente a la selección de alternativas. Este problema del sesgo en la identificación no común a todos los métodos de selección, pero es especialmente importante en el caso de los métodos tipo Electre. Por ejemplo, *piénsese que*

se han identificado los siguientes impactos:

- *Impacto sobre la atmósfera*
- *Impacto sobre la geología*
- *Impacto sobre la calidad del agua superficial durante la obra*
- *Impacto sobre la calidad del agua subterránea durante la obra*
- *Impacto sobre la calidad del agua superficial durante la explotación*
- *Impacto sobre la calidad del agua subterránea durante la explotación*
- *Impacto sobre el régimen del agua superficial durante la obra*
- *Impacto sobre el régimen del agua subterránea durante la obra*
- *Impacto sobre el régimen del agua superficial durante la explotación*
- *Impacto sobre el régimen del agua subterránea durante la explotación*
- *Impacto sobre la edafología*
- *Impacto sobre la vegetación*
- *Impacto sobre la fauna*
- *Impacto sobre el paisaje*
- *Impacto sobre la calidad de vida de las personas*
- *Impacto sobre el aprovechamiento de recursos hídricos superficiales*
- *Impacto sobre el aprovechamiento de recursos hídricos subterráneos*
- *Impacto sobre el aprovechamiento de otros recursos naturales*
- *Impacto sobre la economía local*
- *Impacto sobre el patrimonio*

La alternativa más leve respecto a la hidrología tenderá a ser preferida aunque no sea la óptima ambiental.

De la misma manera, la consideración de todos los impactos que deciden la selección como de igual importancia puede sesgar la selección. Existen, no obstante, desarrollos de este método que consideran preferencias entre impactos en cuanto a su participación en la selección (mediante ponderaciones, clasificación de impactos por grupos de importancia o priorización) que corrigen este riesgo.

7.4. Sistemas que ordenan la comparación

Las dificultades que entraña la comparación y la asunción de que algunos impactos lían de ser considerados como más determinantes que otros en la selección de la mejor alternativa, han guiado el desarrollo de sistemas que, basados en el establecimiento de la importancia como un peso relativo, ordenan la comparación.

En el tema anterior, se trataron los distintos sistemas de valoración de la importancia dentro de la valoración de cada impacto, y se mencionó la existencia de un grupo de sistemas de valoración de la importancia que plantean este valor como un **peso relativo**. Recordemos que en los sistemas de calidad intrínseca, la importancia se asigna según los criterios propios de cada factor ambiental, sin considerar la importancia que se está asignando a los demás factores ambientales. Los sistemas según el carácter del impacto, aunque con un criterio común a todos los impactos -fórmula de importancia, el planteamiento es el de analizar las características de cada uno de ellos.

Existe, además, un tercer grupo de sistemas de valoración de la importancia, que parten de una visión ambiental global (agregada), estableciendo de qué componentes

ambientales depende en mayor o menor medida este valor ambiental global de referencia.

Se plantea entonces una hipótesis mecánica, es decir se entiende el conjunto de componentes ambientales como elementos de un complejo mecanismo que posee viabilidad propia y que depende en mayor medida de unas "piezas" que de otras. (Por ejemplo: *en un ecosistema de marisma, casi todos los componentes ambientales -suelo, fauna, vegetación, paisaje, aprovechamientos, etc. dependen directamente de la calidad y del régimen del agua. Se puede concluir, por tanto, que los impactos que reciba el régimen hídrico o la calidad de las aguas son mucho más importantes que los demás pues de ellos depende la vitalidad de la marisma.* Otro ejemplo: *en una zona agrícola especializada, la vitalidad económica y social del sistema depende casi exclusivamente de la gestión de las tierras de labor, de manera que los impactos que afecten a los sistemas de explotación agrícola serán mucho más importantes que los demás.*)

Si bien es verdad que estas relaciones existen y que unos factores ambientales (y por tanto sus impactos) tienen una especial relevancia en el conjunto de relaciones ambientales, la distribución de valores relativos que la sociedad hace de los distintos aspectos ambientales no sólo es inconsistente sino también contradictoria. Existiendo, al menos, dos segmentos del medio ambiente generalmente contrapuestos, básicamente el medio biótico y el medio humano, que tienden en algunos casos a enfrentarse, valorándose alta tanto la conservación de los recursos naturales como, al mismo tiempo, su aprovechamiento.

A partir de estos dos planteamientos, el punto de vista mecanicista y el punto de vista social, podemos agrupar los sistemas de valoración de la importancia como peso relativo, en dos grandes subgrupos:

- La importancia según el papel del impacto en el mecanismo ambiental.
- La importancia según las prioridades sociales

Ambos sistemas tienden a establecer un valor de ponderación para cada factor ambiental (aunque nos podemos encontrar ponderaciones también de impactos) que representa la mayor preferencia relativa de la sociedad por ese factor o su relevancia en el mecanismo ambiental o una composición mixta de ambos criterios.

No hay que olvidar que estos pesos son meramente indicativos de prioridades relativas y que no están diseñados algebraicamente para permitir el "ajuste" de las distintas escalas de gravedades de los impactos (generadas a partir de criterios de valoración distintos). Por lo tanto, generar la suma "ponderada" de sus gravedades, no tiene sentido alguno. El objetivo, por tanto, es el de ordenar la comparación entre alternativas para la selección de la mejor, que dependerá en mayor medida de aquellos impactos cuya importancia (peso relativo), sea mayor.

Entre los diversos sistemas clásicos de asignación de importancias relativas o pesos, destacamos:

- encuestas sociológicas directas o indirectas
- panel de expertos y/o representantes
- método Delphi

• Encuestas/entrevistas

La única forma de conseguir una relación de las importancias relativas que asuma las contradicciones sociales es recurrir a la recogida de opinión de la población ya sea directamente, mediante encuestas o cuestionarios a una muestra representativa, o indirectamente mediante encuestas o cuestionarios a representantes de grupos de interés (ecologistas, ayuntamientos, regantes, cámaras de comercio, asociaciones parroquiales, etc.).

La utilización de encuestas sociológicas es relativamente infrecuente en la realización de EIA, aunque aquellos estudios que se acaban o que se prevé que acaben en procesos de conflicto y oposición al proyecto tienden a recurrir a ellas. Más comúnmente los intereses sociales se interpretan directamente o partir de las respuestas a la fase de consultas, incorporándose a los criterios de valoración de impacto, ya sea explícita o implícitamente.

Cuando se realiza una encuesta para la obtención explícita de valores de la importancia relativa se persigue obtener una puntuación media de los distintos factores ambientales considerados, a partir de las puntuaciones que proporciona cada individuo. Las muestras que se utilizan en las encuestas no se limitan sólo a abarcar a la población perjudicada por el proyecto, sino que suelen incluir también a la población beneficiada, y, adicionalmente, debería incluir también a la población indiferente.

• Panel de expertos

El **panel de expertos y/o representantes** es un sistema de asignación de pesos que parte de la selección de expertos en los distintos impactos y/o representantes de los intereses sociales. Tras una información previa y en presencia de un moderador todos los expertos reunidos deben discutir las ponderaciones que se han de asignar a todos los factores ambientales.

El debate debe mantenerse y conducirse hasta conseguir un consenso sobre la valoración relativa de todos los factores ambientales.

• Método Delphi

Para intentar corregir el sesgo que introducen las diferentes capacidades de comunicación y persuasión de las personas que participan en el debate, se estableció el **método Delphi** que desarrolla la discusión sobre los valores relativos mediante informes escritos entre los expertos seleccionados. El moderador envía la información previa a cada experto así como la lista de factores ambientales. Cada experto asigna, por separado, los valores a su criterio indicando su justificación y devuelve el informe al moderador. Este calcula la media aritmética de las ponderaciones obtenidas y la envía junto las justificaciones de todos los expertos, a cada uno de los expertos. Estos vuelven a asignar los valores una vez que conocen todos los planteamientos que son recibidos por el moderador. Este ciclo se repite tantas veces como sea necesario hasta conseguir que cada experto esté de acuerdo con la valoración obtenida en el ciclo anterior.

En los tres métodos (encuestas, panel y Delphi) la selección de muestra, representantes o expertos es crucial, pues una selección sesgada puede desvirtuar los resultados y ser descalificada por la opinión pública careciendo de validez tanto técnica como social.

Nótese que las opiniones directas de la población tienden a ignorar aspectos ambientales claves que son para ellos desconocidos o infravalorados. (por ejemplo: *piénsese en la importancia que la opinión pública da a las molestias por olor de los vertederos. frente al grave riesgo que representa la infiltración de lixiviados*).

Los métodos de panel y Delphi son más equilibrados en este sentido, pues incorporan tanto la opinión social como el conocimiento del experto. Nótese que los expertos asignan valores de aspectos ambientales que desconocen, incorporando con este procedimiento una cierta representación social.

Una vez obtenidos los pesos relativos, se puede ordenar la comparación mediante la presentación de estos pesos junto a los valores del impacto. Otra manera es la de ordenar la presentación de los impactos mostrando en una tabla los impactos de mayor importancia relativa en la parte superior y los de menor importancia en la parte inferior.

Es importante recordar que en los tres sistemas presentados, los valores obtenidos son aplicables tan sólo al caso para el que se hayan desarrollado, siendo inconsistente que se apliquen a otra región, otros tipos de proyecto u otro momento social y político.

7.5. Sistemas de selección semiagregada

Las dificultades que entraña la comparación desagregada cuando se manejan grandes números de impactos se simplifican en algunos sistemas de comparación que parten de una agregación parcial de las gravedades de impactos.

Un sistema utilizado es el que basa la comparación en una única matriz de factores ambientales y alternativas de proyecto (**matriz factor/alternativa**). Las casillas de esta matriz presentan el valor agregado de todos los impactos que sufre un determinado componente ambiental (factor), de manera que la comparación se establece entre columnas. Cada columna representa el conjunto de alteraciones que produce una alternativa sobre los factores ambientales.

Las columnas de la matriz factores ambientales y alternativas de proyecto son en realidad una síntesis agregada de la matriz de valoración de acciones de proyecto y factores ambientales de cada alternativa, donde las casillas de la primera representan agregadamente a toda una columna de la segunda. Esta agregación de la columna de impactos de un determinado factor adopta generalmente la forma de una agregación compleja en la que participan todas las consideraciones y asunciones de valor que han generado los diversos impactos que recibe el factor.

Esta labor corresponde al especialista que gracias a su cuerpo de conocimiento científico maneja criterios agregados para todo el factor y que es capaz de recomponer agregadamente las gravedades parciales de los impactos. (por ejemplo: *en una autovía, se trata de considerar la gravedad conjunta de las molestias a la fauna durante la obra, de la destrucción permanente y temporal de hábitats, del efecto barrera sobre comunidades de fauna y del riesgo de atropellos durante la explotación*). El proceso de agregación compleja dentro del grupo de impactos de un mismo factor posee toda validez y consistencia lógica (a diferencia de agregaciones transversales que impliquen a factores ambientales de naturaleza distinta) desde el momento que es planteado por el mismo especialista y por su cuerpo de

conocimiento científico.

La comparación semiagregada facilita grandemente la selección de alternativas al reducirse el número de variables en juego. Sin embargo, condensa la información ambiental simplificándola, existiendo el riesgo de que se produzca un "*camuflaje*" de aquellos impactos que sean especialmente relevantes al agregarse en valores más genéricos que diluyan su gravedad específica.

Por estas dos razones es recomendable, cuando se llevan a cabo agregaciones parciales, evitar los sistemas de agregación simple (referidos solo al valor, sin tener en cuenta las consideraciones que lo generan) y plantear la agregación de una manera escalonada y explícita. Es decir, indicando en la fase de valoración las gravedades de los impactos específicos que posteriormente se agregaran por factor ambiental para la comparación semiagregada.

Como se mencionó anteriormente, existen además sistemas de comparación semiagregada basados en una matriz factor/alternativa que incorporan la importancia relativa (pesos relativos) entre los factores mediante una presentación ordenada de las filas. Los factores que se consideran prioritarios (establecidos mediante cualquiera de los sistemas de valoración de la importancia como peso relativo que se vieron en apartados anteriores) se sitúan en la parte superior de la matriz y los de menor importancia relativa se sitúan en la parte inferior de la matriz. De esta manera gráfica, se facilita la comparación y selección siendo más determinantes los valores superiores de la matriz que los que se sitúan en su base.

El objeto de la semiagregación es facilitar la comparación y selección de alternativas, ya sea mediante un sistema de comparación desagregada (simplificando la comparación entre matrices acción/factor de cada alternativas -tipo Leopold, o las priorizaciones por impacto tipo Electre) o mediante un sistema de agregación sintética (tipo Batelle, que se verá más adelante).

En esta última opción, destaca el método propuesto por el Catedrático Hernández Muñoz de la ETSI de Caminos de Madrid, que propone una semiagregación intermedia, previa a la realización de la agregación sintética.

El **método Hernández Muñoz** plantea la realización de una identificación previa de impactos mediante una matriz acción/factor. Una vez valorados los impactos identificados mediante criterios cualitativos de expertos, se representan sus valores mediante espectros de color (aunque el sistema es aplicable a otras escalas de referencia).

En este sistema, la semiagregación consiste en la "concentración" de la matriz inicial, generándose una nueva matriz semiagregada de menores dimensiones (menos acciones de proyecto y menos factores ambientales), al eliminarse aquellas filas y columnas que presentan impactos de menor gravedad (de colores determinados), que se agregan a otras o desaparecen. Aunque el método Hernández Muñoz plantea la semi agregación como un paso intermedio previo a una agregación sintética, es aplicable a otros desarrollos.

Con este sistema de semiagregación de la matriz se consigue:

- a) garantizar la eficacia de la identificación previa de impactos, proporcionado' una justificación elaborada de la identificación con criterios explícitos de valor,

- b) plantear un enfoque adecuado y selectivo del estudio sobre los impactos verdaderamente graves, y
- c) simplificar la labor de la agregación sintética que se realiza a partir de los impactos seleccionados por este procedimiento.

7.6. Sistemas de selección por agregación sintética

Las deficiencias en la consistencia lógica de la agregación de valores de impactos radican en las diferencias existentes entre los criterios de valoración que se utilizan para cada impacto. La solución a este problema radica en poder establecer una unidad de valor común que sirva de referencia para las diversas alteraciones ambientales que produce un proyecto. Es decir se requiere, por ejemplo, una referencia de valor común que sirva para medir tanto las molestias a la fauna durante la obra como el riesgo de destrucción del patrimonio arqueológico.

Los métodos de EIA que utilizan sistemas de agregación completa justifican la suma de valores de impactos por presentarlos referidos a una misma unidad común de valor.

7.6.1. La unidad ambiental común

Entre las unidades de valor común para todo impacto que se han propuesto destacan: el coste energético y el coste económico y la calidad ambiental.

La utilización de las unidades de **coste energético** derivan de la necesidad de contemplar el consumo energético que entraña una determinada actividad. En el área de EIA, el coste energético se aplica a las distintas alteraciones ambientales considerando el consumo de energía que requiere la construcción y funcionamiento del proyecto (impacto sobre los recursos energéticos) e interpretando todas las alteraciones en términos de aprovechamiento o consumo de las diversas fuentes de energía.

Este sistema de valoración y agregación de impactos, muy popular en los años setenta en algunas áreas de la planificación, encuentra numerosas críticas desde la EIA que consideran que se introduce un sesgo en la apreciación de alteraciones y que al interpretarse los impactos en términos energéticos se desvirtúa el objeto verdadero de la evaluación.

En cuanto al **coste económico**, la utilización de referencias económicas en la valoración de las alteraciones ambientales inducidas se plantea mediante la estimación de los costes monetarios que representaría anular esas alteraciones, es decir el precio de la medida correctora completa. Los impactos sobre la salud de las personas se valoran según costes de hospitalización y tratamiento; los impactos sobre la erosión inducida se estiman según el precio de la revegetación y su mantenimiento; los impactos sobre la geomorfología se interpretan según el coste que representaría restituir el relieve a su morfología original, etc.

Este sistema de referencia común, presenta, como en el caso de la valoración energética, múltiples deficiencias relacionadas con la justificación de la estimación de costes de las afecciones. Por ejemplo, las alteraciones que son absolutamente irreversibles como la extinción de una especie, la destrucción de patrimonio artístico, o las afecciones relacionadas con las molestias a las personas para las cuales los costes de compensación no representan verdaderamente el deterioro que producen las molestias.

Además, las referencias sobre valores económicos tienden a ser inconsistentes dependiendo de factores ajenos al propio caso que se evalúe tales como las variaciones de mercados exteriores (precios de los materiales, de la mano de obra, costes de la financiación, etc.), los recursos de la organización que habría de llevar a cabo la hipotética corrección (los costes varían dependiendo de la distribución interna de activos) o el momento y lugar en que se realiza la estimación (los mercados varían con el tiempo y el espacio).

• Métodos referidos a calidad ambiental (tipo Batelle)

Finalmente, el **método de EIA del Instituto Batelle-Columbus** plantea el concepto de **calidad ambiental** como un valor adimensional que mide la "proximidad" de un entorno determinado a su óptimo ambiental (e, inversamente, la distancia a su peor situación ambiental). La situación ambiental óptima posible en un lugar determinado es lo que se conoce como su **paraíso ambiental**.

Este concepto de paraíso ambiental deriva del concepto ecológico de clímax, que es aquella situación en la que un determinado ecosistema alcanza su madurez, es decir su máxima biodiversidad, sólo que el paraíso ambiental incluye también el resto de los aspectos ambientales (sociales, culturales, geológicos, etc.) que se analizan en la EIA.

Operativamente el valor de la calidad ambiental se establece en función de un conjunto de variables experimentales que adoptan la forma de indicadores de estado, y que son medibles, permitiéndonos conocer la proximidad a la que un entorno determinado se encuentra de su máximo de calidad ambiental.

Es decir en función del estado de contaminación de las aguas, de los niveles de ruido, de la biodiversidad de especies, de los equipamientos culturales, etc. se puede determinar lo cerca o lejos que se está de una situación perfecta, con aguas sin contaminar, máxima biodiversidad, ruidos no molestos, nivel cultural óptimo de la población.

La relación matemática existente entre el valor del indicador de estado y su proximidad o lejanía al óptimo ambiental (calidad ambiental) de los distintos factores ambientales es lo que se conoce como **función de valor**.

Por ejemplo: *en el método de Batelle, la función del valor de calidad ambiental del agua según el indicador de oxígeno disuelto (O_2) es una función con distribución normal, que alcanza el valor 0 (mínima calidad ambiental) cuando $O_2=0$ y 1 (máxima calidad ambiental) cuando $O_2 = 8$ p.p.m., descendiendo la calidad ambiental para valores del O_2 superiores a 7. Otro ejemplo: la función del valor de calidad ambiental de las condiciones de vida de las personas según el indicador de molestias de ruido (nivel sonoro equivalente L_{eq}) sería una función inversa de primer grado, que alcanza el valor 0 (mínima calidad ambiental) cuando $L_{eq} = 65$ dB(A) y 1 (máxima calidad ambiental) a partir de valores inferiores a $L_{eq} = 35$ dB(A), variando inversamente la calidad ambiental de las condiciones de vida de las personas para valores del L_{eq} comprendidos entre los citados.*

El estado de calidad de cada factor ambiental se estima mediante un conjunto de indicadores experimentales de estado (de calidad del agua, calidad del ambiente atmosférico, niveles sonoros ambiente, biodiversidad, etc.). Los valores de calidad ambiental que generan todos los indicadores de todos los factores para la situación estudiada se aúnan en un único valor sintético de calidad ambiental mediante una agregación simple. Esta agregación simple

consiste en la suma ponderada de los valores obtenidos en la función para el valor que se obtenga como resultado del valor del indicador.

En el caso del método Batelle, la ponderación de los valores de calidad ambiental según cada indicador se realiza mediante los pesos relativos establecidos por un grupo de expertos con un sistema Delphi.

Se obtiene así el valor de calidad ambiental de la situación previa al proyecto. Mediante los métodos experimentales de estimación de contaminación se obtienen los valores que los indicadores de estado tendrían en la situación futura con cada alternativa. De esta manera, se genera el valor de calidad ambiental de la situación futura con cada una de las alternativas de proyecto.

El valor del impacto de una alternativa es la diferencia entre los valores sintéticos de calidad ambiental con proyecto y los de la calidad ambiental sin proyecto. No obstante, se selecciona la alternativa más próxima al paraíso ambiental (de mayor calidad ambiental).

Para compensar la excesiva condensación de información ambiental en la agregación de un solo valor, lo que puede camuflar la presencia de algunos impactos especialmente graves, el método de Batelle propone numerar (mediante una banderita roja) los impactos de este tipo que puedan surgir, presentando su número (número de banderitas rojas) junto al valor sintético de la calidad ambiental de la situación de cada alternativa.

• **Ventajas e inconvenientes de los métodos tipo Batelle**

La utilización de este sistema de agregación y de comparación-selección automática es muy interesante para proyectos cuyo objeto es la mejora de las condiciones ambientales del entorno (estaciones depuradoras de aguas residuales, vertederos de residuos, reforestación hidrológica, etc.), pues se valoran agregadamente las mejoras atribuibles al proyecto.

Pese a las ventajas de producir un valor sintético de la calidad ambiental y de su mejora o empeoramiento atribuible al proyecto, los métodos tipo Batelle, se enfrentan a numerosas críticas entre las que se apuntan, las siguientes:

- Exige una gran disponibilidad de medios y tiempo que permitan elaborar:
 - a) las funciones de valor para cada situación ambiental, particularmente en la determinación de máximos de calidad ambiental (el óptimo ambiental de oxígeno disuelto de un tramo de río en alta montaña es muy superior a 8 p.p.m. y muy inferior en su desembocadura),
 - b) la estimación de pesos relativos (según debate entre expertos de la zona, nunca extrapolable desde otros expertos), y
 - c) la predicción de valores futuros de todos los indicadores, sin contar con modelos validados para todos los indicadores.
- Pese a su presentación cuantitativa estricta, el método combina valores experimentales y científicos muy precisos con valores sociales aproximados (pesos relativos), reduciendo la consistencia de su aproximación e induciendo a confusión en el lector.
- Compensa en su agregación simple mejoras ambientales con deterioros a la hora de

generar el valor sintético, camuflando, también la subjetividad del método (pesos relativos) en dicho valor.

No obstante, el planteamiento del método incide en una mayor precisión de las alteraciones y por tanto de sus dimensiones (magnitud), en una visión global de referencia referida a situaciones (calidad ambiental) y en una sistematización de los valores ambientales.

7.6.2. Sistemas de selección geográfica

Dentro de los sistemas de agregación merece la pena destacar por su interés práctico, dos tipos de sistemas que, aunque no convencionales, plantean la agregación de impactos sobre una base espacial o geográfica. Estos métodos, aunque cumplen las exigencias comunes a todos los demás métodos de EIA (identificación, valoración, agregación e información), presentan una gran utilidad para asesorar con gran eficacia al planificador de proyectos y al diseñador de proyectos lineales. Se trata de los siguientes dos sistemas geográficos, a saber:

- Métodos de transparencias o tipo McHaggart.
- Perfiles lineales de impacto.

• Métodos de transparencias o tipo McHaggart

El **método de EIA de McHaggart o método de las transparencias** parte de la hipótesis de que el proyecto que se analiza posee una ubicación libre, es decir, cuando se está realizando el estudio de EIA se puede localizar en una amplia zona geográfica. Este método no es convencional en el sentido de que no se ajusta a los procedimientos habituales de EIA, en los que la ubicación del proyecto suele venir restringida, y es más adecuado para fases previas de planificación que para el análisis del proyecto de ingeniería.

El método de las transparencias consiste en una elaboración geográfica del inventario ambiental. Los distintos impactos ambientales que produciría el proyecto que se analizan se agrupan (por agregación compleja) en un número manejable y reducido de impactos agregados. La zona de posible ubicación del proyecto (generalmente una comarca o un municipio extenso) se representa mediante una malla cuadrículada, cuyas casillas tienden a tener una dimensión real de entre 1.000 y 500 metros de lado.

Para cada uno de los impactos agregados, se estima el valor que tendría este impacto en cada una de las casillas de la cuadrícula, coloreándolas con tonos claros cuando la gravedad se estima como baja y más oscuros cuando más elevada es la gravedad del impacto (escala de referencia de la admisibilidad de color). Esta representación se hacía originalmente sobre transparencias, con el objeto de superponerlas y conseguir una valoración de la gravedad del impacto global (por agregación simple) en cada casilla, que es más elevada cuanto más oscura es. Las áreas más claras son las más recomendables para el proyecto.

Los inconvenientes de este método están relacionados con la justificación de la agregación última en el mapa de síntesis. Si bien la semiagregación inicial en un número reducido de impactos suele contar con una justificación ambiental sólida y de amplios criterios, es decir, se trata de una agregación compleja, la agregación última, que se realiza automáticamente por superposición (agregación simple), es cuestionable pues asume una equivalencia entre las gravedades de cada transparencia, sin plantearla, produciendo una gravedad del impacto global que deriva de los distintos criterios de valoración de cada

impacto.

No obstante, hoy día este sistema manual de superposición de mapas transparentes es perfectamente adecuado a hojas de cálculo o sistemas de información geográfica, sin necesidad de tener que recurrir a semi agregaciones excesivas de los impactos (y por tanto con un mayor número de mapas de valor), ni tener que recurrir a tonos de color.

Además, mediante tratamiento informático, no es necesario recurrir a la agregación simple que produce la superposición de transparencias, pues se pueden conservar los valores por separado a disposición del usuario, manteniendo así un completo grado de observación.

Este método geográfico es muy útil en el estudio de ubicación de proyectos socialmente conflictivos como vertederos de residuos sólidos urbanos, estaciones de tratamiento de residuos radiactivos, etc. Además, se adecua muy bien al diseño de infraestructuras lineales de transportes al poder incorporarse al proceso de definición de trazado.

De hecho, recientemente una simplificación de este método se está convirtiendo en práctica común en el estudio de alternativas y diseño de trazado de carreteras. El sistema consiste en definir cartográficamente las áreas o puntos singulares donde se alcanzaría la mayor gravedad de cada uno de los impactos (yacimientos arqueológicos, zonas naturales de interés, zonas residenciales, etc.), considerándolas como zonas proscritas para el trazado o que han de ser evitadas en lo posible.

• Perfil lineal de impactos

Para facilitar el diseño y la EIA de nuevas líneas de ferrocarriles, Losada, Catedrático de Ferrocarriles de la ETSI de Caminos de Madrid propuso, a finales de los ochenta, el instrumento de perfil **lineal de impactos**, desarrollado por los Profesores Arce, Parra y Español, que tiene una clara aplicación a la EIA de proyectos de infraestructuras lineales.

Las infraestructuras lineales de transporte (ferrocarriles, carreteras, conducciones, tendidos eléctricos, etc.) tienden a distribuir espacialmente sus impactos a lo largo de un trazado. Una alternativa de trazado de 20 kilómetros puede ser grave por las afecciones que produce uno o varios de sus tramos (por ejemplo de 900 metros), detalle que puede ser importante tanto para el valor de cada impacto, como para la agregación sintética de todos los impactos. Esta información se pierde en los métodos clásicos que tienden a expresar la gravedad del impacto sobre un aspecto ambiental a todo lo largo del trazado mediante un único valor.

Para corregir esta deficiencia se concibió el perfil lineal de impacto a partir de la valoración de la gravedad de cada impacto en segmentos unitarios del trazado (100 metros) mediante indicadores de alteración (aunque este sistema es aplicable a cualquier sistema de valoración cuantitativa).

El perfil lineal de impacto consiste en la representación longitudinal de la gravedad de los impactos a lo largo del trazado mediante unas gráficas continuas dibujadas sobre la base de referencia del propio perfil longitudinal del trazado (en el que se representan longitudinalmente las excavaciones y rellenos del trazado).

De esta manera del mismo modo que el perfil longitudinal del trazado se utiliza para el cálculo de volúmenes de movimiento de tierras, corrigiéndose luego la disposición del trazado a favor de la compensación, el perfil lineal de impacto permite identificar los tramos más graves desde criterios ambientales, y por tanto, su corrección en el propio diseño.

El método Losada incluía el uso de indicadores de alteración (tipo ad-hoc) que incluían las dimensiones de cada acción de proyecto, referidas a las características constructivas de cada tramo (magnitud), combinados con variables de calidad de cada componente ambiental alterado (importancia según calidad intrínseca del factor), añadiendo pesos relativos (según carácter del impacto). No obstante, este método de representación gráfica es aplicable a otros sistemas de valoración siempre que interpreten las condiciones de cada tramo.

El tratamiento informático permite proporcionar la evolución a lo largo del trazado, de la gravedad agregada de todos los impactos en cada tramo, semiagregadamente (gráficas simultáneas de gravedad de impactos en medio humano, en medio biótico, etc.) o sin agregación (gráfica del valor de cada impacto).

SISTEMAS DE AGREGACIÓN/COMPARACIÓN PARA SELECCIÓN DE ALTERNATIVAS					
TIPO	Descripción	Subtipos	Ejemplos	Ventajas e Inconvenientes	
COMPARACIÓN DESAGREGADA	Sistemas que evitan la agregación (impacto ambiental) planteando una comparación directa entre valores de impactos.	Comparación directa entre las matrices acción/factor de cada alternativa	Método Leopold	Informa mejor y evita agregación artificial de valores contradictorios.	Muy engorroso, la selección en función de matrices es muy difícil de justificar
		Comparación entre impactos uno a uno, priorizando alternativas (se elige la que sea mejor para más impactos)	Método Electre	Justifica la selección razonablemente y evita agregación artificial de valores contradictorios.	Válido para pocos impactos, pero engorroso con muchos. Riesgos de sesgo derivados de la identificación.
ORDENAN COMPARACIÓN	Sistemas que al considerar la importancia como un peso relativo, marcan preferencias en la comparación de determinados impactos de las alternativas.	Pesos por opinión social tomada directa o indirectamente	Encuestas/ Entrevistas	Incorpora contradicciones sociales.	No incorpora conocimiento ambientales. Sesgo según muestra tomada
		Pesos por reunión de expertos	Panel de expertos	Incorpora opinión social y conocimiento.	Sesgo según selección expertos.
SELECCIÓN SEMIAGREGADA	Se plantea una agregación previa antes de la selección.	Pesos por grupo expertos aislados	Método Delphi	Las del anterior + Controla persuasión.	Sesgo según selección expertos.
		Agregar todos los impactos de un factor ambiental en uno.	Matriz factor/alt.	Simplifica la selección (menos impactos).	Camufla información que puede ser importante.
SELECCIÓN AGREGACIÓN SINTÉTICA	Sistemas que selección según el impacto ambiental global de cada alternativa.	Agregar matriz acción/factor de acuerdo a gravedades.	Hernández Muñoz	Centra la selección en lo más grave.	Riesgos de error en el proceso.
		Impactos referidos a una unidad común	Batelle, Energético, Costes	Ofrecen selección automática mediante un sólo valor.	Unidades comunes a todos los impactos cuestionables. Grandes exigencias técnicas.
		Selección geográfica según cada área espacial	McHaggart	Facilita ubicación de proyecto en planificación.	No convencionales (previo a ubicación, incorporación a diseño de trazado)
			Losada (perfil impactos)	Facilita diseño ambiental de trazado de proyecto lineal	No convencional (debe ser tomado en cuenta por diseñadores de trazado).

TEMA 8: CORRECCIÓN Y CONTROL DEL IMPACTO

Medidas preventivas y correctoras, programa de vigilancia ambiental

8.1. Introducción

Este tema trata sobre las **medidas preventivas y correctoras** y el **programa de vigilancia ambiental** del estudio de EIA. Se hacen unas consideraciones generales sobre la mejora ambiental del proyecto y se presentan medidas usuales que se utilizan, agrupadas en grandes conjuntos (contaminación, ruido, recuperación ambiental, fauna, arqueología y gestión de la obra). En la segunda parte, se plantean los objetivos, funciones y responsabilidad del programa de vigilancia ambiental, detallando en último lugar la estructura de sus contenidos.

8.2. Corrección del impacto

El objetivo de este apartado del estudio de EIA es la mejora ambiental del proyecto, pues recoge las medidas que se hayan adoptado para reducir en lo posible la gravedad de los impactos negativos de la alternativa de proyecto que se vaya a llevar a cabo.

Sin embargo, como vimos, el diseño de medidas correctoras no es el único sistema para mejorar las características ambientales de un proyecto. La coordinación entre las consideraciones ambientales y las de diseño de un proyecto puede mejorar con mayor eficacia el diseño, que la adición de medidas correctoras y preventivas de distinta naturaleza.

El capítulo de medidas correctoras, y especialmente aquellas con un carácter constructivo, debe ser plenamente consistente con las demás actuaciones que conforman el proyecto, pues se trata de unos elementos más de la actuación que aparecerán reflejados en la memoria, los planos, el pliego de prescripciones y en las respectivas unidades de obra del presupuesto.

El diseño de las medidas, como el de cualquier otro elemento del proyecto, debe considerar opciones alternativas valorando sus cualidades. Al contemplar las distintas medidas a llevar a cabo es imprescindible considerar su valoración en términos de:

- **Viabilidad:** las medidas que se recomienden pueden ser excesivamente teóricas o de difícil o imposible aplicación práctica. Para ello es necesario entender el contexto en el que se mueve el proyecto, su construcción y su gestión (expropiaciones, disponibilidad de recursos, control de la dirección de obra, estrategias comerciales del contratista o del gestor en la fase de servicio, etc.), que pueden anular la incorporación de ciertas medidas, especialmente si no están bien definidas y detalladas.
- **Eficacia:** las distintas medidas de corrección del impacto se plantean siempre con un cierto grado de eficacia, que rara vez consigue recuperar completamente el impacto (por ejemplo: *las pantallas antirruído no pueden llegar a reducir más de 12dB(A), la revegetación que se diseñe depende en un 80% de cómo se realice y de su mantenimiento, se ha comprobado la eficacia parcial de algunos pasos de fauna, etc.*), de manera que no se debe exagerar la bondad de estas medidas.
- **Costes:** los costes de aplicación de las medidas restrictivas, de construcción y de

mantenimiento de las medidas constructivas deben ser considerados en su diseño, tratando de mejorar su rentabilidad, sin afectar a su eficacia. En cualquier caso, los costes de las medidas adicionales tienden a ser muy reducidos en el contexto del presupuesto del proyecto, recomendándose una inversión en medidas ambientales específicas de un 10 a un 20%. Un error muy extendido en los medios de comunicación es presentar los costes elevados de las medidas ambientales de un proyecto como justificación de su bondad ambiental, aunque de ello no se deduce nada (*además, un enfermo gasta más en medicinas cuanto más enfermo está*). El deterioro ambiental se valora con criterios más sólidos y estables que los que determinan los variables mercados financieros y tecnológicos.

A continuación, se hace una recopilación por grupos de las medidas correctoras y preventivas más usuales, sin ánimo exhaustivo.

8.3. Medidas preventivas y correctoras

8.3.1 Corrección de los impactos de tipo contaminación

Numerosos proyectos que producen emisiones contaminantes (aéreas y líquidas), requieren medidas correctoras que consiguen el tratamiento de estas emisiones reduciendo su concentración y garantizando unos niveles reducidos de contaminación. Estas medidas son típicas de los proyectos de proceso (industriales, tratamiento de residuos, etc.), aunque existen adaptaciones a otros tipos de proyectos (fase de obras, carreteras, puertos, etc.).

El conjunto de medidas correctoras disponibles es muy variado, dependiendo del tipo de contaminante a tratar, del sistema de tratamiento (físico, químico, biológico o combinaciones de estos) que se utilice y de sus rendimientos.

Algunas medidas correctoras de emisiones se diseñan para aprovechar los procesos naturales de autodepuración como es el caso de los **emisarios** marinos y las **chimeneas** industriales, que consisten en conducciones de gran longitud que se diseñan para aprovechar la capacidad de dilución y transporte del medio marino y atmosférico respectivamente.

Otras medidas correctoras de base física son los decantadores, desengrasadores y filtros. Los **decantadores** utilizan la mayor densidad de las partículas en el agua para conseguir separar del efluente las partículas sólidas, diseñándose el proceso para conseguir aislar partículas de distinto tamaños (desarenadores, decantadores). Los **desengrasadores** aprovechan la menor densidad de ciertos contaminantes (grasas y aceites) que se aíslan del efluente líquido por flotación.

Los filtros, utilizados en el tratamiento de los efluentes aéreos y líquidos, consiguen retener también determinados tamaños de partículas. Estas medidas requieren un adecuado mantenimiento (reposición del material de filtro). Destacan en contaminación atmosférica los **filtros de mangas**, que retienen en una manga de tela por la que circula el efluente aéreo las partículas, los **filtros electrostáticos**, a los que se adhieren las partículas por atracción eléctrica. Estos filtros suelen estar dotados de vibradores que provocan la caída de las partículas adheridas a las superficies. Filtros de más eficacia, son los **filtros de carbón activo** que aprovechan las propiedades adherentes de este material, consiguiendo eliminar partículas muy diminutas.

Existen también tratamientos de base química en los que se provoca una reacción química del contaminante mediante la adición de reactivos al efluente, consiguiendo su aislamiento al poder extraerse el producto de la reacción (más denso, más ligero, etc.). También son numerosos los tratamientos químicos o biológicos que se utilizan para favorecer procesos físicos de decantación o flotación.

En el tratamiento de la contaminación química atmosférica destaca los sistemas de torres de lavado que consisten en hacer circular el efluente aéreo a contracorriente de un flujo líquido que contiene reactivos y que absorbe los contaminantes y reacciona con ellos generando productos extraíbles.

Se utilizan tratamientos biológicos que reducen la materia orgánica activa inertizándola (mineralizándola), forzando procesos naturales de digestión y fermentación. Destacan los **aireadores** que estimulan la actividad de las bacterias aerobias mediante inyección de oxígeno o aumento de la absorción de aire por remoción (remoción de parvas de materia orgánica para compost, aireación por caída, etc.) y aquellos que aislando, el residuo de la atmósfera, consiguen, en condiciones sin oxígeno, estimular la acción de las bacterias anaerobias (**células de los vertederos** de residuos sólidos urbanos, **digestores de lodos** en las depuradoras).

El diseño de los tratamientos de corrección de los efluentes contaminantes es muy complejo, combinándose procesos de distinta naturaleza para aumentar la eficacia de los tratamientos de acuerdo a las necesidades del efluente.

Existen también procesos de tratamiento de residuos sólidos convencionales (domésticos urbanos) o no (clínicos, tóxicos, etc.), basados en las propiedades de la combustión (**hornos de incineración**). La incineración requiere la entrada de caudales adecuados de oxígeno y el mantenimiento de elevadas temperaturas obteniéndose como resultado del proceso cenizas (ligeras) y escoria, productos que si la combustión es completa han perdido sus cualidades dañinas (materia orgánica activa, toxicidad, etc.). La incineración requiere una aplicación precisa y continua, pues combustiones mal aireadas o con descensos no previstos en las temperaturas pueden generar productos complejos no deseados.

Finalmente, existen técnicas y procesos cuyo objeto es el aprovechamiento de las materias primas que, con carácter de contaminantes, están presentes en los efluentes de vertido. El aprovechamiento de estas materias residuales se traduce, al mismo tiempo, en un beneficio económico y ambiental del proyecto. Los ejemplos son numerosos en la industria y los servicios urbanos: la recirculación del agua de refrigeración en las centrales térmicas, el aprovechamiento del poder energético del biogás de la fermentación (en algunos vertederos y depuradoras), el aprovechamiento de parte de los efluentes como aditivos, catalizadores o estimulantes del tratamiento, etc.

8.3.2. Corrección del impacto de ruido

Diferenciado de los demás tipos de contaminación por sus propiedades de generación y propagación, la corrección del impacto de ruido, es decir de sus molestias sobre las personas y la fauna, descansa sobre:

- actuación sobre el emisor,
- actuación sobre la propagación,
- actuación sobre el receptor,

La actuación sobre el emisor incluye la **restricción de las actividades** más contaminantes a períodos de tiempo de menor sensibilidad, prohibiendo estas actividades en los períodos o zonas de mayor fragilidad (períodos nocturnos y días de descanso, para las personas; época de reproducción y cría para la fauna; zonas de descanso, educación y hospitales, etc., para las personas; zonas de cortejo y cría para la fauna). Además, existen medidas de actuación directa sobre el emisor como la utilización de **firres drenantes** en carreteras, de **amortiguadores** en procesos industriales mecánicos, y el **aislamiento físico** de la emisión mediante edificaciones cerradas (muy habitual en industria).

Actuaciones sobre la propagación consisten en condicionar el avance de las ondas sonoras con el objeto de aumentar su recorrido hasta el receptor. Esto se consigue en proyectos de carreteras y ferrocarriles mediante un **adecuado diseño de la altura** de la rasante respecto a los receptores (terraplenes y viaductos muy elevados y desmontes muy profundos pueden atenuar la emisión acústica), mediante la instalación de **pantallas antirruído** que alargan el recorrido de las ondas sonoras (que tienen que sortear la pantalla por arriba y lateralmente); o favoreciendo la absorción de la onda en el suelo rugoso mediante el diseño de **montículos de protección**, combinándose así el efecto de atenuación de las pantallas con el de absorción del suelo.

Finalmente, la actuación sobre el receptor incluye el aislamiento de las personas expuestas a la emisión acústica. Las normativas laborales obligan la **utilización de cascos** en determinados ambientes sonoros. En algunos casos en los que la contaminación acústica del tráfico es tan elevada que no se puede reducir a niveles aceptables mediante pantallas (siendo muy costoso deprimir o elevar la rasante o adoptar soluciones túnel) es recomendable el **aislamiento de fachadas** con cargo a los costes del proyecto. Esta solución frecuente en los países europeos, puede ser rechazada en muchas zonas de nuestro país, pues en verano tienden a mantenerse las ventanas abiertas (especialmente en el periodo nocturno que es el más sensible). Finalmente, en algunos países como los Países Bajos, en las situaciones en las que existen soluciones técnicas viables, se conceden **compensaciones económicas** a las personas expuestas al ruido.

8.3.3. Medidas para la recuperación ambiental

Las grandes obras civiles tienden a incluir medidas correctoras de recuperación ambiental con un doble objetivo estético y ambiental. Mediante la revegetación se impide el avance de la erosión, favoreciendo la estabilidad superficial de la roca y consiguiendo una vegetación adicional en elementos del proyecto sin uso específico (taludes). Es lo que se conoce como recuperación ambiental.

Se incluyen así tratamientos de revegetación de las nuevas superficies desnudas introducidas por el proyecto (desmontes, taludes de terraplenes, escombreras, frentes de canteras, sellado de vertederos, etc.), utilizándose también plantaciones como completo del diseño estético o funcional del proyecto (ajardinamientos en industrias y en carreteras: ajardinamiento de isletas de enlaces de carreteras, plantaciones antideslumbrantes en medianas y caminos laterales, etc.).

Los proyectos de minería a cielo abierto están obligados por su legislación propia a realizar un proyecto de recuperación ambiental al abandono.

Los tratamientos de revegetación parten de un adecuado aprovechamiento de la tierra vegetal que se retira al iniciar la obra. Esta tierra vegetal (suelo fértil) debe mantenerse en pequeños acopios con riego regular que permita el mantenimiento de sus condiciones biológicas, físicas y químicas hasta su extensión en las zonas a revegetar.

La morfología de las superficies a revegetar debe ser lo más tendida posible para impedir el arrastre de la tierra vegetal sobre ellas, requiriendo el uso de algún elemento de soporte en pendientes superiores a 3H:2V. Se utilizan mallas de yute o redes de sujeción en cuyos intersticios queda retenida la tierra vegetal. También existen otros soportes más completos como las mantas orgánicas, tapizados artificiales que incluyen en su tejido suelo fértil y semillas y que deben sujetarse con fijadores clavados en la roca.

La tierra vegetal se extiende sobre la zona a revegetar, rastrillándose para obtener una distribución homogénea y aireada, procediéndose generalmente a una siembra de semillas que puede hacerse manual o mediante riegos preparados que incluyen semillas y un mulch adherente.

Las plantaciones requieren la excavación de un hoyo de dimensiones distintas según el tamaño del plantón (arbustos, árboles). La ubicación de los plantones puede ser regular (a tresbolillo) o calculadamente espontánea para obtener una sensación más natural de la revegetación. Algunos plantones requieren la instalación de postes guías para su sujeción vertical.

Las plantaciones y siembras requieren durante los primeros años actuaciones de mantenimiento (riego, reposición de marras, etc.) que son fundamentales para su supervivencia, especialmente en aquellas regiones de España de clima más árido y precipitaciones más concentradas e intensas. La lluvia puede arrastrar los elementos de la revegetación, teniendo que ser sustituidos, mientras que largos periodos secos y excesiva insolación desecan la planta (es lo que se conoce como "*marra*").

La selección de especies para las siembras y plantaciones requiere atenerse a los criterios climáticos de la zona, no siendo siempre recomendable utilizar especies autóctonas pues algunas, muy frágiles, pueden tener problemas a la hora de sobrevivir en el medio adverso del talud. Por eso, en muchas regiones, se recurre a especies colonizadoras, de mayor capacidad de supervivencia y no necesariamente autóctonas. Las especies colonizadoras preparan el terreno revegetado favoreciendo a largo plazo la aparición de especies autóctonas locales más frágiles una vez que se han conseguido condiciones más favorables (sombra, humedad del suelo, etc.).

La detección de especies presentes en la zona (inventario de vegetación) que pueden aparecer en caminos u otros lugares colonizados, es importante pues garantiza la adaptabilidad de estas especies en la revegetación.

Los tratamientos de ajardinamiento pueden recurrir a especies exóticas siempre que no afecten a otras exigencias ambientales de la zona. El aislamiento de las isletas de enlaces permite utilizar especies ajenas a las necesidades de la fauna.

Para facilitar la estabilidad las excavaciones de gran profundidad incluyen bermas (escalones longitudinales) cada siete metros de altura. Estas bermas pueden tener función de caminos de servicio, cuando no es así se puede plantear su revegetación.

Finalmente, en taludes muy verticales, y con criterios estéticos, se plantean tratamientos fisicoquímicos (picado, riegos con ácido, oscurecimiento) para reproducir el proceso de meteorización superficial de la roca, es lo que se conoce como envejecimiento de taludes.

Todas estas actuaciones de la recuperación ambiental deben estar definidas en los planos, en el pliego de prescripciones técnicas y en el presupuesto, siendo especialmente importante la definición de las prescripciones técnicas de recepción de elementos (plantones, guías, agua de riego, etc.), sistemas de implantación y labores del mantenimiento durante el período de garantía, que suele extenderse durante los tres años siguientes a la finalización de las obras.

8.3.4. Corrección del impacto sobre la fauna

La complejidad y diversidad de impactos que los distintos proyectos producen sobre la fauna encuentra un amplio y variado grupo de actuaciones correctoras o de prevención. No hay que olvidar que las medidas contra la contaminación (ya citadas), las medidas para la actividad de obra (que se verán) y en algunos casos las medidas de recuperación ambiental pueden beneficiar a la fauna.

Para prevenir los impactos de accidentes de la fauna, se utilizan dispositivos especiales en muchos proyectos. En los tendidos eléctricos se utilizan **salvapájaros** (nodos de los cables eléctricos que cuelgan del brazo horizontal del poste). En carreteras, se instalan dispositivos de dos tipos: unos que evitan el acceso de animales a la plataforma (cerramientos especiales) y otros que facilitan la salida de animales de la vía (dispositivos de salida). Entre los cerramientos especiales están **el cerramiento de mallado progresivo** (con malla más cerrada en la parte inferior), la **banda metálica de protección** (en la parte inferior que impide a los pequeños animales que escalen sobre ella, resbalando) y el **enterramiento profundo** del mallado (para evitar que excaven el terreno y pasen), todos ellos para pequeños mamíferos.

Para grandes mamíferos, en carreteras existen cerramientos con **remates superiores** que impiden el salto sobre ellos (para cérvidos), así como protecciones especiales de **bases de hormigón** para evitar que algunos animales hocen y rompan el cerramiento agujereándolo (jabalíes).

También se plantean medidas compensatorias cuando el proyecto destruye enclaves específicos de cría, construyéndose nuevas instalaciones para ellos. En el caso de las presas, cuya lámina de agua inunda las zonas de puesta (frezaderos) de las márgenes de un río, se propone construir **nuevos frezaderos** en las márgenes no afectadas del río aguas arriba del embalse. En algunos casos, se realizan **traslados de grandes nidos** que se verían afectados o la construcción de **nuevos nidos** con una eficacia que algunos ponen en duda. En algunos proyectos, se plantea previo a la obra, el **traslado manual de animales** (por ejemplo: camaleones, anfibios), para evitar accidentes durante las obras.

También se diseñan y construyen madrigueras para facilitar el crecimiento de

poblaciones afectadas por la destrucción o aislamiento de hábitats (por ejemplo: *nuevas conejeras*), tanto para una población determinada (en el ejemplo: *conejos*) como para favorecer el mantenimiento de sus depredadores (en el ejemplo: *rapaces*). Con un planteamiento similar de activar comunidades, en los nuevos embalses se pueden realizar una **introducción de especies**, adaptadas a las condiciones lénticas del embalse, para aprovechar su potencial ecológico, siempre que la selección sea estudiada adecuadamente para no afectar aún más al sistema fluvial que se haya conservado.

Un ejemplo muy espectacular es la restauración de ecosistemas alternativos en zonas no afectadas por el proyecto, que se realizó en la construcción del TGV París Lyon (Francia), diseñándose y construyéndose **charcas para anfibios** que fueron trasladados.

Como vimos, uno de los impactos más comunes es el del efecto barrera sobre los desplazamientos de la fauna, para ello se instalan pasos de animales. En las presas se construyen **escalas de peces** (balsas escalonadas) que son eficaces para pequeñas presas (<15 metros). En los proyectos lineales (carreteras y ferrocarriles) se plantean diversos tipos de pasos como:

- **drenajes transversales adecuados**, son drenajes transversales en los que amplían las bocas en forma de embudo revegetándolas, se colocan rampas o escaleras en los areneros y un escalón lateral que sirve de plataforma de paso,
- **pasos inferiores de grandes animales**, similares a los pasos transversales de personas, pero con accesos en forma de embudo, revegetados y con solera de terreno natural,
- **pasos superiores para animales y ganado**, estructuras superiores de paso de gran anchura y soleras de terreno natural que se revegetan con plantaciones que aíslan sus bordes, evitando que el animal se asuste del tráfico bajo él. Existen modelos de paso superior cerrados, en túnel.

Existen muchas más medidas para la fauna que dependen del tipo de impacto y proyecto y que tienen eficacias de distinto grado.

8.3.5. Planes de actuación arqueológica

La naturaleza del impacto sobre los recursos arqueológicos, muy variados extensos y frecuentes en nuestro país, exige el desarrollo de medidas preventivas y correctoras que eviten la aparición de restos arqueológicos durante la obra, garantizando la conservación del hallazgo y la viabilidad de la obra.

Como medidas de prevención del impacto, además de la recogida de información previa oficial (carta arqueológica) o no (barridos bibliográficos sobre la zona y sus hallazgos), se suelen utilizar técnicas de prospección que podemos clasificar por su eficacia creciente en las siguientes:

- **Criterios de arqueología ambiental**. Consiste en elaborar una pauta geográfica de riesgos de hallazgos arqueológicos en función de las características de ocupación de las distintas civilizaciones que se sabe estuvieron presentes en la zona (por ejemplo: *castros celtas sobre las cimas. necrópolis celtas al pie de los montes*) y de las

características y evolución en las últimas épocas de la geomorfología de la zona. La coordinación entre arqueólogos y geólogos es en este sentido fundamental. Estos criterios ayudan a definir las áreas que requieren una prospección más detallada por mayor riesgo.

- **Prospección superficial.** Consiste en una primera aproximación al trabajo de campo, en la cual especialistas recorren la zona afectable por el proyecto (generalmente de 250 a 500 metros alrededor de los límites exteriores de ocupación del proyecto) realizando una comprobación visual de los afloramientos de restos en superficie.
- **Prospección superficial intensiva.** Consiste en la prospección visual de la zona afectable por el proyecto (generalmente a 100 o 200 metros alrededor de los límites exteriores de ocupación del proyecto) siguiendo pautas sistemáticas que garanticen la observación directa de todo el área prospectada. Esta prospección se suele organizar mediante cuadrículas de observación, que barren toda la zona con regularidad. Es mucho más lenta que la anterior, pero, también, mucho más completa, garantizando que se constatan todos los afloramientos de restos en superficie.
- **Excavaciones y sondeos.** En determinadas situaciones, la aplicación de criterios de arqueología ambiental, la prospección superficial y la intensiva pueden detectar la presencia de graves riesgos, típicamente probabilidad de presencia de restos inmuebles (no trasladables) en el subsuelo. Las excavaciones y sondeos se utilizan entonces para el análisis en detalle de la presencia de restos, sin tener que proceder a su excavación y levantamiento. Se extraen testigos de acuerdo a una estructura de tridimensional de análisis (superficial y subterránea) que tiene como límite el nivel estéril, es decir la profundidad a la cual se alcanza un período geológico previo a la presencia del hombre. El objeto es localizar grandes restos (sillares, tabiques, cimentaciones, etc.), garantizando su ausencia o la necesidad de su levantamiento. Se utilizan sondeos circulares (testigos), excavación de cajas regulares (pantallas de excavación de cierto grosor) o excavación trincheras cuadradas dependiendo de las expectativas del riesgo.
- **Técnicas de prospección subterránea por electroconducción.** De aplicación reciente, pero con un rápido desarrollo algunos equipos de arqueólogos y geólogos utilizan técnicas de conductividad eléctrica, mediante la excavación de sondas verticales en los perímetros de la zona de riesgo. En estas sondas se introducen, por parejas, electrodos que se comunican mediante corrientes eléctricas barriendo una completa malla tridimensional. La diferencia entre la conductividad de los restos arqueológicos subterráneos (especialmente de gran tamaño, es decir inmuebles) y el propio material de cobertura del terreno delata con exactitud la presencia y dimensión de restos. Sin embargo, esta técnica es de dudosa eficacia para la detección de bienes muebles (piezas de cerámica, hachas de sílex, etc.) y requiere la presencia de geólogos en su aplicación y conclusiones.
- **Supervisión o control arqueológica de la obra.** Las precauciones tomadas durante la redacción del proyecto de construcción y su estudio de impacto (cuyas técnicas se han relacionado en los párrafos anteriores) se suelen completar con un control arqueológico durante la realización de la obra. Este consiste en la supervisión por un especialista de las tareas de excavación, y de las de talas y clareos y retirada de tierra vegetal, cuando no se han realizado prospecciones superficiales intensivas (una densa

vegetación puede impedir la prospección intensiva). No obstante, es recomendable que las prospecciones se realicen simultáneamente a la elaboración del proyecto, dejando para las tareas de obras tan sólo la supervisión arqueológica. No hay que olvidar, que la Ley de Patrimonio exige este control en cualquier actuación que implique movimiento de tierras.

En un intento de evitar el continuado expolio de restos arqueológicos, la legislación vigente en materia de conservación del patrimonio (nacional y autonómicas) es muy exigente en cuanto a la aprobación de permisos tanto para la consulta de información oficial, como para la prospección y levantamiento de restos arqueológicos, que deben ser autorizados por los servicios de arqueología de las distintas comunidades autónomas. Por tanto, todas las medidas de prevención se ven obligadas a obtener estos permisos, arriesgándose de no hacerlo a incurrir en ilegalidad.

Las tareas que se dejen para la obra (es recomendable la realización de todas las técnicas de prospección en la redacción del proyecto de construcción), deben estar definidas en el pliego de prescripciones técnicas y en el presupuesto (partida alzada) del proyecto de construcción, indicando su relación con el servicio arqueológico de la comunidad autónoma. En el caso de preverse actuaciones específicas (levantamientos, sondeos o cajas de excavación) deben contemplarse también en el documento Planos del Proyecto, como cualquier otra actuación ejecutiva del proyecto. Es importante una correcta coordinación del plan de actuación arqueológica con el propio plan de obra, tanto el definido en el proyecto de construcción (no obligatorio para el contratista), como el definitivo que presente el contratista a la dirección de obra para su aprobación.

8.3.6. Medidas para la actividad de obra

La necesidad de condicionar las actividades de la obra para evitar los impactos de esta fase, muy importante en obra civil, se enfrentan a las dificultades que plantea el respeto a la libre competencia. Los documentos contractuales del proyecto de construcción (es decir, los planos, pliego de prescripciones técnicas particulares y presupuesto) definen el producto cuya construcción se contrata a una determinada empresa. Esta definición no puede favorecer a unos proveedores de material frente a otros, quedando libre la elección del contratista.

Los impactos de la obra, especialmente de las grandes obras civiles (puertos, autovías, presas), dependen en gran medida de los sistemas y procesos constructivos que se utilicen, de la elección de las zonas de extracción de material (préstamos) y de las zonas de acumulación de sobrantes (vertederos, escombreras), así como de toda la organización general de la obra (ubicación de instalaciones auxiliares, calendario de actividades, etc.). Decisiones todas estas que no pueden definirse en los documentos del proyecto, pues se favorecería a unos proveedores frente a otros (canteros, propietarios de terrenos ocupados por instalaciones y vertederos, etc.).

El modo en el que se consigue afectar a las actividades del contratista, es mediante medidas correctoras de impacto de naturaleza **restrictiva**, que sin afectar a la libre competencia pueden salvaguardar las áreas y aspectos ambientales de mayor fragilidad (yacimientos arqueológicos, vertidos a cauces, formaciones vegetales, procesos de cría, etc.).

Existe un variado conjunto de medidas restrictivas para la fase de obras, entre las que apuntamos las siguientes:

- **Clasificación de zonas.** Consiste en clasificar toda la zona afectable por la obra, en zonas proscritas, que la actividad e instalaciones de obra no pueden utilizar en ningún caso (cauces y riberas, formaciones vegetales, -patrimonio, etc.), zonas frágiles (se pueden utilizar en la obra una vez realizadas una serie de medidas preventivas, como prospección arqueológica, reconocimientos botánicos o de fauna, etc.) y zonas libres (de libre utilización por no entrañar riesgos significativos. Esta definición debe explicitarse en el pliego, indicando claramente el nombre del plano del anejo de la memoria en el que aparecen delimitadas. Esta definición por su naturaleza restrictiva no puede figurar en los planos contractuales que solo deben recoger elementos a construir.
- **Priorización de zonas de préstamos y vertederos.** Similar al anterior del que es un desarrollo detallado, en cuanto clasifica por su fragilidad y su grado de restricción, las zonas de préstamos y vertederos que se hayan identificado en el análisis de geología y de materiales del proyecto como indicación (nunca obligada) a la empresa contratista. Se prohíben así determinadas zonas de extracción y ubicación de materiales, coordinándose así con la clasificación anterior. Esta priorización de zonas debe incluirse en el pliego.
- **Jalonamiento de la obra.** Consiste en bordear mediante jalones enlazados con un cordón (o directamente un cerramiento -vallado, temporal) las áreas más frágiles que se pretenden conservar aislándolas de la actividad de obra (yacimientos arqueológicos, hábitats de interés, formaciones vegetales, pies arbóreos aislados, etc.). Esta indicación sobre el terreno permite establecer los límites la actividad de obra restringiendo así el movimiento de la maquinaria, los acopios de material y al personal de obra. Por tratarse de una actividad constructiva, la instalación del jalonamiento de la obra debe prescribirse en el pliego, definirse en los planos (planta y detalle) y presupuestarse (presupuesto) su instalación previa a la obra y su levantamiento una vez finalizada. La delimitación de la zona ocupable por la actividad o instalaciones de obras es especialmente importante en el caso de los viaductos sobre cursos de agua (recuérdese el interés ecológico del ecosistema fluvial y especialmente de sus riberas), en los que se suele exigir que la actividad de obra (que requiere complejos procesos de fabricación e instalación) no afecte más allá de la propia banda de terreno bajo la plataforma.
- **Calendario de la obra.** Consiste en prohibir determinadas actividades (típicamente la excavación con voladuras) en ciertas épocas del año de especial sensibilidad (reproducción y cría de la fauna). El calendario de la obra debe definirse en el pliego.
- **Obligada restauración de zonas afectadas.** Consiste en establecer la recuperación ambiental mediante prescripciones técnicas de todas aquellas zonas que se hayan podido ver afectadas por la ocupación temporal de las instalaciones auxiliares, extracción de préstamos y vertederos. Estas prescripciones además de exigir un tratamiento de revegetación (descompactación de suelo, aporte de tierra vegetal, siembra e incluso plantaciones), deben definir la morfología definitiva de las zonas de extracción de préstamos y del apilado de vertederos. Deben figurar en el pliego, contemplándose partidas alzadas por el coste de las labores de restauración. Algunos proyectos, en los que se prevén grandes volúmenes de escombreras llegan a definir en detalle la ubicación, morfología e incluso drenajes de grandes vertederos, como si de

un elemento más del proyecto se tratara.

- **Gestión de contaminantes de la obra.** Consiste en un variado conjunto de prescripciones cuyo objetivo es evitar la contaminación de las aguas y que incluyen A) la prohibición de derrames (y su recogida y limpieza de producirse); B) la consideración de las grasas y aceites de la maquinaria como residuos tóxicos y peligrosos (RTP) de acuerdo a la legislación vigente (retirada y tratamiento por un gestor oficial de RTP); e incluso C) la obligación de instalar cunetas perimetrales de recogida de vertidos y balsas de recogida en las instalaciones más contaminantes por su naturaleza (plantas de hormigonado, asfaltado, machaqueo, zonas de acopio de materiales, etc.) o ubicación (proximidades de cursos, zonas de recarga de acuíferos o aguas arriba de estas). Deben figurar en el pliego, considerando su coste como partida alzada en el caso C).

8.4. Programa de vigilancia ambiental

8.4.1. Objetivo, función y responsabilidades

Como se vio en temas anteriores la función del **programa de vigilancia ambiental** es establecer el sistema de control que llevará a cabo el seguimiento de la evolución de las alteraciones ambientales inducidas por el proyecto; es decir de los impactos, incluyendo, en consecuencia, la eficacia de las medidas preventivas, y correctoras que se ejecutaron para reducirlos.

Los objetivos y la utilidad del programa de vigilancia ambiental son muy ambiciosos, pues el programa consiste básicamente en plantear la comprobación experimental de todas las predicciones realizadas por el estudio de EIA.

Como se vio, no todas las alteraciones ambientales que puede producir un proyecto cuentan con sistemas experimentales de predicción (lo que se conoce como modelos de predicción) que sean aplicables a cada caso. Además, se dan muchos impactos cuya verdadera naturaleza se desconoce, basándose su estudio en las aproximaciones que proporciona el análisis de situaciones analógicas. Por ello, las ventajas de un buen diseño del programa de vigilancia ambiental y de una ejecución sistemática de sus seguimientos permitirían incorporar al conocimiento científico y técnico sus hallazgos, perfeccionándose así la predicción de impactos con las conclusiones que aportaran estos seguimientos.

Por otra parte, la correcta realización del programa de vigilancia ambiental permite evitar situaciones no previstas, pues, como veremos el programa debe incluir el establecimiento de umbrales experimentales de alerta que permitan corregir el impacto antes de que este alcance intensidades no deseadas.

Las responsabilidades del programa de vigilancia ambiental están definidas por la propia legislación de evaluación de impacto. El promotor, a través de su equipo técnico, es el responsable de la redacción del estudio de EIA y, por tanto, de su penúltimo capítulo, el programa de vigilancia ambiental.

El órgano ambiental mediante el establecimiento del condicionado ambiental contenido en la Declaración de Impacto, puede exigir que se complete, reforme o desarrolle el programa de vigilancia ambiental de dicho estudio de impacto. Este condicionado es

vinculante por la propia naturaleza de la Declaración.

La responsabilidad sobre la realización de dicho condicionado ambiental corresponde al órgano sustantivo, incluyendo la realización del programa de vigilancia ambiental, de sus controles y seguimiento, a cuyas conclusiones debe someterse el promotor.

Finalmente, el órgano ambiental tiene derecho a exigir se le informe sobre el estado de cumplimiento del condicionado ambiental, incluyendo la realización y conclusiones del programa de vigilancia ambiental.

El proceso de evaluación de impacto ambiental, tal y como está establecido, no contempla la figura de la empresa contratista a la que el promotor, responsable del cumplimiento de la Declaración de Impacto, encarga la construcción del proyecto. Esta situación contractual (el contrato de obras) puede generar confusión en cuanto a las responsabilidades ambientales de promotor y contratista durante la fase de obras (recordemos que el programa de vigilancia ambiental cubre los impactos durante la obra y durante el servicio del proyecto).

De la misma manera, se pueden plantear confusiones entre el pliego de prescripciones técnicas del proyecto de construcción, que es el documento contractual que obliga a la empresa contratista a cumplir unas determinadas exigencias técnicas planteadas por el promotor, y el programa de vigilancia ambiental cuya función es el cumplimiento de unas determinadas exigencias técnicas planteadas por el proceso de EIA y de obligado cumplimiento por el promotor. De aquí la importancia, como veremos, de delimitar adecuadamente el alcance y funciones del pliego de prescripciones técnicas y el del programa de vigilancia ambiental para la fase de obras.

En resumen, el objetivo del programa de vigilancia ambiental es garantizar la viabilidad ambiental del proyecto mediante la realización de controles que permitan comprobar experimentalmente que las previsiones realizadas por el estudio de impacto ambiental se cumplen. Para ello, el programa debe incluir dos sistemas básicos de control, a saber:

- a) una serie de **prescripciones técnicas** a las medidas correctoras y los distintos elementos del proyecto, tal y como los concibe el estudio de impacto ambiental, la Declaración de Impacto Ambiental (que se incorpora como documento vinculante al proyecto de construcción) y su desarrollo en el Anejo de la Memoria del Proyecto de Construcción definitivo (es decir una vez incorporadas las exigencias de la Declaración de Impacto);
- b) una serie de **seguimientos o controles** que permitan evaluar experimentalmente la gravedad de los impactos y la eficacia de las medidas correctoras adoptadas, así como aplicar medidas de urgencia en caso de superarse los niveles previstos. Es decir, el seguimiento no de los elementos del proyecto, sino de los aspectos ambientales afectados (contaminación del agua, niveles sonoros, evolución de la fauna, etc.).

El primer apartado se satisface con el control que la dirección de obra realiza sobre el cumplimiento de las exigencias del pliego de prescripciones técnicas particulares y los planos durante la propia obra y periodo de garantía.

Generalmente, las grandes obras cuentan con equipos independientes que se encargan de llevar a cabo el control de calidad de obra, basado en la definición de los distintos elementos en los documentos contractuales del proyecto (planos, pliego y presupuesto). La incorporación a este control de calidad de obra de las exigencias técnicas establecidas a las medidas correctoras constructivas no requiere más esfuerzo que el de un diseño adecuado del proyecto. El cumplimiento de las exigencias de resistencia o elasticidad de un elemento portante de un proyecto, no se diferencia del cumplimiento de las exigencias acústicas de una pantalla antirruido, de las exigencias de conservación de la tierra vegetal o de las exigencias de una correcta implantación de los plántones.

En este sentido, el contenido del pliego de prescripciones y el control de calidad de obra, formalizado o no (es decir mediante planes de aseguramiento de la calidad de obra o mediante los controles que lleve a cabo la propia dirección de obra), suple al programa de vigilancia en su control de la adecuada ejecución de las medidas correctoras de carácter ejecutivo, incluyendo las medidas preventivas de carácter restrictivo.

En cuanto al segundo apartado, el control de las variaciones ambientales, es función exclusiva del programa de vigilancia ambiental, que debe incluir controles experimentales tanto para la fase de obras como para la de explotación para cada uno de los distintos aspectos ambientales considerados como susceptibles de evaluación de impacto.

Es importante, que estas diferencias funcionales estén claramente delimitadas en los distintos documentos que componen el proyecto de construcción, para evitar así, los riesgos de incumplimiento del condicionado ambiental que emanarían de la confusión y pueden afectar a la viabilidad del propio proyecto.

8.4.2. Estructura y contenidos del programa

La estructura del programa de vigilancia ambiental es conclusión del propio proceso de evaluación de los impactos del proyecto. Los impactos más graves incluyendo aquellos con cierto grado de incertidumbre y los impactos a los que se aplicarán medidas correctoras deben ser objeto de los seguimientos o controles del programa.

Por esto es importante que el programa de vigilancia se redacte como un apartado de conclusión del propio estudio de EIA, pues el conocimiento del medio (inventario) y del proyecto (análisis de proyecto), de la gravedad de los impactos y el diseño de las medidas correctoras permite establecer casi automáticamente los controles que se requieren.

El seguimiento de las alteraciones ambientales que produce el proyecto, debe incluir además, un control sobre la eficacia de las medidas correctoras, especialmente de aquellas que puedan tener un carácter novedoso y entrañen cierto grado de incertidumbre.

El programa de vigilancia debe incluir seguimientos para los impactos de la fase de obra, seguimientos para los impactos de la fase de servicio y, si fuera necesario, seguimientos para los impactos de la fase de abandono. Una vez establecidos los seguimientos a realizar, cada uno de estos seguimientos debe estar diseñado para comprobar experimentalmente la evolución de los impactos y evitar que se alcancen situaciones no deseadas. Para ello para cada seguimiento debe definirse:

- Indicador experimental de comprobación,
- Umbral de alerta,
- Umbral inadmisible,
- Calendario de campañas de comprobación,
- Descripción de la-campaña,
- Puntos de comprobación,
- Exigencias técnicas de la comprobación, y Medidas de urgencia.

Indicador experimental de comprobación. Consiste en una variable experimental (por ejemplo: L_{eq} , DBO_5 , etc.) o una comprobación visual de experto (por ejemplo: *presencia de marras en la revegetación, presencia de derrames y vertidos en la obra. etc.*) que permita conocer la evolución y gravedad del impacto. Adicionalmente, se pueden incluir indicadores de referencia que sirvan para proporcionar información complementaria sobre la alteración ambiental.

Umbral de alerta. Para el indicador elegido es necesario establecer un valor (o situación para la comprobación de experto) que indique una evolución negativa o excesivamente grave del impacto que sin llegar a ser la inadmisible, permita actuar aplicando una actuación adicional de urgencia (Medidas de Urgencia). (por ejemplo: $L_{eqNOCTURNO} = 52$ dB(A); *presencia de marras en un 10% o más de la superficie revegetada, etc.*)

Umbral inadmisible. Consiste en el valor del indicador (o la situación para la comprobación de experto) que constituye el nivel de gravedad inaceptable para ese impacto. La función del programa de vigilancia ambiental es evitar que se alcance ese nivel. (por ejemplo: $L_{eqNOCTURNO} = 55$ dB(A); *presencia de marras en un 20% o más de la superficie revegetada, etc.*)

Calendario de campañas de comprobación. El seguimiento debe programarse adecuadamente en una serie de campañas de medición (o comprobación) que permitan conocer la evolución de los impactos.

La frecuencia y distribución de las campañas debe contemplar las épocas de mayor riesgo considerando las variaciones periódicas del medio ambiente (estacionales, semanales, etc.) y las posibles variaciones del proyecto. Generalmente se recomienda una mayor frecuencia en el periodo de incorporación del proyecto (normalmente dos años desde la puesta en servicio del proyecto) y una frecuencia más dilatada en el período de compatibilización del proyecto (dos a tres años). (Por ejemplo: *para contaminación del agua. las campañas habrán de cubrir las variaciones de caudal y particularmente los periodos de estiaje. Para contaminación atmosférica los periodos de calmas.*)

En muchos seguimientos, es necesario incluir también una campaña previa (*campaña 0*), antes del inicio de la obra, que sirva como umbral de referencia para determinar el efecto del proyecto a partir de la situación pre-operacional. Esta "campaña 0" debe diseñarse en consistencia con las campañas regulares a realizar durante la fase de obras y/o durante la fase de servicio, para permitir la comparación.

Descripción de la campaña. La realización de la medición del indicador o de la comprobación debe estar definida adecuadamente para garantizar la consistencia del seguimiento. Las conclusiones del seguimiento serian irrelevantes si por ejemplo se utilizaran

sistemas de medición distintos en cada campaña, alterando los resultados. Por ello es recomendable recurrir a protocolos establecidos de medición experimental.

Puntos de comprobación. También es necesario establecer los puntos o áreas de comprobación que no han de variar en cada campaña para poder garantizar un eficaz control de las alteraciones ambientales. La selección de los puntos de comprobación debe estar guiada por los propios objetivos del seguimiento, seleccionado aquellas áreas especialmente frágiles y aquellos puntos en los que se pueda comprobar la eficacia de las medidas correctoras (Por ejemplo: *en pozos aguas abajo del vertido del proyecto*. Otro ejemplo: *delante y detrás de las pantallas antirruído, así como en las edificaciones que se pretenden proteger*)

Exigencias técnicas de la comprobación. Como en toda comprobación experimental es necesario definir las exigencias técnicas tanto de personal (por ejemplo: *arqueólogo con experiencia en trabajo de campo*) como de equipo (por ejemplo: *laboratorios homologados de análisis de aguas*).

Medidas de urgencia. Cada seguimiento debe incluir las actuaciones a realizar en el caso de que se alcanzaran los umbrales de alerta, medidas que en situaciones excepcionales de riesgo pueden incluir la paralización del proyecto, la implantación de medidas correctoras (nuevas o ampliadas las existentes) y la ejecución de medidas de restauración. La organización de los seguimientos y campañas debe concebirse como un plan de actuación único, aprovechando los beneficios de la simultaneidad o sucesión de campañas complementarias de seguimientos distintos.

Es recomendable estructurar un informe de cada seguimiento que recoja: las comprobaciones realizadas en cada campaña; datos de adicionales de referencia sobre otras variables ambientales (climáticas, hídricas, etc.); incidencias de repercusión ambiental (incendios, inundaciones, periodos de sequía, epidemias, etc.); así como conclusiones de las comprobaciones realizadas sobre la evolución de los impactos y la eficacia de las medidas.

Estos informes han de ser consistentes, manteniendo siempre la misma estructura de contenidos y recogiendo en una edición de todos los seguimientos que estará a disposición del órgano ambiental.

Finalmente, es necesario proporcionar una estimación de los costes de los seguimientos, por campañas de comprobación y períodos de tiempo (anuales). La definición del programa de vigilancia ambiental que permita su conversión en pliego de condiciones para su contratación.