



El impacto ambiental en la agricultura: metodologías y procedimientos

Eduardo Forcada Delgado

II Premio Unicaja de Investigación sobre desarrollo económico y estudios agrarios

Índice General

	Págs.
I. INTRODUCCIÓN, ANTECEDENTES Y OBJETIVOS.	15
I.1. Introducción	17
I.2. Antecedentes	21
I.3. Objetivos	26
II. LEGISLACIÓN MEDIOAMBIENTAL.	29
II.1. Introducción	31
II.1.1. <i>Antecedentes históricos.</i>	32
II.2. Legislación europea en materia de EIA.	37
II.3. Legislación específica estatal de evaluación de impacto ambiental.	41
II.3.1. <i>Decreto sobre EIA.</i>	41
II.3.2. <i>Reglamento sobre EIA.</i>	42
II.4. Legislación en Andalucía.	44
A. <i>Decreto 292/95, de 12 de diciembre.</i>	46
B. <i>Decreto 153/96, de 30 de abril</i>	52
C. <i>Decreto de 297/95, de 29 de diciembre</i>	55
III. LA EIA: FASES Y OBJETIVOS.	59
III.1. Consideraciones generales sobre la EIA.	61
III.2. El Estudio de Impacto Ambiental	66
III.3. Identificación de acciones causantes de impactos. ...	68
III.4. Identificación de factores.	69
III.5. Caracterización de impactos. Técnicas	70
III.6. Medidas protectoras y correctoras	73
III.7. Programa de vigilancia ambiental, (PVA).	74
IV. METODOLOGÍAS PARA EL EsIA	77
IV.1. Introducción	79
IV.2. Matrices Causa-Efecto. Método de Leopold	89
IV.3. Métodos gráficos. Superposición de transparencias	98
IV.4. Listas de Chequeo o de Contraste.	107
IV.5. Diagrama de Redes de Interacción	119

IV.6. Método de Battelle-Columbus	126
IV.7. Metodología propuesta por Vicente Conesa.	140
A. Estudio de la actividad y su entorno.	141
B. Valoración cualitativa del impacto ambiental ...	152
C. Valoración cuantitativa del impacto ambiental .	167
D. Sistema de alerta.	179
E. Programa de vigilancia ambiental, (PVA)	179
F. Informe final	179
Ventajas e inconvenientes	180
IV.8. Metodología propuesta por Domingo Gómez Orea	181
A. Diagrama de flujos	182
B. Identificación de impactos.	185
C. El medio o entorno afectados.	186
D. Caracterización de los efectos.	186
E. Valoración de impactos	187
F. Prevención del impacto ambiental: medidas pro tectoras, correctoras y compensatorias	193
G. Programa de vigilancia ambiental, (PVA)	195
H. Comunicación de los impactos: documento de síntesis	195
Resumen práctico de la metodología propuesta por Gómez Orea.	196
Ventajas e inconvenientes	200
V. EL MODELO IDEAL DE VALORACIÓN DEL I.A.	203
V.1. Introducción	205
V.1.1. La metodología científica en valoración y selección ambiental	205
V.1.2. El modelo ideal de valoración	209
V.2. Concepto de modelo óptimo	210
V.3. El modelo numérico ideal	212
V.4. Requisitos intrínsecos de los modelos numéricos	216
V.4.1. Adecuación matemática.	216
V.4.2. Adecuación de la información	224
V.4.3. Incompatibilidad de las adecuaciones matemá tica y de información.	226
V.4.4. Adecuación conceptual	226

V.5. Formulación general del índice global de impacto ambiental	228
V.6. Matrices Causa-Efecto. Método de Leopold.	230
V.7. Métodos gráficos. Superposición de transparencias .	234
V.8. Listas de Chequeo o de Contraste	238
V.9. Diagramas de Redes de Interacción	241
V.10. Método de Battelle-Columbus	244
V.11. Metodología propuesta por Vicente Conesa	248
V.12. Metodología propuesta por Domingo Gómez Orea .	253
V.13. Comparación entre las metodologías propuestas por V.Conesa y G.Orea	257
V.14. Cuadro sinóptico de las utilidades prácticas de las .. Metodologías propuestas para los EsIA	260

VI. APÉNDICES.

VI.1. Paneles de expertos.	263
VI.2. Método Delphi	263
VI.3. Técnicas para llegar a una asignación de pesos. Ponde ración de los factores ambientales	268
<i>VI.3.1. Colocación de una escala ordinal</i>	269
<i>VI.3.2. Método escalar.</i>	271
<i>VI.3.3. Ordenación por rangos</i>	272
<i>VI.3.4. Ordenación por pares.</i>	273
<i>VI.3.5. Ordenación más comparación por pares. ..</i>	275
<i>VI.3.6. Doble ordenación</i>	276
VI.4. Relación de acciones susceptibles de causar impactos.	278
VI.5. Relación de factores ambientales susceptibles de ser .. impactados	287
VI.6. Indicadores de impacto	303
VI.7. Matriz de Leopold.....	304
VI.8. Listas de control simples	308
VI.9. Listas de control modificadas	310
VI.10. Listas de control de cuestionario	313
VI.11. Listas de control de proyectos de embalsamiento..	316

VIII. BIBLIOGRAFÍA	319
--------------------------	-----



El objetivo fundamental de la convocatoria del **Premio UNICAJA de Investigación sobre Desarrollo Económico y Estudios Agrarios** es promover e incentivar la realización, y su posterior difusión, de investigaciones sobre la realidad económica que nos rodea. Con su implantación, UNICAJA amplía su apuesta por la investigación y realización de estudios de contenido económico, con la certeza que serán de gran utilidad no sólo para los profesionales y especialistas, sino para todo el conjunto de la sociedad.

El referido Premio, articulado en su fase inicial en torno a *Analistas Económicos de Andalucía*, sociedad del grupo UNICAJA, alcanza ya la tercera edición, incorporándose, dentro de la vertiente económica, al abanico de convocatorias instituidas por Unicaja desde su Obra Socio Cultural.

Las anteriores ediciones de este Premio tuvieron una muy favorable acogida en los ámbitos investigadores, contando con una nutrida y cualificada relación de participantes. Así, en las convocatorias celebradas han concurrido un amplio número de equipos de investigadores pertenecientes a las distintas universidades de Andalucía y a otras del resto de España, que han participado con un importante bagaje de trabajos sobre diversos aspectos del sector agrario.

En la segunda convocatoria, a la que corresponden los trabajos ahora editados, resultó premiado el trabajo **"El impacto ambiental en la agricultura: Metodología y Procedimientos"**, elaborado por D. Eduardo Forcada Delgado, Ingeniero Agrónomo de Córdoba. En esta investigación el Jurado valoró la labor de documentación y análisis de las técnicas de análisis del impacto ambiental en el sector agrario, que hacen de la misma un documento relevante para aplicar las metodologías más adecuadas en cada caso.

También fue premiado el trabajo **“La comercialización de los aceites de oliva en Andalucía. Situación de las cooperativas”**, elaborado por un equipo de investigadores de la Universidad de Jaén cuyo investigador principal es D. Francisco José Torres Ruiz. En este trabajo el Jurado valoró la importante aportación realizada al conocimiento de un sector que resulta tan importante para la economía regional como el olivarero.

Así mismo, fue concedido un accésit al trabajo **“La cuestión ambiental en la agricultura: actores sociales y política agroambiental en España”**, realizado por D. Fernando Garrido Fernández, Ingeniero Agrónomo, en el seno del Instituto de Estudios Sociales Avanzados (IESA-CSIC) de Córdoba. Esta investigación analiza diversos aspectos del proceso de toma de decisiones de los agricultores europeos respecto de la nueva política agroambiental europea.

Todos los trabajos premiados son editados por Unicaja, con la finalidad de estimular las investigaciones y divulgar sus resultados entre los profesionales del sector, con el objetivo último de mejorar la economía regional.

El patrocinio continuado de estos trabajos por parte de UNICAJA refleja de forma clara la importancia que nuestra entidad confiere al sector agrario andaluz, y el deseo de profundizar en el conocimiento y el estudio de uno de los pilares básicos del desarrollo futuro de la región. Finalmente, sólo resta desear que la presente edición de los trabajos premiados tenga tan favorable acogida como los anteriores, y constituya un documento útil para todo el sector agrario regional.

Braulio Medel Cámara
Presidente de UNICAJA

Capítulo I

INTRODUCCIÓN, ANTECEDENTES Y OBJETIVOS

I.1. Introducción

“Los problemas ambientales son tan antiguos como el hombre, lo que es nuevo es su dimensión, su escala”, (M^a Teresa Estevan Bolea, 1984).

Desde muy antiguo la propia Naturaleza se ha encargado de absorber los impactos ambientales producidos por el hombre, dado que la magnitud de éstos no era lo suficientemente significativa como para crear desequilibrios que necesitaran de medidas adicionales que no pudieran paliarse por medios naturales.

Con el paso de los años y el consiguiente crecimiento de la Humanidad, acompañados del inevitable progreso y desarrollo social, la Naturaleza ha ido perdiendo esa “*capacidad amortiguadora*” que durante tanto tiempo ha sido motivo de armonía y estabilidad en el medioambiente.

El elevado crecimiento demográfico, el desarrollo y la difusión de la tecnología industrial, los avances de la medicina y de la sanidad y sus efectos sobre la demografía, la mejora de las comunicaciones (que ha facilitado enormemente el fenómeno de las migraciones), la creciente urbanización y la gran difusión de ideas que ha sido posible por el desarrollo de los medios de comunicación social son algunas de las causas más destacadas que han contribuido a ocasionar la actual dimensión de la problemática ambiental, más acuciante aún en los países económicamente más desarrollados, en los que existe una gran preocupación por controlar el continuo deterioro del medioambiente provocado por el acelerado proceso de industrialización y la gestión inadecuada de sus Recursos Naturales.

Todas estas circunstancias han llevado al hombre a tomar una serie de medidas que intenten poner un freno a esta tendencia y le conduzcan hacia una sociedad equilibrada e integrada en el medioambiente, con el fin primordial de conseguir un desarrollo

sostenible que preserve el entorno en el que vive, bien máspreciado de los que posee.

Con tal finalidad, el hombre ha diseñado un instrumento de enorme utilidad y necesidad en la actualidad: la Evaluación de Impacto Ambiental.

Esta herramienta de gran provecho (siempre y cuando sea correctamente empleada) se puede definir, citando palabras de Vicente Conesa (1995), como *“un instrumento al servicio de la gestión medioambiental de la empresa, de carácter preventivo y función gestora, consistente en un procedimiento jurídico-administrativo que tiene por objeto la identificación, predicción e interpretación de los impactos ambientales que un proyecto o actividad produciría en caso de ser ejecutado, así como la prevención, corrección y valoración de los mismos, todo ello con el fin de ser aceptado, modificado o rechazado por parte de las distintas Administraciones Públicas”*.

Por tanto, el objetivo de las Evaluaciones de Impacto Ambiental (EIA), es el de llevar a cabo una identificación y valoración lo más objetiva e imparcial posible, de los impactos producidos por la realización de una obra, proyecto o actividad y establecer las medidas de control y correctoras pertinentes para evitarlos (prácticamente imposible) o reducirlos hasta niveles tolerables para el Medio Ambiente. Para ello se dispone de múltiples y diversas metodologías que se abordarán en el presente trabajo y que adecuadamente utilizadas pretenden la consecución de tales objetivos.

Tradicionalmente tanto las Evaluaciones de Impacto Ambiental como su principal herramienta, los Estudios de Impacto Ambiental, no han tenido la suficiente trascendencia social ni administrativa, que les hubiera permitido llevar a cabo el papel para el que han sido diseñadas: identificar, predecir e interpretar los impactos ambientales que un proyecto o actividad pueda causar en el entorno donde se desarrolla.

En las últimas dos décadas se han desarrollado numerosos métodos de Evaluación de Impacto Ambiental. Estos métodos pueden servir para identificar los impactos previstos, para determinar los factores ambientales que deben incluirse en una descripción del medio afectado, para proporcionar información de la predicción y evaluación de los impactos específicos así como para permitir una evaluación sistemática de las alternativas y una selección de la actuación propuesta, resumiendo y comunicando los resultados del estudio de impacto.

El uso inadecuado y arbitrario de las diferentes metodologías existentes para la realización de los Estudios de Impacto Ambiental, ha sido y es aún en nuestros días práctica habitual de quienes son encargados de llevar a efecto dichos estudios.

De este modo, es frecuente utilizar determinadas metodologías, bien porque es la mejor (o la única) conocida por el técnico o persona responsable de realizar el trabajo, bien porque se ha venido empleando en otros estudios y sin justificación alguna se sigue aplicando sucesivamente.

Podemos comprobar como una determinada metodología es apropiada para evaluar un tipo de proyecto o actividad, pero en cambio no es la más adecuada para evaluar otro. Ésto es debido a que la mayoría de ellas se han diseñado para proyectos concretos, impidiéndose o no siendo recomendable su empleo de manera generalizada.

Las técnicas utilizadas para la realización de las evaluaciones de impacto ambiental son muy variadas y su elección depende de múltiples factores como:

- Tipo de proyecto o actuación a evaluar.
- Grado de profundización que pretendamos obtener.
- Cantidad y calidad de información disponible.
- Tiempo disponible para su elaboración.
- Presupuesto.

Grosso modo, podemos decir que la selección de una determinada técnica o metodología de evaluación, dependerá pues, de las necesidades específicas del usuario y del tipo de proyecto bajo análisis.

Con el paso de los años, se han sucedido infinidad de clasificaciones de las metodologías utilizadas en el estudio de impacto ambiental. Así, dependiendo del aspecto considerado, se establecen diferentes clasificaciones, no existiendo ninguna de carácter universal y ampliamente reconocida o aceptada. En este trabajo y basándonos en una primera ordenación que de ellas efectuó Dickert, se propone una clasificación que persigue dar una visión global y sencilla de las metodologías más frecuentemente empleadas y de mayor utilidad práctica para la realización de los EsIA.

La cada vez mayor concienciación ambiental e incorporación de los estudios de impacto ambiental y auditorías ambientales en nuestro país, debe ir acompañada de una formación adecuada. Son por ello claves, la importancia y la necesidad de adquirir un profundo conocimiento de las herramientas disponibles para llevar a cabo los trabajos con un grado de calidad y fiabilidad aceptables.

La evaluación de impacto ambiental, ha sido frecuentemente práctica poco común en las actuaciones y proyectos de ingeniería; aún en nuestros días, desgraciadamente, es habitual ver proyectos en los cuales no están claramente definidas las líneas de actuación de dichos estudios medioambientales, (predicción y valoración así, como de posible corrección de efectos), que con tal fin son exigidos por la administración.

A esta problemática se une un lamentable hecho que repetidamente acontece en nuestro país: por parte de las empresas promotoras del proyecto, se contratan servicios de consultoras dedicadas a la realización de estudios ambientales, con la exi-

gencia de que éstos resulten favorables a la realización del proyecto, (Martín, 1991).

Ésto es debido, además de a la falta de escrúpulos de determinadas empresas consultoras, a la excesiva permisividad de los organismos administrativos de Medio Ambiente, responsables de “fiscalizar” los estudios de impacto ambiental.

Con el fin de subsanar éstos y otros muchos males que aquejan hoy a las evaluaciones de impacto ambiental, esperamos y confiamos en la progresiva concienciación de los organismos y administraciones públicas de preservar el Medio Ambiente y de darle prioridad ante el desarrollo técnico y económico (al que no renunciamos), abogando de una manera clara por la calidad de vida y la conservación de la Naturaleza.

I.2. Antecedentes

La evaluación de impactos es un proceso directamente encaminado a comparar las modificaciones del medio producidas en distintos lugares (alternativas) o en distintos momentos (antes y después de la acción). Los criterios y métodos de evaluación del impacto pueden definirse como aquéllos que permiten valorar el impacto ambiental producido por un proyecto o actuación sobre el medio ambiente.

Durante los últimos años se han desarrollado un gran número de métodos y técnicas de evaluación. Algunas de ellas derivan de los estudios de ordenación del territorio y otras están diseñadas específicamente para los estudios de impacto ambiental.

Muchas de las metodologías existentes tienen sus orígenes como encargos específicos para determinados tipos de proyectos. Así, la *Matriz de Leopold*, primer método utilizado en las evaluaciones de impacto ambiental, se creó en 1971 como consecuencia de un encargo para el Servicio Geológico del Ministerio de Interior de los Estados Unidos.

Del mismo modo, el *Método de Battelle-Columbus* fue desarrollado para la Oficina de Expropiaciones de los Estados Unidos por los Laboratorios Battelle, como base para la evaluación de los estudios de impacto ambiental de proyectos de planificación de recursos de agua (proyectos hidráulicos). Sin embargo, su aplicación se ha extendido a otro tipo de proyectos mediante la adaptación de los componentes y valores asignados a los índices ponderales, al nuevo proyecto o actividad.

Como se puede advertir, son muy distintos los motivos por los que se fueron creando las diferentes metodologías, aunque con el tiempo su uso fue generalizándose en un afán de estandarizar los métodos de valoración del impacto ambiental.

Estas pretensiones de “*universalización*” de las metodologías conllevan inevitables imprecisiones en la realización de las EIA. La razón fundamental es que cada una de ellas han sido creadas como consecuencia de unas necesidades y de unas circunstancias determinadas, para la valoración de una serie de proyectos muy específicos, de manera que su utilización debe ser cuidadosamente analizada para cada situación.

La primera clasificación de las metodologías de evaluación de impacto ambiental fue realizada por *Warner y Bromley* en el año 1974. Estos científicos las agruparon en cinco clases:

- Métodos ad-hoc.
- Técnicas de mapas y superposiciones.
- Listas de chequeo.
- Matrices.
- Diagramas.

Más adelante, *Heery y Hagerty* establecieron otra clasificación algo más evolucionada que la anterior, en la que figuran seis grupos:

- Métodos de evaluación de proyectos.

- Técnicas gráficas (sistemas McHarg, etc.).
- Métodos numéricos.
- Matrices Causa-Efecto (sistemas de Leopold, etc.).
- Listas de Chequeo.
- Sistemas cuantitativos.

Pero fue posteriormente *Dickert*, quien estableció una clasificación en la que se recogía de una manera más completa y detallada las metodologías de evaluación de impactos. En ella se consideran las funciones analíticas de Identificación, Predicción y Evaluación:

a) *Función analítica*: Identificación.

Metodología:

- Descripción del sistema ambiental existente.
- Determinación de los componentes del proyecto.
- Definición de las alteraciones del medio causadas por el proyecto (incluyendo todos los componentes).

b) *Función analítica*: Predicción.

Metodología:

- Identificación de las alteraciones ambientales significativas. Revisión del cambio cuantitativo y/o espacial en el medio ambiente identificado.
- Estimación de la probabilidad de que el impacto (cambio neto ambiental) ocurra (duración de tiempo).

c) *Función analítica*: Evaluación.

Metodología:

- Determinación de la incidencia de costos y beneficios en los grupos de usuarios y en la población afectada por el proyecto.

- Especificación y comparación de relaciones coste/beneficio entre varias alternativas.

De manera general, podemos decir que las distintas metodologías orientadas a la identificación, predicción y evaluación de impactos ambientales cubren un amplio espectro y no pueden ser rígidamente separadas ni clasificadas.

Una de las divisiones más frecuentemente utilizadas que recoge las metodologías de mayor uso en la actualidad, es la que responde a la siguiente estructura:

- *Metodologías cualitativas.*
- *Metodologías cuantitativas:*
 - Parciales*
 - Globales*

Aunque suele recomendarse el empleo de técnicas que expresen el valor del impacto de forma cuantitativa, éste no es siempre posible. Por ello, un procedimiento utilizado para evaluar un impacto es realizar una valoración cualitativa, mediante las denominadas **metodologías cualitativas**, consistente en describir los impactos detectados en fases anteriores por medio de una serie de características. Éstas son (R.D. 1131/88): magnitud del impacto, carácter genérico del impacto, tipo de acción del impacto, grado de complejidad o composición de otros impactos, características temporales, características espaciales, carácter reversible o irreversible, recuperabilidad o irrecuperabilidad. A la vista de los resultados y de las características del impacto, se resume la valoración global del efecto de la acción, según la siguiente escala de niveles de impacto: compatible, moderado, severo, crítico.

Respecto a las **metodologías cuantitativas**, las *globales* pretenden llegar a una apreciación global del medio a través de la consideración de una serie de componentes, factores o parámetros del medio cuya integración proporcione el valor buscado. Cada

componente ha de ser cuantificado y posteriormente agregado con los demás. Uno de los sistemas más utilizados tradicionalmente es el de Battelle-Columbus para evaluar el impacto de proyectos hidráulicos. La ventaja de este modelo es que muestra explícitamente los criterios seguidos en la transformación de las escalas cualitativas en cuantitativas.

Actualmente son dos las metodologías cuantitativas globales que disfrutan de mayor aceptación: las propuestas por Domingo Gómez Orea y por Vicente Conesa Fdez.-Vítora. Sobresalen por sus planteamientos y estructuras y por contemplar unos de los más completos y detallados cálculos del índice global de impacto.

Las metodologías *parciales*, corresponden a los modelos. En un sentido amplio, un modelo es una representación de la realidad mediante la cual se busca describirla y analizarla. Considerados como tales, los modelos son equivalentes a los elementos e interrelaciones del sistema real y pueden ser utilizados para evaluar la magnitud de los impactos en estudios detallados que permitan aproximaciones cuantitativas.

Hasta la fecha son conocidas más de cincuenta metodologías de evaluación de impacto ambiental, siendo muy pocas las que gozan de una aplicación práctica y sistemática. Debido ello, es fundamental conocer las posibilidades de uso de cada una de ellas e interpretar de manera adecuada su ámbito de actuación y aplicación.

Por éstas y otras muchas razones que se exponen a lo largo del trabajo, es necesario establecer unas directrices o referencias que de una manera sencilla y práctica faciliten la información necesaria para que el técnico evaluador o la persona encargada de realizar la valoración, pueda tener los suficientes elementos de juicio que le permitan seleccionar la metodología más adecuada en cada momento.

I.3. Objetivos

En este trabajo, se pretende dar un enfoque moderno y actual a la Evaluación de Impacto Ambiental (EIA) y en particular al Estudio de Impacto Ambiental (EslA) aplicados a la agricultura y a los proyectos y actividades desarrolladas en el mundo agrorural, buscando ante todo la utilidad y practicidad que permita al técnico o a aquella persona interesada en el tema, la fácil comprensión de lo que es un Estudio de Impacto Ambiental, cómo abordarlo con garantías y aportarle los elementos de juicio necesarios para poder discernir sobre las metodologías más frecuentemente utilizadas en la realización de dichos estudios y las posibilidades de aplicación de cada una de ellas.

Para ello, el presente trabajo se estructura en cinco partes fundamentales que son:

1. *Legislación medioambiental:* en esta parte se pretende encuadrar a los Estudios de Impacto Ambiental dentro de la normativa vigente dispuesta para realizarlos, mostrando los requisitos legales en materia de medioambiente dispuestos por la Unión Europea y sus adaptaciones a las normativas nacional y autonómica.
2. *La EIA, fases y objetivos:* se pretende dar una amplia visión de lo que es una Evaluación de Impacto Ambiental, y particularmente de su principal herramienta: el Estudio de Impacto Ambiental, describiendo las partes en las que se estructura y pretensiones de cada una de ellas de acuerdo con lo exigido por la legislación.
3. *Metodologías para el EslA:* en este apartado se desarrollan los tipos de metodologías existentes según su naturaleza, se exponen una serie de criterios a tener en cuenta para su elección y se propone una clasificación de las diferentes metodologías sobre la base de la ordenación realizada por

Dickert. De igual forma, se desarrollan en profundidad las metodologías más comúnmente utilizadas en los estudios de impacto ambiental analizando las ventajas e inconvenientes que deriva el uso de cada una de ellas.

4. *El modelo ideal de valoración del impacto ambiental:* en esta parte, se exponen las tendencias en cuanto a metodologías científicas en materia de valoración y selección ambiental y se analizan, de acuerdo con los criterios expuestos por V.Conesa para los modelos numéricos de valoración de impacto ambiental, las metodologías desarrolladas en el punto anterior, abordando para cada una de ellas las principales aportaciones, adecuaciones matemática, conceptual y de información, ventajas e inconvenientes y utilidades prácticas. Asimismo, se esquematizan las posibilidades de aplicación de tales metodologías según los requerimientos especificados en cada caso.
5. *Apéndices:* como complemento indispensable para abordar el presente trabajo y para aumentar su posibilidad de uso en aplicaciones prácticas se adjuntan una serie de apéndices compuestos por numerosas tablas que ilustran y facilitan la comprensión de los apartados abordados.

Capítulo II

LEGISLACIÓN

MEDIOAMBIENTAL

II.1. Introducción

La evaluación de impacto ambiental es un instrumento al servicio de la gestión medioambiental de la empresa, que establece el procedimiento jurídico-administrativo para la aprobación, modificación o rechazo de un proyecto o actividad por parte de la administración.

Así pues nos encontramos ante un documento administrativo (concepto correcto), que no debemos confundir con el estudio de impacto ambiental (elemento parcial de la evaluación de impacto ambiental de carácter puramente técnico).

Con más frecuencia de lo deseado, la EIA sólo se convierte en nuestro país, en un mero trámite para la consecución de los permisos pertinentes, en lugar de ser una útil herramienta cuya misión sea (sin dejar de constituir un procedimiento administrativo), identificar, prevenir y valorar los efectos indeseables y perjudiciales que la ejecución de una actuación o proyecto pudiera ocasionar en el Medio Ambiente.

Es, por consiguiente, una labor ardua de todos (Administración y Poderes Públicos, promotores, responsables de proyectos...), concienciarnos de que el Medio Ambiente es un bien común y que como tal hay que preservarlo de cualquier acción que pueda deteriorarlo de manera irreversible. De este modo apelamos al concepto de desarrollo sostenible, y de manera conjunta debemos estar comprometidos con una coherencia en todas nuestras actuaciones y dejar, por consiguiente, en el mejor estado posible a nuestras generaciones futuras, el bien máspreciado que disponemos.

A continuación, se expone, la evolución que el término de Evaluación de Impacto Ambiental ha experimentado, desde el comienzo de la necesidad de adoptar medidas en favor de la preser-

vacación del Medio Ambiente, hasta llegar a las políticas vigentes en la actualidad, como consecuencia de la Directiva 337/85 de 27 de junio de la CEE y de la Directiva 97/11 de 3 de marzo de la CEE, por la que se modifica la anterior Directiva.

II.1.1. Antecedentes históricos

En la década de los 60, el principal objetivo de las inversiones públicas era la viabilidad económica. Se hacían evaluaciones económicas de los proyectos y conforme a los resultados obtenidos se optaba por la realización o no de las distintas alternativas. El criterio para evaluar era pues puramente crematístico.

Ya en la década de los 70 se tiende hacia una evolución en los planteamientos. De este modo se empieza a considerar el factor Medio Ambiente como un punto importante a tener en cuenta en la toma de decisiones.

La sociedad evoluciona pues, de un criterio basado en la racionalidad económica, a otro en el cual se implanta el concepto de bienestar y de calidad de vida, en el que salud y medio ambiente empiezan a estar ligados a crecimiento y desarrollo.

Siguiendo esta primera línea de actuación, fue Estados Unidos, quien en 1969, promulgó la Ley de Medio Ambiente, conocida como NEPA (National Environmental Policy Act) en la que se considera la conveniencia de realizar Evaluaciones de Impacto Ambiental.

En la Conferencia de Estocolmo de 1972, se va consolidando la anterior tendencia, ante la incipiente y preocupante problemática ambiental existente en el planeta, y de este modo se insta a los gobiernos a que reconsideren sus políticas de desarrollo y las orienten en una doble dirección: plantear el Estudio de Impacto Ambiental como un procedimiento necesario en los proyectos y actuaciones que supongan efectos perjudiciales para el Medio

Ambiente (no sólo a nivel nacional, sino también a nivel mundial) y disminuir el desfase existente entre los países industrializados y los del tercer mundo.

Es en el primer programa comunitario (1973-1977) donde se establece el principio de prevención de que:

1. "La mejor política de Medio Ambiente consiste en evitar desde el origen la contaminación y otras perturbaciones, más que combatir posteriormente sus efectos".
2. "Conviene tener en cuenta todo lo posible la incidencia de todos los procesos de planificación y de decisión sobre el Medio Ambiente".

A partir de este momento empieza a fraguarse en los siguientes programas de acción, la necesidad de disponer de una herramienta que tenga en cuenta los daños que pueda sufrir el Medio Ambiente.

A tal fin se introduce la figura de la Evaluación de Impacto Ambiental (EIA). De este modo se complementarán y coordinarán los procedimientos de autorización de los proyectos públicos y privados para su ejecución y explotación.

Por otro lado se considera la necesidad de aproximar las distintas legislaciones en vigor de los diferentes estados miembros en materia de EIA para evitar así divergencias y disparidades que pudieran afectar de un modo más o menos directo al funcionamiento de la CEE:

Como consecuencia de ésto, se establece una propuesta por parte de la Comisión al Consejo el 16 de junio de 1980, que culmina con la aprobación de la Directiva 337/85 que evalúa las incidencias de los proyectos públicos y privados sobre el Medio Ambiente, regularizándose así el Derecho Comunitario.

Dicha Directiva fue aprobada por el Consejo el 27 de junio de 1985 y publicada en el Journal número L175 de 5.7.85.

La consideración de la evaluación ambiental ha estado presente en España en diferentes grados. De esta manera podemos establecer una división entre aquella parte de la legislación sectorial (que considera tipos de Evaluaciones de Impacto Ambiental más o menos definidos en sus características) anterior a la legislación específica de impacto ambiental y aquellas legislaciones sectoriales promulgadas con posterioridad a ella.

A. Entre las primeras (anteriores a la legislación específica), se encuentran las siguientes:

- *Actividades clasificadas como Molestas, Insalubres, Nocivas y Peligrosas:*

El Reglamento de actividades clasificadas de 30 de noviembre de 1961, número 3444 (orden 15 de marzo de 1963 parcialmente modificado el 25 de octubre de 1965), tienen por objeto evitar que: las instalaciones, establecimientos, actividades, industrias o almacenes sean oficiales o particulares, públicos o privados, a todos los cuales se aplica indistintamente, produzcan incomodidades, alteren las condiciones normales de salubridad e higiene del Medio Ambiente ocasionando daños a la riqueza pública o privada o impliquen riesgos graves para las personas o los bienes.

Dicha solicitud se debe someter a información pública, para posteriormente, emitir informes los Departamentos Sanitarios, los técnicos municipales así como la Comisión Provincial de Servicios Técnicos; así es el Ayuntamiento el que en última instancia debe aceptar o denegar la licencia solicitada. Observemos que este procedimiento es un claro precedente de lo que más tarde serán las Evaluaciones de Impacto Ambiental.

- *Protección del Medio Ambiente atmosférico:*

Está patente en la orden del Ministerio de Industria de 18 de octubre de 1976 sobre prevención y corrección de la contaminación

industrial de la atmósfera. En ella se fijan las competencias para las EIA en la Dirección General de Promoción Industrial y Tecnología del Ministerio de Industria y Energía. En su artículo 8, regula los contenidos mínimos de los proyectos sometidos a EIA.

Esta Orden hay que entenderla en el contexto determinado por el Real Decreto de 26 de septiembre de 1980 sobre materia de instalación, ampliación y traslado de industrias y la Ley de 26 de julio de 1984 y Real Decreto Ley de 30 de noviembre de 1983 sobre reconversión y reindustrialización.

- *Actividades mineras a cielo abierto:*

Entre la legislación que contempla aspectos relativos al impacto ambiental, tenemos el Real Decreto 2994/82 de 15 de octubre sobre restauración del espacio natural afectado por actividades mineras que establece la obligatoriedad de incluir un EIA de la explotación en el Plan de Restauración que es preciso elaborar con carácter previo al otorgamiento de una autorización de aprovechamiento o de una concesión de explotación.

Igualmente, el Real Decreto 116/84 de 9 de mayo, sobre restauración del espacio natural afectado por las explotaciones de carbón a cielo abierto, incluye, entre los elementos que constituyen el Plan de Restauración, el EsIA, el cual está dirigido a identificar y predecir los efectos debidos a la explotación minera sobre los recursos naturales, el ambiente socioeconómico de la zona, así como sobre el paisaje, evaluándose los efectos transitorios y definitivo, con el fin de tomar las medidas de prevención posibles y planificar la restauración y protección ambiental necesaria”.

- *Legislación sobre aguas:*

La Ley 29/85, de 2 de agosto, de Aguas establece en su artículo 90, que en la tramitación de concesiones y autorizaciones que afecten al dominio público hidráulico y pudieran implicar riesgos

para el Medio Ambiente será preceptiva la presentación de una evaluación de sus efectos.

El Reglamento aprobado por el Real Decreto 849/86 de 22 de abril, en los artículos 52 y 236 a 239, trata esta materia.

El artículo 237, en su apartado 2, regula su contenido: *“Los estudios de evaluación de efectos medioambientales identificarán, preverán y valorarán las consecuencias o efectos que las obras o actividades que el peticionario pretenda realizar puedan causar a la salubridad y al bienestar humano y al Medio Ambiente”*, e incluirán las cuatro fases siguientes:

- Descripción y establecimiento de las relaciones causa-efecto.
- Predicción y cálculo en su caso de los efectos y cuantificación de sus indicadores.
- Interpretación de sus efectos.
- Previsiones a medio y largo plazo y medidas preventivas de efectos indeseables.

B. En cuanto a la legislación sectorial, promulgada con posterioridad a la legislación específica, se tiene:

- *Legislación sobre costas:*

La ley de Costas 22/88, de 28 de julio, establece en su artículo 42 que *“cuando las actividades proyectadas pudieran producir una alteración importante del dominio público marítimo-terrestre, se requerirá, además, una previa evaluación de sus efectos sobre el mismo”*.

- *Legislación sobre carreteras:*

La Ley 25/88, de Carreteras establece en su artículo 9 que los proyectos de autopistas y autovías que supongan un nuevo trazado,

así como los de nuevas carreteras, deberán incluir la correspondiente evaluación de impacto ambiental de acuerdo con la normativa aplicable a tal efecto.

- *Legislación sobre la conservación de la naturaleza:*

La Ley 4/89 sobre Conservación de los Espacios Naturales y de la Flora y Fauna Silvestre establece en su Disposición Adicional segunda que *"se amplían la lista de actividades sometidas a Evaluación de Impacto Ambiental contenida en el anexo I del Real Decreto Legislativo 1302/86, de 28 de junio, con la inclusión en la misma de las transformaciones de uso de suelo que impliquen eliminación de la cubierta vegetal arbustiva o arbórea y supongan riesgo potencial para las infraestructuras de interés general de la Nación y en todo caso cuando dichas transformaciones afecten a superficies superiores a 100 hectáreas"*.

- *Legislación sobre ferrocarriles:*

El Real Decreto 1211/90, de 28 de septiembre, por el que se aprueba el Reglamento de la Ley de Ordenación de los Transportes Terrestres, recoge en el artículo 227.3 la obligatoriedad de observar el procedimiento de Evaluación de Impacto Ambiental previsto en la legislación estatal específica sobre la materia.

II.2. Legislación europea en materia de evaluación de impacto ambiental

El documento a partir del cual están reguladas las evaluaciones de impacto ambiental en la CEE, y en el que se evalúan las incidencias de los proyectos públicos y privados sobre el Medio Ambiente, regularizándose de este modo el Derecho Comunitario, es la *Directiva del Consejo de 27 de junio de 1985, relativa a la evaluación de las repercusiones de determinados proyectos pú-*

blicos y privados sobre el medio ambiente 85/337/CEE y la Directiva 97/11 de 3 de marzo de la CEE por la que se modifica la 85/337.

Actualmente, las evaluaciones de impacto ambiental están dispuestas en el territorio español bajo el Real Decreto Legislativo 1302/86 de 28 de junio, en el cual se incorpora al ordenamiento jurídico español la Directiva 337/85 de 27 de junio de la CEE.

En esta Directiva Europea, se adapta la legislación ambiental de los países miembros a lo recogido en sus catorce artículos y tres anexos y va dirigida a la evaluación de aquellos proyectos públicos y privados cuyas actuaciones puedan tener repercusiones importantes sobre el medio ambiente.

El primer anexo recoge una relación de los proyectos que deberán ser sometidos en todo caso a la evaluación de impacto ambiental, mientras que el segundo anexo comprende una lista de proyectos para los que se recomienda la evaluación de impacto ambiental cuando los estados miembros consideren que sus características lo exigen.

En el caso de aquellos proyectos que deban someterse a una evaluación de las repercusiones sobre el medio ambiente de acuerdo con los anexos I y II, la Directiva dice que los estados miembros adoptarán las medidas necesarias para garantizar que el responsable del proyecto proporcione, de forma apropiada, la siguiente información (anexo III):

1. Descripción del proyecto, incluidas en particular:

- Una descripción de las características físicas del conjunto del proyecto y de las exigencias en materia de utilización del suelo durante las fases de construcción y funcionamiento.
- Una descripción de las principales características de los procedimientos de fabricación, con indicaciones, por ejemplo, sobre la naturaleza y cantidad de materiales utilizados.

- Una estimación de los tipos y cantidades de residuos y emisiones previstos (contaminación del agua, del aire y del suelo, ruido, vibración, luz, calor, radiación, etc.) que se derivan del funcionamiento del proyecto previsto.
2. Eventualmente, un resumen de las principales alternativas examinadas por el responsable de las obras y una indicación de las principales razones de una elección teniendo en cuenta el impacto ambiental.
 3. Una descripción de los elementos del medio ambiente que puedan verse afectados de forma considerable por el proyecto propuesto, en particular, la población, la fauna, la flora, el suelo, el agua, el aire, los factores climáticos, los bienes materiales, incluidos el patrimonio arquitectural y arqueológico, el paisaje así como la interacción de los factores mencionados.
 4. Una descripción de los efectos importantes del proyecto propuesto sobre el medio ambiente, debido a:
 - La utilización de los recursos naturales,
 - La emisión de contaminantes, la creación de sustancias nocivas o el tratamiento de residuos, y la mención por parte del maestro de obras de los métodos de previsiones utilizadas para evaluar los efectos sobre el medio ambiente.
 5. Una descripción de las medidas previstas para evitar reducir y, si fuera posible, compensar los efectos negativos importantes del proyecto sobre el medio ambiente.
 6. Un resumen no técnico de las informaciones transmitidas, basado en las rúbricas mencionadas.
 7. Un resumen de las eventuales dificultades (lagunas técnicas o falta de conocimientos) encontrados por el maestro de obras a la hora de recoger las informaciones requeridas.

Con respecto a la *Directiva 97/11 de 3 de marzo de la CEE*, por la que se modifica la *Directiva 85/337/CEE* relativa a la evaluación de las repercusiones de determinados tipos de proyectos públicos y privados sobre el medio ambiente, hay que decir que pone de manifiesto que considerando la experiencia adquirida en la evaluación de impacto sobre el medio ambiente de la *Directiva 337/85*, es necesario introducir disposiciones destinadas a clarificar, completar y mejorar las normas relativas al procedimiento de evaluación, para garantizar que la *Directiva* se aplique de forma cada vez más armonizada y eficaz. Para ello, la nueva *Directiva* modifica varios de los artículos (en parte o en su totalidad) contenidos en la *Directiva 337/85*.

En dicha *Directiva* se considera que es necesario completar la lista de proyectos que tienen repercusiones significativas sobre el medio ambiente y que, por consiguiente, deben someterse por regla general a evaluación sistemática. A tal efecto se dispone el anexo I que sustituye al de la anterior *Directiva*.

Del mismo modo, se disponen de tres nuevos anexos (II, III y IV) que vienen a sustituir junto con el I, los tres anexos de la *Directiva 337/85*.

También, según la *Directiva*, se considerará que los estados miembros podrán establecer umbrales o criterios a fin de determinar, basándose en la importancia de sus repercusiones medioambientales, cuáles de dichos proyectos procede evaluar, y que los estados miembros no tendrán que estudiar caso por caso los proyectos por debajo de esos umbrales o ajenos a esos criterios.

Cuando se examine caso por caso o se establezcan umbrales o criterios a los efectos, la *Directiva* señala que se tendrán en cuenta los criterios pertinentes de selección establecidos en el anexo III.

II.3. Legislación específica estatal de EIA

La Evaluación de Impactos Ambientales viene regulada en España por la transposición de la Directiva 85/337/CEE, de 27 de junio de 1985, relativa a la evaluación de las repercusiones de determinados tipos de proyectos públicos y privados sobre el medio ambiente (DOCE núm. L 175/40, de 5 de julio), a través del Real Decreto Legislativo 1302/1986, de 28 de junio, de Evaluación de Impacto Ambiental (BOE núm. 155 de 30 de junio).

Posteriormente, por el Real Decreto 1131/1988, de 30 de septiembre, se aprueba el Reglamento para la ejecución del Real Decreto Legislativo de Evaluación de Impacto Ambiental (BOE núm. 239, de 5 de octubre).

A continuación, se tratará el contenido tanto del Real Decreto Legislativo 1302/86, como el del Real Decreto 1131/88 respecto a la Evaluación de Impacto Ambiental de los proyectos, instalaciones o actividades y su contenido.

En la actualidad existe un anteproyecto de ley dispuesto con el fin de incorporar en un futuro próximo la mencionada Directiva 97/11 CE a la legislación estatal española.

II.3.1. Decreto sobre EIA

Como se ha dicho más arriba, es en el Real Decreto Legislativo 1302/86 de 28 de junio, de evaluación de impacto ambiental donde se incorpora al ordenamiento jurídico español la directiva 337/85 de la CEE.

Es en su artículo primero donde remite al anexo en el que se enumeran los proyectos que deberán someterse a una EIA. En el artículo segundo se hace constar que dichos proyectos deberán incluir un estudio de impacto ambiental que contendrá al menos los siguientes datos:

- a) Descripción general del proyecto y exigencias previsibles en el tiempo, en relación con la utilización del suelo y de otros recursos naturales. Estimación de los tipos y cantidad de los residuos vertidos y emisiones de materia y energía resultantes.
- b) Evaluación de los efectos previsibles directos e indirectos de los proyectos sobre la población, la fauna, la flora, el suelo, el aire, el agua, los factores climáticos, el paisaje y los bienes materiales, incluido el patrimonio histórico-artístico y el arqueológico.
- c) Medidas previstas para reducir, eliminar o compensar los efectos ambientales negativos significativos. Posibles alternativas existentes a las condiciones inicialmente previstas del proyecto.
- d) Resumen del estudio y conclusiones en términos fácilmente comprensibles. Informe, en su caso, de las dificultades informativas o técnicas encontradas en la elaboración del mismo.
- e) Programa de vigilancia ambiental.

II.3.2. Reglamento sobre EIA

Posteriormente, mediante el Real Decreto 1131/88 de 30 de septiembre se aprueba el Reglamento para la ejecución del Real Decreto Legislativo 1302/86 de 28 de junio, de Evaluación de Impacto Ambiental. Este Reglamento se estructura en cuatro capítulos, siendo el segundo de ellos el que desarrolla el procedimiento de evaluación de impactos ambientales; se divide en tres secciones:

Sección primera: acerca de la Evaluación de Impacto Ambiental y su contenido.

Sección segunda: nos define con detalle el contenido del EslA de los proyectos referidos en el artículo primero. Estos estudios deberán constar de:

- a) Descripción del proyecto y sus acciones. Examen de alternativas. Art.(8).
- b) Inventario ambiental y descripción de las interacciones ecológicas y ambientales claves. Art.(9).
- c) Identificación y valoración de impactos. Art.(10).
- d) Propuesta de medidas protectoras y correctoras y programa de vigilancia ambiental. Art.(11).
- e) Documento de síntesis. Art. (12).

Sección tercera: trata del procedimiento a seguir, culminando con la declaración de impacto ambiental, revisión, notificación de las condiciones y publicidad de la misma.

Dos anexos acompañan al Real Decreto 1131/88; el anexo primero sobre conceptos técnicos y el anexo segundo que trata sobre especificaciones relativas a las obras, instalaciones o actividades comprendidas en el anexo del RDL 1302/86 de Evaluación de Impacto Ambiental.

Hasta aquí hemos tratado la legislación en materia de Medio Ambiente de ámbito comunitario y como consecuencia de ella, los requisitos exigidos a los EslA por parte de la administración del estado español, que a su vez son también aplicables a aquellas comunidades autónomas que carezcan de competencia legislativa en materia de Medio Ambiente, así como de carácter supletorio a aquéllos que la tengan atribuida a sus respectivos Estatutos de Autonomía (RD 1131/88 de 30 de septiembre).

Con posterioridad han aparecido en la normativa de diferentes comunidades autónomas, disposiciones referentes a la necesidad de efectuar EslA a distintos tipos de proyectos que amplían la lista de los recogidos en la normativa de ámbito nacional.

II.4. Legislación en Andalucía

En lo referente a Andalucía, la aprobación de la Ley 7/1994, de 18 de mayo, de Protección Ambiental, supuso para la Comunidad Autónoma de Andalucía la adopción de una normativa completa en relación con el control ambiental de aquellas actuaciones que previsiblemente puedan tener repercusiones sobre el medio ambiente y la calidad de vida. Se trata pues, de prevenir, minimizar, corregir o, en su caso, impedir los efectos que dichas actuaciones puedan ocasionar.

Asimismo, cabe también citar, la Ley 4/89, que trata de la conservación de los espacios naturales y de la flora y fauna silvestres. En su disposición adicional segunda se amplía la lista de actividades sometidas a EIA, contenida en el anexo del RDL 1302/86. Igualmente existe un Plan Especial de Protección del Medio Físico a nivel provincial, que exige la realización de Evaluaciones de Impacto Ambiental a determinadas actividades o usos del suelo en las zonas incluidas dentro de este Plan.

Volviendo a la citada Ley 7/94, de actual vigencia en Andalucía, tenemos que decir que está constituida por cuatro títulos relativos respectivamente a Disposiciones generales, Prevención ambiental, Calidad ambiental y Disciplina ambiental.

El texto legal cuenta igualmente con una Disposición adicional, tres transitorias, cuatro finales y tres anexos (relativos a la Evaluación de Impacto Ambiental, Informe Ambiental y Calificación Ambiental).

A continuación se exponen de manera breve el contenido de los cuatro títulos de la citada Ley 7/94:

- Las *Disposiciones Generales*, correspondientes al título primero, establecen los objetivos básicos de la Ley así como las definiciones necesarias para su delimitación competencial y de contenido.

- El título segundo, *Prevención Ambiental*, establece los procedimientos para la consideración de los efectos ambientales de las actividades correspondientes a los tres anexos de la Ley.
- El título tercero, relativo a la *Calidad Ambiental* se refiere a la calidad del aire, a los residuos y a la calidad de las aguas litorales.
- Por último, el título cuarto, relativo a la *Disciplina Ambiental*, establece el régimen de infracciones y sanciones referido al conjunto de la Ley.

Los tres anexos referidos anteriormente tratan de las actuaciones tanto públicas como privadas que deben ser sometidas a EIA (anexo primero), Informe ambiental (anexo segundo) y Calificación ambiental (anexo tercero).

El sistema de Prevención Ambiental establecido por la Ley 7/94, se basa en tres figuras que componen un conjunto de instrumentos que permite ajustar los requisitos establecidos a las características de los diversos tipos de proyectos y actividades:

Por un lado la Evaluación de Impacto Ambiental se basa en la figura establecida por la normativa europea y estatal, y se halla reservada para los supuestos de mayor trascendencia. En el extremo opuesto, la Calificación Ambiental se destina a las actividades de menor incidencia y cuya trascendencia se limita al ámbito local. Entre ambas figuras se sitúa el llamado Informe Ambiental.

Seguidamente se desarrollan los Decretos por los cuales se aprueba el Reglamento de EIA, Calificación ambiental e Informe ambiental en Andalucía:

A) DECRETO 292/95, de 12 de diciembre, por el que se aprueba el Reglamento de EIA de la Comunidad Autónoma de Andalucía (BOJA nº 166, de 28 de diciembre de 1995)

Este Reglamento desarrolla todas las normas aplicables referidas a la EIA incluidas en los capítulos I y II de I Título segundo de la Ley de Protección Ambiental, constituyéndose de esta manera en un instrumento que garantiza su plena efectividad.

Cuatro son los capítulos en los que se estructura el presente reglamento, teniendo especial interés el capítulo segundo en el que se define la EIA como el proceso de recogida de información, análisis y predicción destinado a anticipar, corregir y prevenir los posibles efectos que una actuación de las enumeradas en el anexo I de la Ley 7/94 de Protección Ambiental puede tener en el medio ambiente (art.9, Ley de Protección Ambiental).

En él también se describe el contenido de una EIA, el cual exponemos a continuación:

- 1) Valoración de los efectos directos e indirectos de cada propuesta de actuación y estimación de dichos efectos.
- 2) Recogida de los efectos globales consecuencias de las opciones estratégicas de los Planes y Programas, así como de la repercusión de aquellas previsiones susceptibles de ejecución sin necesidad de plan o proyecto posterior sometido a evaluación individualizada.

Asimismo, tiene especial interés el capítulo tercero en el que se establece el contenido del EslA, diferenciando según se trate de proyectos, planes Urbanísticos y planes y programas. En él se define el concepto de EslA como "el conjunto de documentos que, de forma diferenciada, deben presentar los titulares de planes, programas, proyectos de construcción, instalaciones y obras públicas o privadas, en el que se recoja y analice la información necesaria para evaluar las consecuencias ambientales de la actuación que se pretenda ejecutar".

De igual manera este capítulo trata de manera detallada el contenido del EsIA de proyectos. Dichos estudios deberán contener al menos la siguiente información:

- 1) Descripción del proyecto y sus acciones. Examen de alternativas técnicamente viables y presentación de la solución adoptada.
- 2) Inventario ambiental y descripción de las interacciones ecológicas y ambientales claves.
- 3) Identificación y valoración de impactos en las distintas alternativas.
- 4) Propuesta de medidas protectoras y correctoras.
- 5) Programa de vigilancia ambiental (PVA).
- 6) Documento de síntesis.

1. *Descripción del proyecto y sus acciones. Examen de alternativas:*

- Localización.
- Relación de todas las acciones inherentes a la actuación de que se trate, susceptibles de producir un impacto sobre el medio ambiente, mediante un examen detallado tanto de la fase de realización como de su funcionamiento, y en su caso, de la clausura o abandono.
- Descripción de los materiales a utilizar, suelo a ocupar, y otros recursos naturales cuya eliminación o afectación se considere necesaria para la ejecución del proyecto.
- Estimación, en su caso, de los tipos, cantidades y composición de los residuos, vertidos, emisiones de cualquier tipo, incluyendo ruidos y vibraciones o cualquier otro elemento derivado de la actuación, sean de tipo temporal durante la realización de la obra, o permanentes cuando ya esté realizada y en operación.
- Examen de las distintas alternativas técnicamente viables y presentación razonada de la presentación propuesta.
- El estudio de impacto ambiental incluirá como mínimo la siguiente documentación cartográfica, presentada a escala

adecuada: el plano de situación: Escala mínima 1/50.000; el plano de emplazamiento: Escala mínima 1/10.000 y la planta general de la actuación.

2. *Inventario ambiental y descripción de las interacciones ecológicas y ambientales claves:*

Este inventario y descripción contendrá sucintamente la siguiente información, en la medida en que fuera precisa para la comprensión de los posibles efectos del proyecto sobre el medio ambiente:

- Estudio del estado del lugar y de sus condiciones ambientales antes de la realización de las obras, así como de los tipos existentes de ocupación del suelo y aprovechamiento de otros recursos naturales, teniendo en cuenta las actividades preexistentes.
- Descripción de usos, calificación y clasificación del suelo afectado y su relación y adecuación con la ordenación del territorio, así como con otros planes y programas con incidencia en el territorio afectado.
- Relación con la normativa medioambiental que le sea de aplicación y explicación detallada del grado de cumplimiento por el proyecto de dicha normativa, especialmente en lo referente a la planificación ambiental y a los espacios y especies con algún grado de protección.
- Identificación, censo, inventario, cuantificación y en su caso, cartografía, de todos los aspectos ambientales definidos en el artículo 8 del presente Reglamento y que puedan ser afectados por la actuación proyectada. La escala empleada para esta información cartográfica deberá ser como mínimo 1/10.000.
- Descripción de las interacciones ecológicas claves, incluyendo las exigencias previsibles en el tiempo, en orden a la utilización del suelo y demás recursos naturales, para cada alternativa considerada.

- Delimitación y descripción cartográfica del territorio o cuenca espacial afectada por el proyecto para cada uno de los aspectos ambientales definidos, en cualquier caso, de aquellos que a juicio del órgano ambiental se estimen necesarios, incorporando, siempre que sea posible, las fotografías aéreas representativas de la situación real. La escala de la fotografía estará en función del nivel de detalle requerido.
- Estudio comparativo de la situación ambiental actual y futura, con y sin la actuación, derivada del proyecto objeto de la evaluación, para cada alternativa examinada.

3. *Identificación y valoración de impactos:*

- Se incluirá la identificación y valoración de los efectos notables previsibles de las actuaciones proyectadas sobre la población humana, la fauna, la flora, la gea, el suelo, el aire, el agua, el clima, el paisaje y la estructura y función de los ecosistemas más previsiblemente afectados, para cada alternativa examinada. La identificación de los impactos se deducirá, necesariamente, del estudio de las interacciones entre las acciones derivadas del proyecto y las características específicas de los aspectos ambientales afectados en cada caso concreto.
- Se distinguirán los efectos positivos de los negativos; los temporales de los permanentes, los simples de los acumulativos y sinérgicos; los directos de los indirectos; los reversibles de los irreversibles; los recuperables de los irrecuperables; los periódicos de los de aparición regular; los continuos de los discontinuos.
- Se indicarán los impactos ambientales compatibles, moderados, severos y críticos, así como los efectos mínimos y a corto, medio y largo plazo que se prevean como consecuencia de la ejecución del proyecto.
- Se jerarquizarán los impactos ambientales identificados y valorados, para conocer su importancia relativa. Asimismo, se efectuará una evaluación global que permita adquirir una

visión integrada y sintética de la incidencia ambiental del proyecto de cada alternativa estudiada. Esta valoración de alternativas incluirá la no realización de la actuación. La valoración de estos efectos, cuantitativa, si fuese posible, o cualitativa, expresará los indicadores o parámetros utilizados empleándose siempre que sea posible normas o estudios técnicos de general aceptación, que establezcan valores límite o guía, según los diferentes tipos de impacto. Cuando el impacto ambiental rebasa el límite admisible, deberán preservar las medidas protectoras o correctoras que produzcan a un nivel inferior a aquel umbral; caso de no ser posible la corrección y resultar afectados elementos ambientales valiosos, procederá la recomendación de la anulación o sustitución de la acción causante de tales efectos. Se indicarán los procedimientos utilizados para conocer el grado de aceptación o repulsa social de la actividad, así como las implicaciones económicas de sus efectos ambientales. Se detallarán las metodologías y procesos de cálculo utilizados en la evaluación o valoración de los diferentes impactos ambientales, así como la fundamentación científica de esa evaluación.

4. *Propuesta de medidas protectoras y correctoras:*

Esta propuesta se desarrollará para cada alternativa considerada, con el siguiente contenido:

- Se describirán las medidas previstas para suprimir o atenuar los efectos ambientales negativos de la actuación en cada una de sus fases, tanto en lo referente a su diseño y ubicación, como en cuanto a los procedimientos de depuración, y los dispositivos genéricos de protección del medio ambiente.
- En defecto de las anteriores medidas, aquellas otras dirigidas a compensar dichos efectos, a ser posible con acciones de restauración, o de la misma naturaleza y efecto contrario al de la acción emprendida. Se deberán incluir los pla-

nos generales y de detalle en los que se concreten las medidas propuestas. Dichas medidas tendrán el desarrollo técnico suficiente que permita su estudio económico en el caso que éstas sean presupuestables, incorporando tanto los costes de ejecución como de mantenimiento de forma individualizada, e independiente de su incorporación o no al documento técnico de la actuación, asimismo se realizará una valoración sobre la viabilidad técnica y económica de estas medidas.

5. Programa de vigilancia ambiental:

En relación con la alternativa propuesta, el programa de vigilancia ambiental establecerá un sistema que garantice el cumplimiento de las indicaciones y medidas, protectoras y correctoras, contenidas en el Estudio de Impacto Ambiental.

Deberá expresarse en todo caso sus objetivos, medios y contenido. Este deberá contener al menos los siguientes aspectos:

- Definición de los objetivos de control, identificando los sistemas afectados, los tipos de impactos y los indicadores seleccionados.
- Determinación de las necesidades de datos para lograr los objetivos de control.
- Definición de las estrategias de muestreo: será necesario determinar la frecuencia y el programa de recolección de datos, las áreas a controlar y el método de recogida de datos.
- Comprobación, en la medida de lo posible, de la disponibilidad de datos e información sobre programas similares ya existentes, examinando de forma especial los logros alcanzados en función de los objetivos propuestos.
- Análisis de la viabilidad del programa propuesto, determinando las exigencias de plazos, períodos, personal, presupuesto, y aquellos otros aspectos que se consideren relevantes.
- Propuesta para la elaboración de informes periódicos en los que se señalen los resultados de los controles estable-

cidos en los puntos anteriores, se describirá la frecuencia y período de su emisión.

6. Documento de síntesis:

El documento de síntesis comprenderá las siguientes partes:

- Las conclusiones relativas a la viabilidad de las actuaciones propuestas.
- Las conclusiones relativas al examen y elección de las distintas alternativas.
- La propuesta de medidas protectoras y correctoras y el programa de vigilancia, tanto en la fase de ejecución de la actuación proyectada como en la de su funcionamiento, en su caso, clausura o abandono.

El documento de síntesis no deberá exceder de veinticinco páginas y se redactará en términos asequibles a la comprensión general. Se indicarán asimismo las dificultades informáticas o técnicas encontradas en la realización del Estudio de Impacto Ambiental con especificaciones del origen y causa de tales dificultades.

En el anexo del Decreto 292/95, se reflejan las especificaciones relativas a las actuaciones comprendidas en el anexo I de la Ley 7/94, de 18 de mayo de Protección Ambiental.

B) DECRETO 153/96, de 30 de abril, por el que se aprueba el Reglamento de Informe Ambiental

El informe ambiental valorará las repercusiones ambientales de cada propuesta de actuación y determinará la conveniencia o no de ejecutar la misma, especificando si la actuación propuesta se ajusta o no a la normativa ambiental en vigor, y en caso negativo, se indicarán los preceptos legales o reglamentarios que se incumplen de acuerdo con lo establecido en el artículo 9 de la Ley 7/94, de 18 de mayo.

Se aplica este documento para prevenir los posibles efectos ambientales de actuaciones cuya trascendencia superan normalmente el ámbito puramente local y cuyas características aconsejan la intervención de la Administración Autonómica, pero que no llegan a precisar los mecanismos establecidos para la EIA.

El desarrollo del contenido y procedimiento se remite al Reglamento:

- El expediente debe contener la información necesaria para poner de manifiesto las consecuencias ambientales del proyecto, así como las garantías precisas en orden a minimizar aquéllas.
- El promotor debe presentar, al solicitar la licencia municipal de la actuación, la información mencionada. Asimismo, tiene que presentar ante el órgano sustantivo la solicitud de la correspondiente licencia municipal, concesión o autorización, acompañada de la documentación que se determine reglamentariamente.
- El Órgano Sustantivo da traslado del expediente a la Comisión Interdepartamental Provincial correspondiente, incluyendo las observaciones que se estimen pertinentes, en su caso, el resultado de la información pública realizada.
- El Órgano Ambiental Competente emite el Informe Ambiental, que tiene carácter vinculante en el supuesto de que resulte desfavorable.

Los titulares de las actuaciones sujetas a informe ambiental presentarán ante el órgano sustantivo, junto con la documentación necesaria para la tramitación del procedimiento sustantivo, como mínimo la siguiente documentación:

1. Identificación de la actuación:

- Objeto y características generales de la actuación.
- Plano del perímetro ocupado a escala adecuada como mínimo 1:5000.

2. *Descripción de las características básicas de la actuación y su previsible incidencia ambiental*, haciendo referencia, en su caso, a las diferentes alternativas estudiadas. Esta descripción deberá aportar al menos datos relativos a:

- Localización.
- Plano de situación a escala adecuada indicando las distancias a edificios, instalaciones o recursos que pueden verse afectados por la actuación.
- Oportativamente, fotografías aéreas o colección fotográfica del emplazamiento y el entorno.
- Afecciones derivadas de la actuación: excavaciones, desmontes, rellenos, obra civil, materiales de préstamos, vertederos, consumo de materias primas, afectación a recursos naturales y cualquier otra afección relacionada con la ejecución y funcionamiento de la actividad.
- Análisis de los residuos, vertidos, emisiones o cualquier otro elemento derivado de la actuación, tanto en la fase de ejecución como en la de operación.

3. *Identificación de la incidencia ambiental de la actuación*, con descripción de las medidas correctoras y protectoras adecuadas para minimizar o suprimir dicha incidencia, considerando, en su caso, las distintas alternativas estudiadas y justificando la alternativa elegida. Esta descripción deberá considerar como mínimo:

- Incidencia sobre el entorno territorial (suelo, patrimonio cultural, flora, fauna y gestión de los residuos).
- Incidencia sobre el medio atmosférico (inmisiones, ruido y vibraciones).
- Incidencia sobre el medio hídrico (recursos superficiales, recursos subterráneos, contaminación difusa y contaminación de acuíferos).

4. *Cumplimiento de la normativa vigente*. Se deberá establecer y justificar el cumplimiento de la legislación vigente relativa a:

- Normativa ambiental vigente.
- Aspectos ambientales contemplados en otras normativas sectoriales y de planteamiento territorial o urbanístico.

5. Programa de seguimiento y control.

Como complemento y resumen a lo anteriormente indicado deberá aportarse:

- Resumen no-técnico de la información aportada.
- Identificación y titulación de los responsables de la elaboración del proyecto.

C) DECRETO 297/95, de 19 de diciembre, por el que se aprueba el Reglamento de Calificación Ambiental

La calificación ambiental es el procedimiento mediante el cual se analizan las consecuencias ambientales de la implantación, ampliación, modificación o traslado de las actividades incluidas en el anexo III de la Ley 7/94, con el objeto de comprobar su adecuación a la normativa ambiental vigente y determinar las medidas correctoras o precautorias necesarias para prevenir o compensar sus posibles efectos negativos sobre el medio ambiente.

La aplicación de este documento, no constituye una creación nueva sino que surge de una adaptación del Reglamento de Actividades Molestas, Insalubres, Nocivas y Peligrosas de 1961, que hasta ahora estaba rigiendo en esta materia. Por consiguiente, con la aprobación y entrada en vigor de este Reglamento de Calificación ambiental, deja de aplicarse en Andalucía el Reglamento de 1961.

Los titulares de actividades sujetas al trámite de calificación ambiental, dirigirán al Ayuntamiento o ente local competente, junto con los documentos necesarios para la solicitud de la licencia de actividad, como mínimo la siguiente documentación:

1. *Proyecto Técnico suscrito*, cuando así lo exija la legislación, por técnico competente, el cual deberá incluir a los efectos ambientales:

- Objeto de la actividad.
- Emplazamiento, adjuntando planos escala 1:500 y descripción del edificio en que se ha de instalar. En la descripción del emplazamiento se señalarán las distancias a las viviendas más próximas, pozos y tomas de agua, centros públicos, industrias calificadas, etc., aportando planos que evidencien estas relaciones.
- Maquinaria, equipos y procesos productivo a utilizar.
- Materiales empleados, almacenados y producidos, señalando las características de los mismos que los hagan potencialmente perjudiciales para el medio ambiente.
- Riesgos ambientales previsibles y medidas correctoras propuestas, indicando el resultado final previsto en situaciones de funcionamiento normal y en caso de producirse anomalías o accidentes. Como mínimo en relación con:
 - Ruidos y vibraciones.
 - Emisiones a la atmósfera.
 - Utilización del agua y vertidos líquidos.
 - Generación, almacenamiento y eliminación de residuos.
 - Almacenamiento de productos.
- Medidas de seguimiento y control que permitan garantizar el mantenimiento de la actividad dentro de los límites permisibles.

2. *Síntesis de las características de la actividad* o actuación para la que se solicita la licencia, cumplimentada, en su caso, en el modelo final correspondiente.

3. Aquellos *otros documentos* que los Ayuntamientos exijan con arreglo a su propia normativa.

Con respecto al apartado de *Disciplina Ambiental*, la Ley 7/94, considera que la protección del Medio Ambiente, además de las

medidas preventivas para no ocasionar daños durante las actividades, debe constar de un instrumento coactivo que sirva de garantía frente a los incumplimientos de la normativa.

La incorporación de la disciplina ambiental, pretende establecer las intervenciones de las Administraciones públicas en la vigilancia y control, en la asignación de responsabilidades y en la imposición de sanciones.

Sin perjuicio de la responsabilidad penal, civil o de otro orden, la Ley atribuye responsabilidad administrativa a todas aquellas circunstancias que, por acción u omisión, infrinjan lo prevenido en la misma.

En esta Ley se van a fundamentar todos los estudios de impacto ambiental hechos en la Comunidad Autónoma de Andalucía.

Una vez descrita toda la información requerida para la realización de la EIA, se tratarán las diferentes metodologías utilizadas en los estudios de impacto ambiental, las cuales deberán cumplir la normativa dispuesta para conseguir la adecuación legal de la/s actividad/es a establecer, necesaria para obtener la Declaración de Impacto Ambiental. Dicha declaración, es el pronunciamiento del órgano medioambiental competente, en el que se indica si la evaluación ha resultado favorable o desfavorable, y en cual deberán establecerse expresamente las condiciones específicas para la prevención ambiental de las actuaciones posteriores, concretándose de este modo, qué medidas y en qué cuantía deberán adoptarse para preservar el medio ambiente y los recursos naturales.

Capítulo III

LA EVALUACIÓN DE IMPACTO AMBIENTAL: fases y objetivos

III.1. Consideraciones generales sobre la EIA

El objetivo de las Evaluaciones de Impacto Ambiental (EIA), es el de llevar a cabo una identificación y valoración lo más objetiva e imparcial posible, de los impactos producidos por la realización de una obra, proyecto o actividad y establecer las medidas de control y correctoras pertinentes para evitarlos (prácticamente imposible) o reducirlos hasta niveles tolerables para el Medio Ambiente.

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

Las metodologías y técnicas utilizadas para la realización de las EIA son muy variadas y dependen de múltiples factores como:

- Tipo de proyecto o actuación a evaluar.
- Grado de profundización que pretendamos obtener.
- Cantidad y calidad de información disponible.
- Tiempo disponible para su elaboración.
- Presupuesto.

Podemos comprobar cómo una misma metodología es apropiada para evaluar un tipo de proyecto pero no es la más adecuada para otro. Ésto es debido a que la mayoría de ellas se han diseña-

do para proyectos concretos, impidiéndose así el empleo de manera generalizada. Por ello, antes de utilizar una determinada metodología para evaluar una actuación, debemos asegurarnos si aquélla es la más indicada o, en su caso, adoptar otra aunque a priori pueda aportar menos datos que la anterior. No se trata pues de elegir arbitrariamente entre una técnica u otra, sino de cerciorarnos si la escogida es realmente la que más se ciñe a nuestras circunstancias.

En el caso de desconocer qué método de análisis es el más correcto, podemos recurrir a otros aplicados en proyectos parecidos, disminuyendo el riesgo de utilizar metodologías que por ser inapropiadas, bien por falta de datos, o por abuso de subjetividad, puedan aportarnos soluciones muy distantes de la realidad. Esta técnica es conocida como *escenarios comparados*.

Por otra parte, hay una serie de obstáculos que con frecuencia surgen en el proceso de valoración de las EIA; podemos enumerarlos en los siguientes:

- Falta de costumbre de los técnicos a que sus trabajos sean comentados por personas no iniciadas. Uno de los puntos importantes en toda EIA, es la participación ciudadana.
- Información deficiente tanto en la cantidad como en la fiabilidad de los datos.
- Subjetividad en las valoraciones.
- No-consideración de la trascendencia social que las actuaciones puedan provocar.
- Conocimiento insuficiente del medio. Falta de formación adecuada.

Para paliar éstas y otras muchas dificultades es conveniente la presencia de un *equipo multidisciplinar* compuesto por técnicos versados en las diferentes materias a tratar, así como de personas no cualificadas técnicamente pero que su experiencia y conocimientos puedan resultar de gran ayuda. Es importante dis-

poner de la figura de un Jefe de Equipo que los coordine y supervise. Uno de los principales inconvenientes, es la compaginación de disciplinas de difuso contenido ambiental como pueden ser la economía, sociología o las ciencias sociales, que habitualmente coinciden en las EIA.

Objetivo fundamental de toda EIA es el de alcanzar la credibilidad. Para conseguir tal condición son necesarias tres aspectos básicos:

- 1) Prestigio, calidad e independencia del equipo redactor.
- 2) Participación pública transparente.
- 3) Rigor, calidad y fiabilidad de la metodología utilizada.

Como se indica en la definición de EIA (véase la introducción), ésta es un proceso en el que se debe identificar, predecir, valorar y comunicar los impactos ambientales que una actuación causa al Medio Ambiente. Por lo tanto, a grandes rasgos, cuatro son las fases a estudiar:

- *Fase de identificación:* en la que se describen las acciones que se producen como consecuencia de la puesta en marcha del proyecto.
- *Fase de predicción:* en ella tiene lugar la predicción del grado de manifestación de los efectos fruto de las mencionadas acciones.
- *Fase de evaluación:* valoración de los impactos resultantes.
- *Fase de comunicación:* puesta en marcha de un sistema de prevención y posterior corrección de impactos.

Según el grado de profundización que alcancemos en el conjunto de las fases, tendremos diferentes tipos de evaluaciones; de menor a mayor complejidad serán:

Informe ambiental:

No llega a formar parte de una EIA. Se destina a proyectos en los que se va a producir una incidencia ambiental baja, en caso con-

trario se realizará una EIA simplificada; su elaboración resulta conveniente al quedar patente el que se han tenido en cuenta los aspectos ambientales. Tiene lugar como anejo del proyecto y consta de descripciones cualitativas sencillas de los impactos más importantes del proyecto sobre el Medio Ambiente y de las oportunas medidas correctoras.

Evaluación preliminar:

Su utilización es interesante para seleccionar alternativas, así como para decidir si es necesaria una evaluación posterior detallada o simplificada, definiendo el contenido de éstas.

Consta de una valoración de los impactos y de una propuesta de medidas correctoras en las que se incluirá una matriz de identificación sin tener que llegar a una valoración global.

Evaluación simplificada:

Tiene lugar en aquellos proyectos calificados de incidencia ambiental media. Tiene el mismo desarrollo que una EIA detallada pero con un menor grado de profundización. También se aplica a proyectos en los que no es suficiente la aportación del informe medioambiental.

Figurará una valoración de tipo cualitativo en la que no se exigirán ni ponderación de impactos ni evaluación global, salvo en el caso de elegir entre varias alternativas, y un documento de síntesis.

Evaluación detallada:

Se realiza este tipo de evaluación cuando existe gran incidencia ambiental por parte de la actividad. Es la que contiene mayor grado de profundización. Incluirá ponderación y valoración global tanto cualitativa como cuantitativa, así como un documento de síntesis de carácter público. Puede proceder su realización

cuando habiendo realizado una evaluación simplificada, aún existen dudas acerca de la aceptabilidad del proyecto.

Objetivo fundamental de la EIA (y particularmente del EsIA) es el de predecir o diagnosticar la evolución del medio ante la implantación de una instalación, obra o proyecto. Una buena política medioambiental, sería aquella que evitara desde el principio la aparición de efectos indeseables, más que combatirlos una vez creados.

En muchos casos, las evaluaciones y estudios se elaboran en etapas avanzadas de definición o cuando ya están tomadas todas las decisiones finales acerca de las alternativas posibles y en las que difícilmente pueden realizar su cometido. Por consiguiente, es necesario elaborar los estudios en etapas tempranas de planificación, cuando aún es posible cualquier rectificación y toma de decisiones relativas al proyecto. A continuación se exponen los distintos enfoques por los que se pueden optar, en el proceso de realización de una EIA.

Dependiendo del momento en que se realice la Evaluación, tendremos:

- 1) *Enfoque reactivo*: la EIA se efectúa una vez tomada la decisión de ejecutar el proyecto; es el enfoque menos recomendable ya que tanto el rechazo como la modificación del proyecto son prácticamente inviables y, por tanto, sólo queda la opción de aceptarlo.
- 2) *Enfoque semiadaptativo*: es el más utilizado actualmente y consiste en realizar la EIA justo antes de tomar la decisión de ejecutar el proyecto.
- 3) *Enfoque adaptativo*: es teóricamente el más adecuado, pero a su vez el menos practicado de todos. La EIA se realiza en las primeras etapas de toma de decisiones, cuando se fragua la idea de proyecto; de este modo, desde el inicio de la planificación, el proyecto se orientará hacia los aspectos más importantes y conflictivos con el fin de evitar toma de

decisiones medioambientalmente inaceptables y que a posteriori puedan ser causadas por modificación o rechazo del proyecto, con el consiguiente perjuicio que éste pueda acarrear.

III.2. El estudio del impacto ambiental

Dentro de la Evaluación de Impacto Ambiental, ocupa un lugar privilegiado el Estudio de Impacto Ambiental. Se trata de un elemento de carácter técnico, necesariamente objetivo y de carácter interdisciplinar, en el que se identifican y valoran los impactos ambientales ocasionados por la ejecución del proyecto y que culmina, en caso de ser considerado favorable por la administración, con la Declaración de Impacto Ambiental (DIA). Ésta es el pronunciamiento de la autoridad competente en medio ambiente en el que de conformidad con el Real Decreto Ley 1302/86 se determina, respecto a los efectos ambientales previsibles, la conveniencia o no de realizar la actividad proyectada, y en caso afirmativo, las condiciones que deben establecerse en el orden a la adecuada protección del medio ambiente y los recursos naturales.

Los EsIA deben caracterizarse por la transparencia. Este instrumento puede aparecer formando parte integrante de una Evaluación de Impacto Ambiental cuando la actividad o proyecto considerado sea de nueva creación. En tal caso tendrá la función de prever y valorar los posibles efectos que pudieran tener lugar en el futuro como consecuencia de la implantación de la actividad.

Asimismo, puede venir incluido dentro de una Auditoría Medioambiental, caso en el que se pretenda analizar la situación actual de una actividad en funcionamiento. En este supuesto, el EsIA realizará un diagnóstico del medio y del nivel de deterioro ambiental llevado a cabo por la actividad operante.

De cualquier manera, el EsIA servirá de instrumento técnico de valoración y deberá adaptarse al marco legal dispuesto para tal efecto.

Según el artículo 10 del Real Decreto 1131/88, relativo a la identificación y valoración de impactos, en el EsIA se valorarán las alteraciones producidas atendiendo al signo, grado de manifestación cualitativa y magnitud del impacto. También expone que se detallarán las metodologías y procesos de cálculo utilizados en la valoración o evaluación de los diferentes impactos ambientales, así como la fundamentación científica de esa evaluación.

Al tomar la decisión de elaborar un EsIA, de acuerdo con el procedimiento administrativo descrito en apartados anteriores, se acometerán once fases, que cualquier modelo diseñado para la elaboración de un EsIA deberá incluir:

- I. *Análisis del proyecto o de la actividad, y sus alternativas:* se estudiará el proyecto y se efectuará un análisis de las alternativas; selección y justificación de la solución adoptada.
- II. *Definición del entorno del proyecto y posterior descripción y estudio del mismo:* en la descripción se recogerá información de los principales elementos físicos y técnicos del entorno. Ésta se limitará a los aspectos básicos desde el punto de vista ambiental para comprender el funcionamiento del medio sin proyecto o actividad.
- III. *Previsiones de los efectos:* en esta fase se iniciará un primer estudio sin entrar en detalles de las acciones que pueda generar el proyecto
- IV. *Identificación de las acciones del proyecto:* se identificarán aquellas acciones que sean potencialmente impactantes para el medio.
- V. *Identificación de los factores del medio:* se identificarán aquellos factores que sean potencialmente impactados por el proyecto.
- VI. *Identificación de relaciones causa-efecto:* entre las acciones del proyecto y los factores del medio afectados.
- VII. *Predicción de la magnitud:* extensión de la alteración provocada en el factor considerado. Puede ser positiva o negativa.

VIII. *Valoración cuantitativa*: ponderación, obtención de la calidad ambiental y valor del impacto total.

IX. *Definición de las medidas protectoras y correctoras*: se llevarán a cabo las medidas precautorias y compensatorias así como el programa de vigilancia ambiental.

El conjunto de estas nueve primeras fases se corresponden con el contenido de un Estudio de Impacto Ambiental. Las dos fases restantes corresponderían a una evaluación detallada:

X. *Proceso de participación pública*.

XI. *Emisión de informe final*.

III.3. Identificación de acciones causantes de impactos

La realización de una obra o proyecto, tiene como consecuencia la generación de una serie de actuaciones desencadenantes de alteraciones. La determinación de las correspondientes acciones es de vital importancia para prever y valorar los efectos potenciales que la puesta en marcha del proyecto acarrearán al Medio Ambiente.

Cada etapa del proyecto llevará asociada un total de acciones que no tienen por qué ser las mismas. Es por ello, por lo que se debería estudiar para cada fase, las acciones correspondientes causantes de impactos. En general podemos dividir las partes de un proyecto en las siguientes:

- Fase de estudios previos. Planificación.
- Redacción del proyecto.
- Ejecución.
- Explotación.
- Abandono.

Para cada fase habrá una serie de acciones causantes de impactos que diferirán de un proyecto a otro, si bien es cierto, que hay una parte de ellas que son comunes a muchos tipos de actuaciones y que provocan importantes efectos sobre los elementos del Medio.

Para detectar tales acciones, se utilizan distintas herramientas como:

- Listas de chequeo.
- Consulta a paneles expertos.
- Escenarios comparados.
- Matrices generales causa-efecto (p.ej.: Leopold)
- Matrices diseñadas para proyectos tipo (Grandes presas, reforestaciones,...).

En ellas aparece una serie de acciones tipo, que de manera general intervienen en gran cantidad de proyectos y obras; no obstante habrán de adecuarse a las necesidades particulares, bien quitando acciones, que no intervengan, como aportando otras que no estén reflejadas.

La selección de las acciones deberá hacerse atendiendo a los criterios de representatividad, independencia, relación directa con el proyecto, y posibilidad de ser valorados numéricamente. En el apéndice 4, se facilita una relación de acciones susceptibles de causar impactos.

III.4. Identificación de factores

Al abordar este apartado, es habitual dividir y agrupar los elementos y factores del medio susceptibles de ser afectados. Ésto se debe a varios motivos:

- 1) Todos los factores que integran el sistema no tienen por qué verse afectados por el desarrollo de la actuación.

- 2) La zona de influencia del proyecto varía según la/s variable/s considerada/s del Medio (no son las mismas para todos los elementos).
- 3) Las características de las variables, que son indicadores de su calidad o del estado inicial (sin actividad) son distintas.

Los elementos o factores deben cumplir una serie de requisitos para su elección: deben ser representativos del entorno afectado; deben manifestar relevancia y notoriedad respecto a la magnitud del impacto total; es necesario que no se solapen con otros elementos; y por último tienen que poseer facilidad para ser identificados y ser cuantificables.

Es conveniente utilizar una secuencia lógica para caracterizar los factores del medio, que a modo orientativo puede ser:

- Definir las variables básicas afectadas por el proyecto.
- Determinar la superficie alterada para cada variable.
- Inventariar cada una de las variables afectadas.
- Hacer una valoración de dichas variables.

El inventario se puede confeccionar en soporte cartográfico, realizándolo en una escala acorde con las pretensiones del proyecto. Sería perjudicial utilizar tanto una escala con mucho nivel de detalle que aporte información excesiva (de la que probablemente no dispongamos, causando lagunas importantes), como una escala que omita factores trascendentales por no disponer del suficiente nivel de detalle.

III.5. Caracterización de impactos. Técnicas

Se entiende por impacto ambiental, a la alteración, favorable o desfavorable, producida por la presencia y actuación de un pro-

yecto sobre la salud y bienestar del hombre. Esta alteración viene dada por la diferencia entre la situación futura del medio con proyecto y la que tendría si el proyecto no existiera, o lo que es igual, evolución del medio ambiente *con proyecto y sin proyecto*.

Como consecuencia de la interacción de las acciones del proyecto y de los factores que componen el entorno del mismo, se producen, consecuentemente, los impactos ambientales. Por lo tanto, hemos de considerar en la definición de impacto ambiental, dos grandes áreas:

- 1) *El medio natural*, al que se orienta los estudios de impacto físico. Los impactos que le afectan, son: contaminación atmosférica, contaminación de las aguas, ruido y vibraciones, deterioro del suelo, contaminación térmica, efectos de radiaciones ionizantes, etc.
- 2) *El ámbito humano*, que contempla las facetas sociopolíticas, socioeconómicas y culturales. El medio ambiente social es afectado por los siguientes impactos: demografía, economía del medio ambiente, marco jurídico, conflictividad social en áreas urbanas, dotación de equipos e infraestructura, ambiente rural y urbano, conservación del Patrimonio Histórico y Cultural, educación ambiental, concienciación y participación ciudadana, problemática de asentamientos humanos, etc.

La alteración podrá ser positiva o negativa dando lugar, como es lógico, a un impacto beneficioso en el primer caso, o perjudicial en el segundo. A su vez, los impactos pueden ser directos sobre algún elemento del medio o bien indirectos, caso que afecten a un elemento primero, y éste a su vez, afecte a un tercero.

Para evaluar un impacto, se debe proceder de acuerdo a unos criterios de valoración. Éstos son: *Magnitud*: es el grado de afectación de un impacto concreto sobre un determinado factor. Signo (+) o (-); *Extensión o escala espacial*; *Duración o persistencia*;

Momento: fase de proyecto, obra o explotación; considerar si se trata de corto, medio o largo plazo; *Certidumbre*: nivel de probabilidad de que se produzca el impacto. Se clasifica según una escala del tipo: cierto, probable, improbable, desconocido; *Reversibilidad*; *Sinergia*; y *Presencia de medidas correctoras*.

Se distinguirán los efectos: positivos y negativos; temporales y permanentes; simples sinérgicos y acumulativos; directos e indirectos; reversibles e irreversibles; recuperables e irrecuperables; periódicos e irregulares; continuos y discontinuos. La valoración será cualitativa, o si fuera posible, cuantitativa.

Se dispone de múltiples instrumentos para la identificación y valoración de impactos. Entre los más frecuentemente utilizados están:

- Superposición de cartografías temáticas.
- Escenarios comparados.
- Listas de chequeo.
- Matrices causa-efecto.
- Matrices cruzadas, sucesivas o de acción recíproca.
- Redes y gráficos de interacción.

Aquellos instrumentos en los que se reflejan los impactos indirectos de segundo, tercer e incluso mayor orden (caso de las redes de interacción o de las matrices cruzadas), aportan un campo de visión más completo de la situación. Éstas son características que analizaremos en apartados posteriores, al tratar las técnicas empleadas para valoración y evaluación de impactos ambientales.

Las técnicas utilizadas dependerán de la metodología escogida, y ésta será función de la actuación (muchas o pocas variables), de los objetivos que nos hallamos marcado, de la disponibilidad y fiabilidad de datos y de si consideramos todo o parte del problema. Debemos ser cuidadosos en la elección de la herramienta, pues de ello dependerá la exactitud y el grado de fiabilidad del estudio.

III.6. Medidas protectoras y correctoras

La adopción de medidas protectoras y correctoras, que sirven para eliminar o minimizar los impactos negativos producidos por un determinado proyecto, es una etapa muy importante en la evaluación de impactos.

A la hora de establecer estas medidas conviene partir de la premisa de que siempre es mejor no producir la alteración que determinar una medida correctora. En efecto, las medidas correctoras suponen un coste adicional de tiempo y dinero que, aunque en comparación con el importe global del proyecto suele ser bajo, puede evitarse si no se produce el impacto. A esto, hay que añadir que en la mayoría de los casos solamente eliminan una parte de la alteración y, en otros, ni si quiera esto.

Los tipos de medidas correctoras pueden encuadrarse en las siguientes clases:

- *Medidas que reducen el impacto.* Este tipo de medidas correctoras generalmente se consiguen con un diseño adecuado del proyecto limitando la intensidad o agresividad de las acciones que los provocan.
- *Medidas que cambian la condición del impacto,* mediante actuaciones que favorezcan los procesos de regeneración natural o permitan restaurar el entorno afectado.
- *Medidas que compensen el impacto,* en aquellos casos en que el impacto sea recuperable.

Por otra parte, es necesario considerar que gran parte de los impactos puede reducirse en gran medida con un diseño adecuado del proyecto desde un punto de vista medioambiental y un cuidado durante la fase de obras. Es en la fase de planificación y diseño donde pueden efectuarse medidas que encaminadas a paliar los posibles efectos que puedan derivarse del diseño del proyec-

to y para los cuales, caso de no ser contemplados entonces, habría que aplicar medidas correctoras específicas.

También el diseño del proyecto es importante en la elaboración de las medidas correctoras, puesto que su aplicabilidad va a depender de detalles del proyecto tales como el acabado final de los movimientos de tierras, especies vegetales seleccionadas, espacio existente para la instalación de pantallas visuales, etc. Por ello el éxito obtenido al aplicar las medidas correctoras depende en gran medida de que su diseño se contemple coordinadamente con la redacción del proyecto.

III.7. Programa de vigilancia ambiental

Una vez finalizado el estudio de impacto, se debe proceder a la elaboración de Plan de Vigilancia Ambiental (PVA), cuya función consiste en diseñar un sistema que garantice el cumplimiento de las indicaciones y medidas protectoras incluidas en el estudio. Este plan de seguimiento y control, además, tiene como finalidad comprobar la severidad y distribución de los impactos negativos previstos, y especialmente los no previstos cuando ocurran, para asegurar así el desarrollo de nuevas medidas correctoras o las debidas compensaciones donde se necesiten.

Este programa tiene, por lo tanto, las siguientes funciones:

- Comprobar que las medidas correctoras propuestas en el estudio de impacto se han realizado.
- Comprobar la cuantía de ciertos impactos cuya predicción resulta difícil, permitiendo evaluar estos impactos y habilitar nuevas medidas correctoras en el caso de que las ya aplicadas no sean suficientes.
- Es una fuente de datos importante, pudiendo proporcionar:
 - Advertencias inmediatas acerca de los valores alcanzados por los indicadores preseleccionados.

- Información que podría ser utilizada en la verificación de los impactos predichos y mejorar así las técnicas de predicción de impactos, y con ello el contenido de futuros estudios de impacto. Este aspecto es fundamental en los casos en que las predicciones se efectúen mediante la técnica de escenarios comparados.
- Información acerca de la calidad y oportunidad de las medidas correctoras aplicadas.
- En el programa de vigilancia se pueden detectar alteraciones no previstas en el estudio de impacto, debiendo en este caso adaptarse las medidas correctoras oportunas.

El plan de vigilancia ambiental, debe funcionar como un sistema abierto, con capacidad para modificar, cambiar o adaptar el proyecto a las situaciones que se planteen, conservando el equilibrio y cohesión interna necesarios para alcanzar los objetivos, sin olvidar que las acciones que se llevan a cabo influyan en todos sus elementos y se pueda lograr el mismo fin a través de medios o acciones diferentes entre sí.

Capítulo IV

METODOLOGÍAS PARA EL EsIA

IV.1. Introducción

La selección de una determinada técnica o metodología de evaluación dependerá de las necesidades específicas del usuario y del tipo de proyecto bajo análisis. Un conjunto de criterios a tener en cuenta para esta selección, puede ser el siguiente (Pinedo, 1989):

- **Alternativas:** se trata de considerar si las alternativas (si las hubiese) son radicalmente o gradualmente diferentes. En el primer caso, los impactos más significativos no deberán ser contrastados entre sí, sino respecto de un valor de referencia distinto, ya que serán diferentes tanto en magnitud como en tipo. En el segundo caso, las diferencias graduales permiten comparaciones directas de impactos así con un mayor grado de cuantificación.
- **Recursos:** es muy importante valorar el tiempo de que se dispone, así como la experiencia, el presupuesto y datos de todo tipo.
- **Conocimientos acerca de la actividad y del lugar en el que se desarrolla:** cuanto mayor sea la familiaridad del evaluador con la actividad en consideración, y con las características del emplazamiento, mayor será la validez de un análisis subjetivo en la significación de los impactos.
- **Relevancia del tema:** cuanto mayor es la importancia de la actividad (envergadura, repercusión social, etc.) mayor es la necesidad de que sea explicado minuciosamente, cuantificado si es posible, e identificados y analizados los puntos clave.

Estas metodologías de evaluación ambiental, están orientadas a la identificación, predicción y evaluación de impactos, cubren un amplio espectro y no pueden ser rígidamente separadas ni clasificadas. Una primera ordenación puede ser:

- *Metodologías cualitativas.*
- *Metodologías cuantitativas:*
 - *Parciales.*
 - *Globales.*

IV.1.1. Metodologías cualitativas:

Aunque suele recomendarse el empleo de técnicas que expresan el valor del impacto de forma cuantitativa, ésto no es siempre posible. Por ello, un procedimiento utilizado para evaluar un impacto es realizar una valoración cualitativa, consistente en describir los impactos detectados en fases anteriores por medio de una serie de características. Para ésto, el propio Real Decreto 1131/88 de 30 de septiembre en su Anexo I, proporciona un conjunto de propiedades, que son:

- **Magnitud del impacto:** cuando se produzcan o puedan producirse en el futuro, repercusiones apreciables de los recursos naturales o de sus procesos fundamentales de funcionamiento, o en general una modificación relevante del medio ambiente, se considerará a tal efecto como notable, en caso contrario será mínimo.
- **Carácter genérico del impacto:** se refiere a su consideración positiva o negativa respecto al estado previo de la actuación. Será según la legislación, un efecto positivo, “aquél que así sea considerado, tanto por la comunidad técnica y científica, como por la población en general, en el contexto de un análisis completo de los costes y beneficios genéricos y de las externalidades de la actuación contempladas”. Por el contrario, será un efecto negativo “aquél que se traduce en pérdida de valor naturístico, de productividad ecológica, o en aumento de los perjuicios derivados de la contaminación, de la erosión o colmatación y demás riesgos ambientales en discordancia con la estructura ecológica-geográfica, el carácter y la personalidad en una localidad determinada”.

- **Tipo de acción del impacto:** el efecto de la acción sobre el medio natural o sus elementos, puede producirse de forma directa, cuando provoca una incidencia inmediata en algún aspecto ambiental o de forma indirecta o secundaria cuando el efecto sea debido a la interdependencia, o en general a la relación de un sector ambiental con otro.
- **Grado de complejidad o composición de otros impactos:** se trata de considerar si los efectos que se presentan de forma simple o aislada, varios actuando de forma conjunta, o en combinación sinérgica. Si su modo de acción es individualizado, sin consecuencia en la introducción de nuevas alteraciones el efecto será simple, mientras que si su acción se prolonga en el tiempo, por perpetuarse la acción del agente inductor, con el consiguiente incremento de la actividad del efecto nocivo, será acumulativo. Cuando el efecto conjunto de la presencia simultánea de varios agentes, supone una incidencia ambiental mayor que el efecto suma de las incidencias individuales contempladas aisladamente, se trata de un efecto sinérgico.
- **Características temporales del impacto:** por una parte se podrá clasificar la incidencia como efecto a corto, a medio o a largo plazo, según que pueda manifestarse respectivamente dentro del tiempo comprendido en un ciclo anual, antes de cinco años o en periodo superior. Por otra parte, si la alteración se manifiesta en un periodo limitado, sea de forma intermitente o continua, se considerará efecto temporal, mientras que si la alteración se produce de forma indefinida en el tiempo, el efecto será permanente. Además, por la frecuencia de aparición en el tiempo el efecto puede ser continuo, si se manifiesta de forma constante o discontinua, si se manifiesta mediante alteraciones desiguales o intermitentes en su permanencia. Si esta intermitencia es regular, con lapsos de tiempo similares, se le denomina periódico, mientras que si su aparición se produce de forma imprevisible, hasta el punto de que tales alteraciones es preciso evaluarlas en función de una probabilidad

de ocurrencia, sobre todo en circunstancias de gravedad excepcional se le denomina efecto de aparición irregular.

- **Características espaciales del impacto:** se denomina efecto localizado, si la alteración es puntual, mientras que si afecta a una superficie más o menos extensa será extensivo. Por otra parte, se considera próximo a la fuente, si el efecto se produce en las inmediaciones de la actuación o alejado de la fuente, si el efecto se manifiesta a distancia apreciable de la actuación.
- **Carácter reversible o irreversible del impacto:** el efecto se considera reversible si las condiciones originales aparecen de forma natural al cabo de un plazo medio de tiempo. Cuando los procesos naturales de la sucesión ecológica y de los mecanismos de autodepuración del medio, sean incapaces de retornar a la situación anterior a la actuación en un periodo razonable de tiempo, el efecto se considera irreversible.
- Si el diseño de medidas correctoras viables y la ejecución de las mismas, aminoran o anulan el impacto provocado, el efecto se considera recuperable. Por el contrario, cuando no son viables tales medidas correctoras, o no existen, el efecto se considera irrecuperable. También se incluye en esta cualidad, la posibilidad o no de que el elemento del medio afectado sea reemplazable.

Una vez analizadas las características de los impactos, se analizarán los siguientes puntos:

- Necesidad o posibilidad de poner o no en práctica medidas correctoras para aminorar o evitar la alteración causada por la acción, en función de la importancia de esa acción.
- Probabilidad de ocurrencia: expresa el riesgo de aparición del efecto, sobre todo de aquellas circunstancias no periódicas pero sí de gravedad: alto, medio o bajo.
- Afectación o no a recursos protegidos, entendiendo por tales tanto a monumentos del patrimonio histórico-artístico,

arqueológico y cultural, espacios naturales protegidos, endemismo y especies animales y vegetales protegidas, como elementos relacionados con la salud e higiene humana, infraestructura de utilidad pública, etc.

A la vista de estos aspectos y de las características del impacto, se resume la valoración global del efecto de la acción, según la siguiente escala de niveles de impacto:

- **Compatible:** impacto de poca entidad, aquel cuya recuperación es inmediata tras el cese de la actividad, y no precisa prácticas protectoras o correctoras.
- **Moderado:** aquel cuya recuperación de las condiciones originales no precisa prácticas protectoras o correctoras intensivas, y en el que la consecución de las condiciones ambientales iniciales requiere cierto tiempo.
- **Severo:** la magnitud del impacto exige la adecuación de prácticas correctoras para la recuperación de las condiciones iniciales del medio. Aún con estas prácticas, la recuperación exige un periodo de tiempo dilatado.
- **Crítico:** la magnitud del impacto es superior al umbral aceptable. Se produce una pérdida permanente de las condiciones ambientales, sin posible recuperación, incluso con la adopción de prácticas, o medidas correctoras.

Se indicará también si existe ausencia de impactos significativos por causa de la acción analizada, en cuyo caso no es necesaria la descripción del impacto según los puntos anteriores.

IV.2.1. Metodologías cuantitativas globales

Estos métodos pretenden llegar a una apreciación global del medio a través de la consideración de una serie de componentes, factores o parámetros del medio cuya integración proporcione el valor buscado. Cada componente ha de ser cuantificado y posteriormente agregado con los demás.

Uno de los sistemas más utilizados es el Sistema de Evaluación Ambiental desarrollado en el Laboratorio Battelle para evaluar el impacto de proyectos hidráulicos.

El método Battelle puede utilizarse para medir las incidencias o impactos de acciones de desarrollo sobre el medio ambiente comparando valores del medio a través de unidades de incidencia antes y después de la actuación, o bien para planificar a medio y largo plazo proyectos con el mínimo impacto posible.

Este sistema descompone el medio en una serie de componentes a los que se asigna a través de consulta a expertos un peso derivado de su contribución a la calidad global del territorio. El valor de calidad de cada uno de los componentes se mide a través de parámetros específicos para cada uno, cuyos valores se trasladan a una escala común de calidad ambiental. La suma ponderada de los valores de los indicadores, significa el impacto total del proyecto.

La ventaja de este modelo es que muestra explícitamente los criterios seguidos en la transformación de las escalas cualitativas en cuantitativas.

IV.2.2. Metodologías cuantitativas parciales. Modelos

En sentido amplio, un modelo es una cierta representación de la realidad mediante la cual se busca describirla y analizarla (Ramos *et al*, 1979). Considerados como tales, los modelos son equivalentes a los elementos e interrelaciones del sistema real y pueden ser utilizados para evaluar la magnitud de los impactos en estudios detallados que permitan aproximaciones cuantitativas.

A menudo es posible obtener una evaluación útil del impacto sobre el ambiente utilizando modelos sencillos. La simulación simple es la construcción de modelos de simulación preliminares

cuyos resultados deben interpretarse más en términos de tendencias y posibilidades, que en términos de predicciones numéricas exactas.

Los modelos de simulación más sofisticados son potencialmente los más precisos y completos, pero son mucho más costosos que los anteriores. Los inconvenientes principales en la utilización de estos modelos son:

- Tendencia a incluir en el modelo solamente factores fácilmente cuantificables, en detrimento de factores cualitativos o poco definidos que pueden tener gran importancia en el sistema real.
- Tendencia a considerar los resultados del modelo, como los correspondientes a la situación real y por lo tanto, más confiables que conclusiones cualitativas obtenidas por otros métodos. Hay que tener en cuenta, que estos modelos no son más que representaciones simplificadas de la realidad, y que por ello siempre serán incompletas y defectuosas, como sustitutos del medio natural.

Hay que tener en cuenta que los modelos de simulación tienen una estructura básica que depende de las características y propiedades consideradas en los sistemas ambientales, y que la calidad del modelo depende considerablemente de la calidad de los supuestos de partida así como de su tratamiento.

Warner y Bromley, en el año 1974 clasificaron las Metodologías para la evaluación de impactos en cinco grupos:

- Métodos *ad hoc*.
- Técnicas de mapas y superposiciones.
- Listas de chequeo.
- Matrices
- Diagramas.

Posteriormente **Heer y Hagerty**, establecieron su propia clasificación:

- Métodos de evaluación de proyectos.
- Técnicas gráficas (sistemas McHarg, etc.)
- Métodos numéricos.
- Matrices causa-efecto (sistemas de Leopold, etc.)
- Listas de chequeo.
- Sistemas cuantitativos.

Probablemente, sea **Dickert** quién estableció la clasificación más clara y eficaz. Se refiere a las funciones analíticas de cada modelo. En ella se consideran las funciones analíticas de Identificación, Predicción y Evaluación:

a) Función analítica: Identificación.

Metodología:

- Descripción del sistema ambiental existente.
- Determinación de los componentes del proyecto.
- Definición de las alteraciones del medio causadas por el proyecto (incluyendo todos los componentes).

b) Función analítica: Predicción.

Metodología:

- Identificación de las alteraciones ambientales significativas. Revisión del cambio cuantitativo y/o espacial en el medio ambiente identificado.
- Estimación de la probabilidad de que el impacto (cambio neto ambiental) ocurra (duración de tiempo).

c) Función analítica: Evaluación.

Metodología:

- Determinación de la incidencia de costos y beneficios en los grupos de usuarios y en la población afectada por el proyecto.

- Especificación y comparación de relaciones coste/beneficio entre varias alternativas.

Hasta la fecha son conocidas más de cincuenta metodologías de evaluación impacto ambiental, siendo muy pocas las que gozan de una aplicación práctica y sistemática.

Basándonos en la clasificación de *Dickert*, proponemos una posible ordenación que pueda servir de orientación en la clasificación de los instrumentos más frecuentemente utilizados en EIA:

1. Métodos de Identificación:

- Listas de revisión causa-efecto ambientales, con descripción de los parámetros del proyecto con posible incidencia y de los factores ambientales, indicadores de la alteración del medio.
- Cuestionarios generales o específicos.
- Matrices causa-efecto, donde se relacionan acciones humanas con indicadores de impacto, en cuadros de doble entrada.
- Matrices cruzadas, donde los factores ambientales afectados aparecen tanto en filas (primarios) como en columnas (secundarios) representándose su interacción en el correspondiente cuadro de la matriz.
- Diagramas de flujo que establecen las relaciones de causa-efecto-impacto.
- Experiencias recogidas en situaciones similares (escenarios comparados).
- Métodos gráficos. Superposición de transparencias.
- Listas de control.
- Redes de interacción.

2. Métodos de Previsión o Predicción:

Suelen emplearse modelos reducidos, informáticos, matemáticos, físicos o físico-matemáticos, complementados con una serie

de ensayos y pruebas experimentales *in situ*. Su objetivo es predecir las alteraciones en magnitud, por un proyecto o acción sobre el aire, el agua, el suelo, el paisaje, etc.

Informáticos:

- K-SIM.
- G-SIM.
- IMPRO.

Físico-matemáticos:

- Modelos de difusión de contaminantes en la atmósfera o dilución de contaminantes en el agua.
- Modelos de previsión del grado de eutrofización.
- Modelos de incidencia sobre factores climáticos de los embalses.

3. Métodos de evaluación:

En ellos, los trabajos se orientan a calcular la evaluación neta del impacto ambiental y la evaluación global de los mismos. Entre ellos se encuentran:

- Modelo de Battelle-Columbus.
- Modelo propuesto por Vicente Conesa.
- Modelo propuesto por Domingo Gómez Orea.

A continuación se hará una descripción, análisis y una posterior valoración pormenorizados de las metodologías más frecuentemente utilizadas en la elaboración de los estudios de impacto ambiental, analizando las ventajas e inconvenientes que la utilización de cada una pueda conllevar.

IV.2. Matrices causa-efecto. Método de Leopold

Es el primer método utilizado en las Evaluaciones de Impacto Ambiental. Se originó como consecuencia de un encargo para el Servicio Geológico del Ministerio del Interior de los Estados Unidos en 1971.

Realmente se trata de un método de identificación, éste es, un sistema de información más que de evaluación. Permite una primera aproximación al impacto identificando las interacciones existentes entre las acciones provenientes del proyecto y los factores del medio. Además, es cualitativo y no sistemático, ya que no ordena el proceso a seguir a partir de los datos existentes o generados en cuanto a magnitud de efectos, valores de calidad ambiental resultante o ponderación de los mismos a efectos de comparación; si no que deja estas evaluaciones a juicio del realizador del estudio, ofreciéndole un sistema de base de datos y síntesis de éstos.

Se compone de una tabla de doble entrada, en cuyas columnas figura una lista de las actividades precisas para el desarrollo del proyecto y en las filas una relación de los indicadores de impactos, es decir, de aquellos factores del medio susceptibles de recibir impacto.

El modelo se basa, por tanto, en una matriz en la que vienen reflejadas un total de 100 acciones posibles causantes de impacto y de 88 factores susceptibles de ser afectados.

El primer paso a seguir es la determinación de todas las acciones que puedan tener lugar en el proyecto; las acciones que pueden causar impactos ambientales se distribuyen de la siguiente manera:

- Modificación del régimen (13).
- Transformación del suelo y construcción (19).
- Extracción de recursos (7).
- Procesos (15).
- Alteración del terreno (6).
- Recursos renovables (5).
- Cambio en el tráfico (11).
- Tratamiento y vertido de residuos (14).
- Tratamiento químico (5).
- Accidentes (3).
- Otros (2).

Para más detalle y a modo ilustrativo, en el apéndice 6 se adjunta una tabla con todas las acciones y elementos ambientales que forman parte de una matriz de Leopold.

Una vez determinadas las acciones, se considerarán los factores ambientales que puedan ser afectados significativamente; los 88 factores del medio susceptibles de alterarse son:

- Características físicas y químicas (25)
- Condiciones biológicas (18)
- Factores culturales (36)
- Relaciones ecológicas (7)
- Otros (2)

En consecuencia, la matriz estará formada por 8800 interacciones potenciales (88 efectos×100 acciones) de las cuales sólo un pequeño número será realmente importante y habrá de tenerse en cuenta. En la práctica no se trabajará con las 8800 interacciones. Una de los aspectos más atractivos de la matriz de Leopold es su capacidad para contraerse o extenderse; es decir, el número de acciones y factores puede aumentarse o disminuirse del total. Realizada una selección, finalmente se obtendrá una matriz reducida que normalmente no supera las 50 casillas, y en la que se identificarán las interacciones más relevantes y de mayor

transcendencia para el proyecto. De esta manera el modelo gana en sencillez y facilidad de manejo.

Puede ocurrir que para algunos proyectos, haya acciones importantes que no estén incluidas en la lista. Este aspecto se corregirá, agregando (o en caso contrario eliminando) aquellas acciones que puedan tener efectos de consideración sobre el proyecto y que contribuyan de manera especial al resultado final de la valoración.

Una vez detectadas y establecidas las relaciones acción-factor existentes, se procederá a efectuar una evaluación individual de las mismas, atendiendo a dos valores fundamentalmente:

- a) *Magnitud*: representa la alteración provocada en el factor ambiental considerado (extensión o escala del impacto); se puntúa en una escala que va de 1 a 10, donde el 10 representa la máxima magnitud y el 1, la mínima. Los valores próximos al 5 en la escala de magnitud representan impactos de extensión intermedia. Dicha alteración irá precedida del signo (+), si el impacto es beneficioso sobre el medio ambiente, o del signo (-) caso de resultar negativo. La asignación de un valor numérico de la magnitud de una interacción debe basarse en una valoración objetiva de los hechos relacionados con el impacto previsto.
- b) *Importancia*: está relacionada con lo significativa que la interacción sea, o con una evaluación de las consecuencias probables del impacto previsto; muestra el peso relativo que el factor ambiental considerado tiene dentro del proyecto, ésto es, la ponderación que tiene el impacto en relación con los otros; se trata de un índice de la intensidad o grado de incidencia que tienen las acciones derivadas del proyecto en los factores del medio. El valor numérico de la importancia se basa en el juicio objetivo de la persona o equipo multidisciplinar que trabaje en el estudio. También se califica de 1 a 10, siendo esta última puntuación la co-

respondiente a una interacción muy importante. Tanto en la magnitud como en la importancia, el cero no es válido.

Las casillas correspondientes a cada interacción acción-factor, se dividirán en dos partes según una diagonal, de modo que, en la parte superior se indicará el valor de la magnitud del impacto y en la inferior figurará el valor de la importancia.

La matriz se convierte en una base de datos y en un resumen del estudio de impacto ambiental. El siguiente paso consistirá en evaluar o interpretar los valores calculados. Aquí queda reflejado el carácter de evaluación preliminar que posee ésta herramienta.

Pese a la cualificación y cuantificación mediante el cálculo del efecto, magnitud e importancia, no es posible la agregación o acumulación por filas o por columnas de los valores reflejados en las distintas casillas; por el contrario, sí es aceptable la comparación de casillas de matrices correspondientes a diferentes alternativas de un mismo proyecto.

No obstante, hablando en términos relativos, el sumatorio por filas reflejará la alteración producida por la actuación sobre cada factor ambiental, lo que podemos calificar como *fragilidad* del factor ambiental ante el proyecto. Asimismo, el sumatorio por columnas de la matriz, dará cuenta de cómo afecta una determinada acción sobre el conjunto de los factores, o sea, su *agresividad*.

Dicho esto, se puede escribir un término que exprese el índice general de impacto, pero con las carencias y dificultades que su uso conlleva derivados de la propia construcción de la matriz de impactos. En el apartado de "*La valoración del modelo ideal*", se pone de manifiesto la baja adecuación matemática que posee el modelo consecuencia de la utilización de dicho índice. Como consecuencia de ello se desaconseja su utilización como índice global de impactos, pudiendo utilizarse sólo a título meramente orientativo.

La expresión del índice global de impacto es:

$$IA_T = \sum_{ij} I_{ij} \times M_{ij}$$

En la figura 1, se muestra la estructura correspondiente a una matriz de impactos ambientales.

Figura 1: Ejemplo de matriz de impactos ambientales.

MATRIZ DE IMPACTOS AMBIENTALES		ACCIONES QUE PUEDEN CAUSAR EFECTOS AMBIENTALES																
		OPERACIONES DE INFRAESTRUCTURA			PROCESOS DE ARRANQUE	PROCESOS DE VERTIDO Y TRANSPORTE	PROCESOS DE CLASIFICACION Y TRATAMIENTO	CREACION DE ESCOMBRERAS			MEDIDAS CORRECTIVAS (RESTAURACION)							
		CONSTRUCCION DE OBRAS DE TRATAMIENTO	NUEVOS VIAJES	DESAGUES Y DRENAJES				IMPLANTACION	ACCIONES DE MANEJO DE DRENAJE									
FACTORES AMBIENTALES	IMPACTO GTOAMBIENTAL	TIERRA	SUELO	-8	-4	-2	-10	-8	-9	-10	6	+10	-11	41				
			MORFOLOGIA	-2	-1	5	-10	17	-10	8	+5	9	-18	31				
		AGUA	SUPERFICIALES	-2	-1	-5	-5	9	-10	-8	+10	+5	-16	59				
			SUBTERRANEAS	7	2	2	-3	9	-8	10	+8	+5	0	35				
			CALIDAD				6		9	-10	+2	+7	-1	30				
	ATMOS.	COMPOSICION (gases polvo)				-3	4	-5	9		+3	-5	18					
		RUIDOS				-5	4	-8	8	-2	5	-15	17					
	PROCESOS	EROSION		-4	1	-6	5			-7	+4	+7	-8	25				
		INUNDACION				-5	7			-5	+2	+5	-3	28				
		SEDIMENTACION								-5	5	+5	0	12				
		SUBSIDENCIA								-2	1		-2	1				
		INESTABILIDADES								-7	9	+7	0	19				
		DISOLUCION								-5	5	+5	0	10				
		COMPACTACION Y ASIENTOS						+10	10				+10	10				
	IMPACTO BIOAMBIENTAL	FLORA	ARBOLES	-5	-1	2	-10	10	-3	-5	-10	7	+10	-19	40			
ARBUSTOS Y VEG. HERBACEAS			-8	8		-8	10	-3	-5	-4	7	+1	+7	-15	41			
MICROFLORA									-5	5			-5	5				
AVES								-2	1	-2	2			-4	3			
FAUNA	ANIMALES TERRESTRES				-5	7	-3	4	-3	5	+2	3	6	11	31			
	MICROFAUNA								-5	5			-3	5				
	CULTIVOS								-3	8	+6	9	+3	17				
IMPACTOS SOCIOECONOMICOS	VISTAS PANORAMICAS Y PAISAJES	-10	8		-10	10			-5	-10	10	+5	-30	46				
	ESPACIOS ABIERTOS				-10	10			-10	10	+2	7	-18	27				
	EMPLEO	+5	10		-10	10	-10	10	+2	10	+2	10	+29	50				
	USOS DEL SUELO (Turismo, etc.)				-5	10			-5	10	-8	7	-2	27				
	EVALUACIONES	-30	-7	-11	87	-6	65	-103	35	98	48	11	5	117	49	74	120	64

Ventajas e inconvenientes de las matrices causa-efecto

VENTAJAS:

La matriz de Leopold goza de una serie de ventajas que la hacen especialmente útil en los estudios de impacto ambiental; podemos destacar las siguientes:

- Permite identificar impactos importantes (interesante en la selección de alternativas de un mismo proyecto).
- Fácil de aplicar y económico.
- Adaptable a diferentes proyectos (basta con modificar la lista de acciones y factores).
- Permite identificar impactos en varias fases temporales del proyecto (p.ej. construcción, explotación y abandono).
- Permite describir los impactos asociados a varios ámbitos espaciales (emplazamiento, región,...).
- Interesante como evaluación preliminar; permite una primera aproximación al impacto.
- Detección de relaciones causa-efecto y valoración cualitativa y cuantitativa de dichas relaciones.
- Puede servir como paso previo a la elaboración de estudios más complejos.

INCONVENIENTES:

A pesar de las incuestionables aptitudes que presenta la aplicación de ésta metodología, hay que considerar los inconvenientes que su utilización conlleva:

- Puede haber un exceso de subjetividad en el cálculo de la magnitud e importancia. La colaboración de un equipo multidisciplinar puede aportar un mayor grado de objetividad en las valoraciones.
- Se trata de un método estático en el que no es posible establecer una relación temporal entre los efectos acontecidos en una fase determinada.

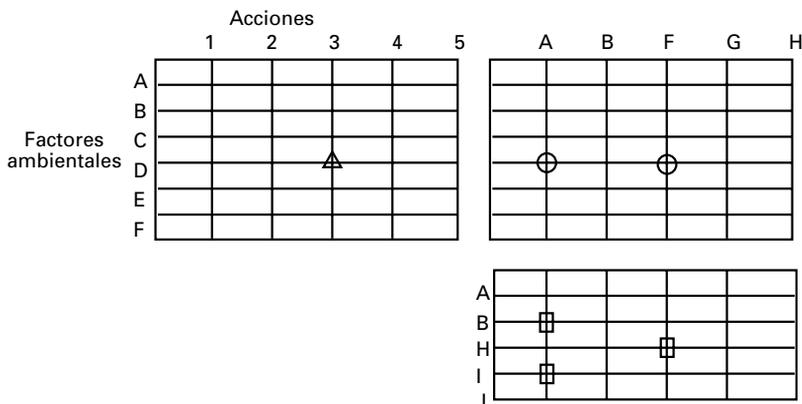
- Sólo se detectan relaciones de primer orden. Es posible acompañar de una “matriz por etapas” o “matriz de impactos cruzados”, que lleve tanto en filas como en columnas las mismas componentes medioambientales, reflejando las relaciones de dependencia entre ellas.
- Tiene un marcado carácter generalista. No concentra la atención del evaluador en los puntos de interés más sobresalientes en cada caso.
- No permite la consecución de un índice de impacto global, al no poder ser agregadas cuantitativamente las filas y las columnas, circunstancia que le confiere cierta pérdida de practicidad y el manejo de gran cantidad de información para cada alternativa.

Como se ha reseñado anteriormente, uno de los *handicaps* que nos encontramos con las matrices simples causa-efecto es que no muestran las relaciones de segundo orden en adelante. Para solucionar esto, se pueden utilizar las llamadas *matrices en etapas* o *de impactos cruzados*.

En estas matrices los factores ambientales se encuentran contrastados frente a otros factores ambientales. De este modo, se pueden mostrar las consecuencias que sobre otros factores ambientales tienen los cambios primarios que se produzcan sobre los factores ambientales.

En la figura 2, la acción 3 produce un impacto sobre el factor D; a su vez, las alteraciones inducidas en el factor D provocan cambios en los factores A y F. En último lugar, las alteraciones inducidas en el factor A provocan cambios en los factores B e I, mientras que los cambios del factor F provocan alteraciones en el factor H.

Figura 2: Concepto de matriz en etapas, (Canter, 1997).



Las matrices por etapas facilitan la identificación de las cadenas de efectos que dan lugar a impactos y también favorecen una visión del medio ambiente como un sistema.

En realidad son un método intermedio entre las matrices simples y los diagramas de redes. Las matrices por etapas con acciones múltiples y con varios tipos y niveles de impactos pueden llegar a tener representaciones gráficas muy complejas.

Resumen de observaciones sobre las matrices:

Podemos establecer una serie de consideraciones generales y observaciones a tener en cuenta en el uso de las matrices de interacción:

- a) Es muy importante definir cuidadosamente los límites espaciales de los factores ambientales, así como cada factor ambiental, las fases temporales y las acciones específicas asociadas al proyecto que se proponen y la puntuación del impacto o las escalas que se usen en la matriz.
- b) Una matriz debe ser considerada como un instrumento de análisis, con el objetivo clave de mostrar claramente la argumentación que se ha utilizado para la puntuación de los impactos asignados para una determinada fase temporal y

- una acción de proyecto, y unos límites espaciales de un factor ambiental determinado.
- c) El desarrollo de una o más matrices preliminares puede ser una técnica útil para discutir una acción propuesta y sus posibles impactos ambientales. Puede ser útil en las primeras fases del estudio para facilitar el entendimiento de los miembros del equipo en las implicaciones del proyecto y en el desarrollo de planes detallados para estudios más amplios sobre impactos ambientales e impactos específicos.
 - d) La interpretación de las puntuaciones debe considerarse muy cuidadosamente, particularmente cuando para el proyecto propuesto pueda haber grandes diferencias entre unas zonas u otras o entre las distintas fases temporales.
 - e) Si las matrices de interacción se usan para mostrar la comparación entre distintas alternativas, es necesario utilizar los mismos referentes básicos de la matriz en términos de límites espaciales, factores ambientales, fases temporales y acciones de proyectos para cada alternativa que se analice.
 - f) Uno de los inconvenientes sobre las matrices de interacción es que las acciones del proyecto y los factores ambientales aparecen divididos artificialmente, aunque debieran considerarse todos juntos. Es posible utilizar notas a pie de página de una matriz para identificar los grupos de acciones, factores y/o impactos que deberían considerarse conjuntamente.
 - g) El desarrollo de una matriz de interacción preliminar no quiere decir que deba incluirse en la evaluación ambiental o el estudio de impacto subsiguiente. La matriz preliminar puede usarse como una herramienta interna de trabajo en la planificación y desarrollo del estudio.
 - h) Es posible utilizar la ponderación de la importancia para factores ambientales y acciones de proyecto. Si se elige este planteamiento, es necesario definir en detalle los razonamientos que permiten asignar los pesos correspondientes a cada importancia.
 - i) El uso de la matriz obliga a considerar las acciones y los impactos del proyecto propuesto en el contexto de las de-

más acciones e impactos de ese proyecto. En otras palabras, la matriz evita que se dirija la atención a una sola acción o a un solo factor ambiental.

Las matrices de interacción son, por tanto, metodologías fáciles de construir y manejar, que nos dan una visión global, esquemática, sencilla y muy operativa, del conjunto de las posibles relaciones de un factor con una acción. De esta manera, permiten identificar y plasmar con gran funcionalidad los efectos más significativos e importantes causados por una actividad y especialmente útiles como evaluación preliminar y detección de relaciones causa-efecto (identificación de impactos).

IV.3. Métodos gráficos: superposición de transparencias

La técnica que a continuación se explica se utilizó en su forma más sencilla ya en estudios pioneros de planificación física, aunque no fue hasta 1950, cuando Tyrwhitt hizo mención de ella. Éste aconseja que todos los mapas de los elementos o variables utilizados en estos estudios se presenten en papel transparente para, de esta forma, poder realizar por superposición, una síntesis de interpretación de todos ellos.

La técnica de superposición de transparencias, se ha empleado frecuentemente en estudios de evaluación de impactos ambientales, ligados con planificación y ordenación del territorio (autopistas, ferrocarriles, canales, gasoductos, etc.).

Este tipo de modelo fue propuesto por McHarg (1968), y ha sido analizado y discutido por diversos autores: Calderón (1984), Clark *et al.* (1979), Gómez Orea (1985), Esteban Bolea (1977, 1984), Arce (1988), etc.

La base del modelo consiste en superponer, sobre un mapa del área de estudio, convenientemente subdividida, transparencias que, mediante códigos de color o símbolos, indiquen el grado de impacto previsible de cada subzona en el caso de llevar a cabo el proyecto o actuación propuesta.

Cada transparencia se dedica a un factor ambiental y la escala de tonos de color puede ser utilizada para dar idea de la mayor o menor magnitud del impacto.

En los estudios donde se pretende determinar la aptitud de un territorio para acoger unas determinadas actividades o delimitar los impactos, no se superponen directamente los mapas de los diferentes elementos o variables, sino que se trata de integrar mapas que presenten zonas con igual valor respecto a la capacidad de acogida o vulnerabilidad del territorio para una cierta actividad.

Por ello, en una etapa previa, se distinguirán todos los elementos o variables que presten cualidades semejantes al territorio respecto a la definición de los impactos ambientales causados por las actividades. Una vez hecho ésto, los tipos con igual valor se dibujan a parte y se colorean (p.ej. pendientes suaves en el elemento pendiente, bosques de conífera en el elemento vegetación, etc.), superponiendo los mapas así obtenidos.

En el empleo de esta técnica surgen varias dificultades. Entre ellas podemos destacar que el número total de mapas superpuestos es limitado, debido a la dificultad que puede suponer interpretar una cantidad elevada de tonalidades distintas (impactos). Asimismo, los mapas dibujados no sirven más que para una actividad, siendo necesario repetir el proceso de dibujo y coloreado para cada una de las actividades que intervengan.

Para superar dichos inconvenientes, Steinitz y col. (1976), idearon variantes de la técnica, que debido a su operatividad pasamos a describir:

A. Integración de elementos con el mismo peso:

Se parte de los mapas temáticos de los elementos o variables que consideremos relevantes en nuestro trabajo. A partir de éstos, se dibujan otros mapas que recojan por separado los tipos de cada elemento, es decir, desglosamos cada mapa temático del medio en otros tantos mapas como tipos de elementos tenga.

Una vez obtenidos los mapas de todos los tipos de elementos que intervienen, los pasamos a soporte transparente monocolor. Este paso lo podemos efectuar mediante máquinas fotocopadoras o mediante técnicas informáticas. Como resultado se obtienen los distintos mapas bien en papel vegetal, acetato, etc., consiguiendo que todos los mapas tengan el mismo color (rojo, azul, verde,...) y el fondo transparente.

Para cada actividad a contemplar, se procede a realizar las siguientes operaciones:

- Selección de los elementos que tengan relación con el posible impacto que la actividad pueda ocasionar en el medio.
- Dentro de cada elemento, se procede a una nueva selección de los tipos de elementos que se consideren significativos como determinantes de la vulnerabilidad del territorio.

Es decir, se procede a una selección de las transparentes monocolors de entre todas las que previamente se habían realizado. Así, una vez seleccionados los elementos cuyos tipos o clases puedan ser significativos en la determinación del impacto, se toman las transparencias de aquel o aquellos tipos de cada elemento que sean representativos y se superponen.

El resultado de la superposición de éstas láminas es un mapa con diversas intensidades de color, según se hayan solapado un número mayor o menor de las zonas coloreadas en los diferentes mapas transparentes.

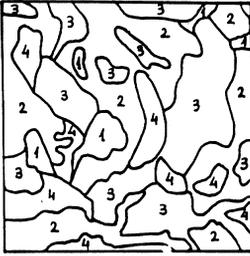
De este modo, tendremos tantas tonalidades de color como transparencias hayamos superpuesto. Las zonas en blanco (sin color), indican que son partes indiferentes o no relevantes en cuanto a la previsión de impactos ambientales de la o las actividades consideradas.

En este mapa final se diferenciarán, por tanto, diversas intensidades de colores en el que los tonos más intensos señalan las zonas más vulnerables, aquéllas en las que el impacto es mayor, y los tonos menos intensos, las menos vulnerables, correspondientes a los impactos de menor cuantía.

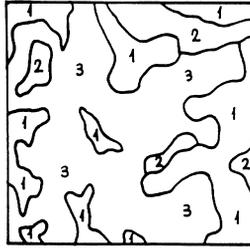
Como es obvio, cuanto mayor sea el número de transparencias que se han de superponer para componer el mapa final, mayor será el número de diferentes tonalidades en él, pudiendo llegar, en algunos casos, a ser difícil la diferenciación de los tonos. Por ésto, el número de transparentes utilizados, es decir, el número de elementos seleccionados en relación con cada una de las actividades, ha de ser limitado, procurando elegir sólo aquellos más representativos y que aporten información relevante.

A modo ilustrativo, podemos ejemplificar el uso de esta técnica, aplicándola a la identificación del impacto ambiental que puede suponer para el medio ambiente la construcción y puesta en funcionamiento de una almazara. Partimos de los mapas temáticos de los elementos que para la actividad en cuestión consideramos más relevantes de entre todos los que contempla el estudio. En nuestro caso pueden ser: pendiente, suelo y vegetación.

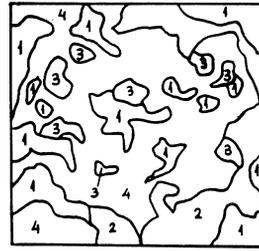
En los mapas temáticos tendremos señalados cuatro tipos de pendientes, tres tipos de suelos y otros cuatro de vegetación:



Mapa de pendientes



Mapa de suelos

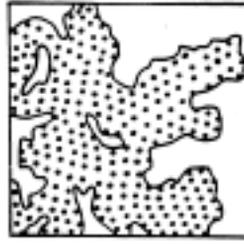


Mapa de vegetación

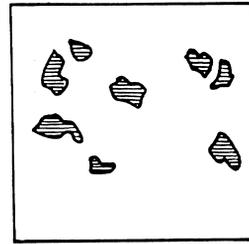
Para la determinación de las zonas más vulnerables respecto a cada una de las actividades se seleccionan los elementos que pueden sufrir impacto al implantar o desarrollar la actividad en estudio, y a continuación se eligen, a su vez, los tipos o clases de estos elementos que sean vulnerables. Dentro de cada elemento, se han considerado significativos los tipo 3 de vegetación, pendiente y suelo:



Mapa de pendientes (3)



Mapa de suelos (3)



Mapa de vegetación (3)

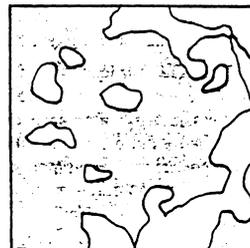
En el caso de que dentro de un mismo elemento resulten significativos más de un tipo, se superpondrán las transparencias correspondientes y la resultante funcionará como una sola:



Tipo 4



Tipo 1



Transparentes superpuestos

Las transparencias correspondientes se superponen y se obtienen los mapas definitivos, interpretándolos de acuerdo con la manera descrita anteriormente, (en el ejemplo se ha sustituido el color por tramas):



Superposición de transparencias

Mapa de capacidad

B. Integración de elementos con distintos pesos:

Otra alternativa puede ser la asignación de pesos diferentes a los distintos elementos o a los tipos de éstos que intervienen en el desarrollo de la actividad. Por tanto, se procede a ordenarlos de acuerdo con su significación en relación con la actividad considerada.

Una vez seleccionados los elementos y los tipos correspondientes que se consideran significativos en la determinación del impacto, se agrupan todos aquellos tipos que se estima tienen el mismo significado o importancia para estudiar el impacto causado, ordenando esos grupos según una escala nominal que puede ser:

1. Impacto máximo.
2. Impacto medio.
3. Impacto mínimo.

Por último, se establece una relación entre los tipos definidos en la escala nominal y unos valores conmensurables enteros, pues para reflejar estos pesos en el mapa final, cada valor señalará el número de transparencias que hay que superponer del mismo tipo de un elemento en el momento de la superposición final.

Así pues, como ejemplo podemos asignar a las clases de impacto los siguientes valores:

Clases de impacto	Valor
Máximo	3
Medio	2
Mínimo	1

Si se quiere significar que para el desarrollo de una actividad el impacto previsible es máximo para el tipo de pendiente 3, medio para el tipo de suelo 3 y mínimo para el tipo de vegetación 2, al superponer las transparencias de todos los elementos, se superpondrán tres del tipo de pendiente 3, dos del tipo de suelo 2 y una del tipo de vegetación 2.

En este caso, la interpretación del mapa final es idéntica al caso descrito en el apartado A.: las zonas de tono más intenso serán aquellas en las que el impacto es máximo y viceversa.

Ventajas e inconvenientes de la técnica de superposición cartográfica:

VENTAJAS:

Las ventajas más destacables de este tipo de métodos son las siguientes:

- Son útiles para localizar geográficamente el impacto, diferenciándolo sustancialmente del resto de los métodos que no prestan atención a esa localización espacial.
- Llevan implícito cierto grado de agregación o suma de impactos, todavía grosera, mediante la superposición de transparencias.
- Son útiles en la comunicación de resultados, tanto en la forma agregada final como parcialmente, transparencia a transparencia. Ayudan a la comunicación del número, tipo y localización de los receptores del impacto.

- Ayudan de manera directa a la decisión, pues detectan zonas de menor impacto.
- Son también útiles para localizar la ubicación de futuras estaciones de control de determinados impactos, como por ejemplo el ruido.
- Es un método rápido de realizar.
- Económicamente es muy asequible.
- Posee manejabilidad de los datos: resulta fácil operar con los distintos mapas y posibles alternativas.
- Tiene facilidad para la detección y corrección de errores.

INCONVENIENTES:

Como contrapartida, pueden mencionarse las siguientes desventajas:

- La propia naturaleza del método, que exige superponer transparencias, limita el número de impactos que pueden ser considerados en una misma fase u operación.
La utilización del ordenador puede ser útil en la elaboración de mapas compuestos, pero esto exige, como es lógico, una mayor dotación presupuestaria y más tiempo cuando es necesario diseñar el programa, pero permite aportar una mayor flexibilidad.
- La utilización de mapas de elementos naturales conlleva la existencia de dos tipos de errores, ya que generalmente identifican zonas uniformes (no son mapas en los que las líneas unen puntos del mismo valor); éstos son:
 - a) *Error horizontal* o error en la posición de los límites de las zonas. Este error es más acusado en los mapas de suelos, de vegetación y de pendiente, en los que generalmente existe una zona de transición entre los diferentes tipos cartográficos de gran dificultad de representación.
 - b) *Grado de pureza* o de uniformidad de las zonas separadas.

En error máximo admisible en una superposición, será función de la suma de los errores horizontales de cada mapa y del producto de la pureza de cada mapa más los errores que se introducen en la superposición final; así:

$$A = f(\sum H_i, \pi \times P_i, e)$$

Siendo:

A = probabilidad de que una determinada combinación de tipos de los elementos en la realidad se encuentre en la localización dada en el mapa final.

H_i = error horizontal admisible en cada mapa.

P_i = pureza de cada mapa.

e = error de superposición.

Por ejemplo, si se considera la superposición de siete mapas con un error horizontal en los límites de 0.5 mm (considerado como un error bastante aceptable) y con una pureza del 80 % (que puede considerarse muy buena, dada la dificultad de dibujar zonas homogéneas respecto a los elementos naturales), el error final sería:

Error horizontal final: $0.5 \times 7 = 3.5$ mm.

Pureza final: $(0.8)^7 = 0.209$

Este error, sin embargo, puede ser menor cuando se superponen mapas de elementos que estén correlacionados, pues entonces los errores de los distintos mapas pueden compensarse admitiendo como error final el valor medio de los errores horizontales H_{med} . Si se admite, además, que la pureza del mapa final es la misma que la del mapa del elemento que tenga menor exactitud, resulta:

$$A = f(H_{med}, P_{min}, e)$$

El error horizontal puede reducirse considerablemente, e incluso eliminarse transmitiendo los datos al mapa base con un mínimo de error.

IV.4. Listas de chequeo de contraste

Las listas de chequeo o de contraste, también denominadas listas de revisión o de control, es uno de los métodos más sencillos y simples utilizados en la identificación de impactos ambientales.

Se trata de un método de identificación cualitativo o semicuantitativo, compuesto por una serie de listas más o menos extensas en las que, dependiendo de su contenido, constan de:

1. Acciones asociadas con proyectos o actividades que puedan producir impacto.
2. Factores o componentes ambientales susceptibles de ser alterados.
3. Parámetros o indicadores de impactos, representativos de una magnitud.

Su objetivo es facilitar un análisis tan amplio como sea posible, de las posibles consecuencias de las acciones contempladas.

Cualquiera de estos tipos de listas puede tener carácter general o bien particular para un tipo de proyecto determinado.

En el primer caso (carácter general), hay que efectuar un proceso de selección de los elementos que sean apropiados. De este modo, se añadirán aquellos elementos que afecten al proyecto y no estén reflejados en las listas, e igualmente, se suprimirán aquellos otros que, estando presentes en las listas no intervengan en el proyecto.

Este tipo de listas, están confeccionadas con intención de generalidad, siendo exhaustivas y detalladas en su composición, con el fin de tener validez y capacidad de adaptabilidad a la evaluación de muchos tipos de proyectos o actuaciones diferentes.

En el caso de que tratemos con listas de carácter particular, referentes a proyectos específicos, el procedimiento se simplifica en parte al trabajar con una relación de elementos que en su mayoría van a ser aplicables al caso que estemos tratando. Así, tan solo tendremos que rectificar algunos de los elementos que componen el total de la lista, facilitando el trabajo de identificación y detección de factores.

Las listas de acciones que pueden producir impacto sirven esencialmente para la identificación de relaciones causa-efecto, ya que son listas de *causas* de alteraciones en el medio ambiente.

Debe quedar claro, pues, que se trata de listas (independientemente del tipo que se utilice), altamente flexibles, que no constituyen una fórmula rígida, pudiendo reducirse o ampliarse en función de las necesidades que sean requeridas.

Los métodos de listas de chequeo, atendiendo a la complejidad y aportación de información, se pueden clasificar en diversos tipos:

- a) *Listas de control simples*: son listados de factores o parámetros ambientales que deben ser estudiados, pero sin proporcionar información sobre los datos específicos que se requieren, los métodos de estimación o la predicción y evaluación de impactos. No entran en términos de valoración ni interpretación.
- b) *Listas de control descriptivas*: se refieren a métodos que incluyen listas de factores ambientales junto con información sobre cómo realizar las estimaciones, la predicción y la evaluación de impactos. En ellos se presenta la información referida a los efectos sobre el medio ambiente.

Además, según se incluyan elementos de ordenación y asignación de pesos, tendremos:

- c) *Listas de verificación y escala*: se incluye, además, una escala subjetiva de valoración de impactos ambientales. Dicha escala dependerá del criterio del técnico o, en su caso, del equipo multidisciplinar que aborde el estudio.
- d) *Listas de verificación, escala y ponderación*: se añade, además, unas relaciones de ponderación de factores en las escalas de valoración, mediante una asignación de pesos a los distintos elementos.

Veamos, a continuación, cuál es el contenido y la estructura de las listas de control simples, de las listas descriptivas y de las de ponderación, métodos frecuentemente utilizados en los estudios de impacto ambiental.

A. *Listas de control simples*:

Las listas de control simples constituyen un planteamiento válido para sistematizar los estudios de impacto.

En lo referente a este trabajo, orientaremos los ejemplos expuestos hacia el campo agronómico, que es el que nos ocupa primordialmente, y hacia el cual se pretende dirigir y enfocar de manera particular el contenido del mismo.

Es muy amplia la tipología de listas existentes dependiendo del tipo de proyecto o actividad a la que estén destinados. Así, nos podemos encontrar relaciones de elementos referidos a diversas actividades, y con una estructura muy diferente.

Ejemplo de ello, son las listas que desarrolló el Servicio de Investigación Cooperativa del Departamento de Agricultura de los Estados Unidos (USDA) para proyectos que pudieran afectar a terrenos agrícolas (USDA, 1990). Estas listas de control pueden utilizarse para planificar un estudio de impacto ambiental o para resumirlo.

Constan de una serie de epígrafes relacionados con elementos del terreno y su entorno y las posibles acciones que pudieran ser causa de impacto. Éstos son:

- Formas del terreno.
- Aire/climatología.
- Agua.
- Residuos sólidos.
- Ruido.
- Vida vegetal.
- Vida animal.
- Usos del suelo.
- Recursos naturales.
- Energía.
- Transporte y flujos de tráfico.
- Servicio público.

Las listas se completan contestando *sí* o *no* a unas serie de preguntas destinadas a cada epígrafe, pudiendo añadirse comentarios anexos aclaratorios si fueran necesarios.

En el apéndice 8, se exponen detalladamente las listas de control del USDA para tratar los impactos ambientales, (US Department of Agriculture (USDA), 1990, Añadido B, págs. 1-7).

Otra variante de listas de control simples, son las utilizadas por la Comisión Económica y Social para Asia y el Pacífico (ESCAP). Esta comisión desarrolló una lista de control en forma de cuestionario integral para proyectos de pequeños embalses.

Las mencionadas listas se componen de 11 apartados correspondientes a:

- Medio biótico natural.
- Riesgos ambientales.
- Conservación y usos de los recursos.
- Calidad y cantidad de agua.

- Calidad del aire/medio atmosférico.
- Ruido/medio sonoro.
- Instalaciones/servicios comunitarios.
- Recursos históricos.
- Recursos visuales.
- Economía y medio ambiente.
- Planificación, coordinación y crecimiento.

El modo de completar dichas listas es contestando a una serie de sencillas preguntas mediante el asentimiento o la negación, marcando con una X la casilla correspondiente. Al igual que el método anterior, permite el uso de la sección *explicación* para clarificar los puntos que los requieran o añadir información.

Estos cuestionarios son útiles para identificar factores ambientales y proporcionar información sobre la predicción y evaluación de impactos.

En el apéndice 9, se exponen unas Listas de control modificada para proyectos de pequeños embalses, (Economic and social Commission for Asia and the Pacific (ESCAP), 1990, págs. 22-26):

Se podrían citar otras muchas listas de control, algunas centradas en ciertos tipos o categorías de impactos.

Por último, y para no hacer demasiado tedioso este trabajo, se tratan, debido a su especial importancia, unas listas de impacto sobre la salud. Éstas han sido tenidas en cuenta y estudiadas por diferentes instituciones como la US Agency for International Development, 1980; el Banco Mundial, 1982; la World Health Organization Regional Office for Europe, 1983, etc.

Como ejemplo, en el apéndice 10 se cita una lista de control en forma de cuestionario, de posibles impactos potenciales sobre la salud, de actuaciones y proyectos de recursos hidráulicos y de

regadío de la Organización Mundial de la Salud (OMS), (World Health Organization, Regional Office for Europe, 1983, pág. 13).

B. Listas de control descriptivas:

Como se indicó anteriormente, incluyen factores ambientales junto con información sobre cómo realizar las estimaciones, la predicción y la evaluación de impactos. Analizan factores o parámetros y en ellas se presenta la información referida a los efectos sobre el medio ambiente.

La utilización del conocimiento profesional con relación a los impactos de la mayoría de los tipos de proyectos, puede ser apoyada recurriendo las listas organizadas de factores ambientales de interés, de tipos de proyectos específicos.

Son usadas frecuentemente en los estudios de impacto ambiental y han sido objeto de estudio por parte de numerosos organismos así como de técnicos versados en la materia, dando como resultado listas de control descriptivas adaptadas y particularizadas a diversos tipos de proyectos y actuaciones.

Para evaluar los proyectos de recursos hídricos, Canter y Hill (1979) elaboraron unas listas que comprendían 65 factores ambientales relacionados con el control de la calidad ambiental para proyectos de embalsamiento. En ellas, para cada factor se incluye información sobre su definición y medida, (ver apéndice XI).

Otro ejemplo de listas de control es el sistema informatizado de impacto ambiental desarrollado por el Laboratorio de Investigación del Cuerpo de Ingenieros del Ejército de Estados Unidos (EICS). En este sistema, el medio ambiente se ha dividido en once áreas temáticas: ecología, salud, calidad del aire, agua superficial, agua subterránea, economía, sociología, ciencias de la tierra, usos del suelo, ruido y transporte.

Dentro de cada una de estas categorías se definen parámetros adicionales. Aproximadamente se definen 1000 factores ambientales específicos en las once categorías ambientales. Sobre esta base, es posible tener una lista de control que tratan los impactos de aproximadamente 2000 actividades básicas sobre unos 1000 factores ambientales.

El sistema informático se utiliza para identificar posibles impactos asociados con los diversos tipos de actividad. En cierto sentido, este método es parecido a una matriz de interacción informatizada. Aquí la consideramos como una lista de control descriptiva porque cada uno de los factores ambientales aparece descrito en detalle, con información adicional sobre los sistemas de medición y de interpretación de datos

C. Listas de control de ponderación:

La peculiaridad de estas listas es la utilización de relaciones de ponderación de factores. Son métodos complejos que implican la asignación de pesos relativos a la importancia de los factores ambientales y la aplicación de escalas, la puntuación o jerarquización de los impactos de cada una de las alternativas respecto a los factores ambientales.

Es necesario describir la metodología seguida en tal asignación de pesos, con el fin de clarificar los procedimientos y las bases establecidas para su cálculo.

Muchos profesionales de la Evaluación de Impacto Ambiental, se oponen al uso de las listas de control para la toma de decisiones de base numérica. Algunos argumentos en contra del uso de índices agregados están relacionados con los siguientes aspectos (Lee, 1983):

1. La debilidad de la ordenación o puntuación de impactos dado que tales decisiones pueden ser muy subjetivas.
2. Se confía simultáneamente en puntos de vista distintos sobre la ponderación de los factores de decisión y se basa

en la utilización de argumentos no documentados o sesgados en la asignación de pesos.

3. La posibilidad de proporcionar una falsa percepción dependiendo del grado de sofisticación, objetividad y precisión que se alcanza en la toma de decisiones.

Para tratar estos aspectos, debe hacerse el esfuerzo de incorporar los valores y puntos de vista de la comunidad, sobre el proceso de ponderación de la importancia.

Las listas de control de ponderación son especialmente valiosas para exponer las diferencias que se consideren entre alternativas y sus impactos ambientales asociados, siendo útiles, por tanto, para la selección del tipo más adecuado de la actuación propuesta.

Uno de los campos en los que las listas de control pueden ser de gran utilidad, es en la toma de decisiones. Mediante la asignación de pesos a los diferentes factores se puede establecer un criterio de selección que sea determinante en la adopción de una alternativa.

La figura 3, corresponde a una lista de control de ponderación utilizada en un estudio de impacto ambiental de una depuradora de aguas residuales con tres ubicaciones posibles. Se usaron dos grupos de pesos de importancia; los factores que tenían asignada una importancia de 2 eran considerados más importantes que los factores con una importancia asignada de 1. El estudio puntuó cada una de estas tres ubicaciones (A, B y C) sobre una escala de 1 a 3, donde 1 implica el peor emplazamiento y 3 el mejor emplazamiento, según cada uno de los 13 factores de decisión considerados. La mejor localización según la evaluación compuesta de los datos presentados fue la C, que obtuvo una puntuación de 40.

Figura 3: Lista de control de ponderación.

Factores de decisión	Importancia	Peso de la importancia (2 = el más grande).	Puntuación: (1=peor;3=mejor)		
			Ubic. A	Ubic. B	Ubic. C
1. Coste de construcción	Inversión con participación federal	1	2	2.5	3
2. Coste de explotación	Gasto continuo, incluyendo costes energía	2	1	2.0	3
3. Reutilización no potable	Beneficio económico higiénico, la clave es la proximidad a usuarios	2	1	2.0	3
4. Reutilización potable	Mayor alcance que el factor 3, las mejores ubicaciones están en campos regados o de la estación de agua.	1	3	2.5	1
5. Posibles olores	Se asume un buen diseño de la estación y de su funcionamiento.	2	2	1.0	3
6. Otros conflictos con usos del suelo	Posible interferencia con terrenos agrícolas o residenciales.	1	2	1.0	3
7. Superficie del emplazamiento disponible	Capacidad y flexibilidad para expansiones futuras.	2	3	2.0	1
8. Relación con el crecimiento del área	Se asume un crecimiento hasta el nivel de estatal (en un período de 50 años).	1	3	2.0	1
9. Impactos de la construcción	Restitución de redes y servicios.	1	1	2.0	3
10. Salud empleados	Contaminación del aire.	1	3	3.0	2
11. Capacidad de realización	Problemas de adquisición de terrenos.	1	3	1.0	2
12. Operatividad	Una estación es mejor que dos.	1	1	2.0	3
13. Fiabilidad en el funcionamiento total	Se asume igual en todas las estaciones.	1	2	2.0	2
Total	Puntuación × importancia, acumulados (número más alto = mejor ubicación)		34	32.0	40

Otro ejemplo de lista de control de puntuación de impacto se muestra en la figura 4, utilizando el método de Adkins y Burke (1974). En ella se desarrollan las comparaciones de dos rutas alternativas de transporte según los factores ambientales.

En la figura se muestra las comparaciones y su puntuación resumida relativa al transporte, el medio ambiente, los factores sociológicos y económicos. La evaluación global de cada alternativa se basa en el número de puntuaciones positivas y negativas que recibió, así como en la media aritmética de sus puntuaciones.

Ventajas e inconvenientes de las listas de control:

VENTAJAS:

Como ventajas de este método, cabe citar:

- Es un método simple y fácil de usar.
- Útil en evaluaciones preliminares y sobre todo como recordatorio de temas a tratar.
- Bastante útil en la administración, en la que pueden existir listas de control elaboradas para determinados tipos de proyectos, que incluyan también los criterios a seguir en la valoración y unas directrices para enjuiciar los resultados.
- Posibilidad de identificar casi todas las áreas de impacto.
- Útiles para identificar factores ambientales y proporcionar información sobre la predicción y evaluación de impactos.
- Las listas de control ponderadas pueden ser de gran utilidad en la selección de alternativas.

INCONVENIENTES:

Las desventajas más destacables de las listas de control como métodos de evaluación de impactos, pueden resumirse en que:

- No proporcionan instrucciones para la interpretación de los efectos indirectos.
- No indican plazos, ni probabilidad de que se produzca el impacto, ni riesgo asociado.
- No dan interrelaciones entre los componentes ambientales, por lo que es difícil detectar efectos secundarios originados por cadenas causa-efecto.

Figura 4: Lista de control de puntuación

Factor	Definición o explicación	Puntuaciones alternativas:		Comentarios
		1	2	
A. Comunidad (área local).				
1. Contaminación acústica.	Relación con niveles actuales de Política y Procedimientos 20-8ppm	-2	-1	El descenso del tráfico en las calles ayuda a su reducción.
a. Junto a la autovía.				
b. Área general.		+3	+1	
2. Contaminación del aire.				
a. Junto a la autovía.	PPM 20-8	+2	+1	Reducción del tráfico en las calles.
b. Área general.		+5	+2	
3. Drenaje.				
a. Junto a la autovía.	Efectos sobre la probabilidad de riadas, etc. +2	+1	0	Ruta 1 ayudaría ligeramente.
b. Área general.		0	0	
4. Abastecimiento de agua.	Interferencia con el movimiento o el nivel de agua subterránea.	0	0	Poco efecto, si hay alguno.
a. Contaminación del agua		0	0	
b. Cantidad del agua.		0	0	
5. Eliminación de residuos.	PPM 20-8, acceso a, interfiere, etc.	0	0	Poco efecto, si hay alguno.
6. Efectos sobre la flora.	NEPA y PP, 20-8, pérdidas irremplazables.	0	0	Poco efecto, si hay alguno.
7. Efectos sobre la fauna.	NEPA y PPM 20-8, cría o nidificación, etc.	0	0	Poco efecto, si hay alguno.
8. Parques.	PPM 20-8, mejora o deterioro de.	+5	+2	Mejora el acceso a.
9. Parques infantiles.	PPM 20-8, mejora o deterioro de.	+5	0	Ruta 1 mejora el acceso a.
10. Yacim. Arqueológicos.	NEPA y PPM 20-8, pérdida de o acceso a, etc.	0	0	No se afecta ninguno.
11. Sitios históricos.	PPM 20-8, pérdida de o acceso a, etc.	+2	+1	Mejora el acceso a.
12. Espacios abiertos.		+3	+1	Abre espacios al retirar construcciones.
13. Aspecto visual.				
a. Junto a la autovía.	PPM 20-8, vista de la autovía desde la comunidad.	+3	+1	Mejoran las áreas.
b. Área general.		+2	0	
14. Seguridad.				
a. Tráfico.	PPM 20-8, cualquier cambio en los riesgos.	+3	+1	Ruta 1 alivia más las calles.
b. Peatones.		+5	+1	
c. Otros.		-	-	Ruta 2 implica a más personas.
15. Otros.	PPM 20-8, por ejemplo, otros recursos			

Continuación

B. Usuarios de la autovía.					
1. Vista de la autovía.	Apariencia y seguridad.	+3	+1	Ruta 1 mejores vistas	
2. Vista de áreas adyacentes.	Estética o vistas especiales.	0	+1	Ruta 2 mejores curvas	
3. Vistas panorámicas.	Panoramas.	+1	+3	Ruta 2 buena	
4. Riesgos del área	Riesgos para los usuarios y los vehículos de la autovía.	+3	-1	Ruta 1 expondría a los conductores al humo industrial.	
Puntuación-resumen:					
	Alternativa:			Alternativa:	
	1	2		1	2
Núm. de punt. (+)	15	12	Suma de punt.	44	14
Núm. de punt. (-)	1	2	Media de las puntuac.	2.75	1.00
Proporción de punt. (+)	0.94	0.86			

- No ofrecen indicaciones sobre la localización espacial del impacto.

Resumen de observaciones sobre las listas de control:

- Las listas de control proporcionan un enfoque estructurado para identificar los impactos claves y factores ambientales pertinentes que han de ser considerados en los estudios de impacto. Las listas más largas de factores o de impactos no necesariamente presentan una mejor identificación, dado que es necesario ser selectivo para escoger los impactos y factores de mayor relevancia. Las listas de control se pueden modificar con facilidad (añadir o eliminar elementos) para hacerlas más apropiadas a un determinado proyecto en una ubicación dada.
- Pueden usarse para estimular o facilitar las discusiones interdisciplinarias en el equipo durante la planificación, la dirección y el resumen del estudio de impacto.
- Al utilizar las listas de control es importante definir cuidadosamente los límites espaciales que se usan y los factores ambientales. Además, debe definirse cualquier código o terminología que se use.

- d) Se debe incluir documentación de los argumentos básicos que permiten identificar los factores e impactos claves. En este sentido, es una gran ayuda realizar la cuantificación de impactos-factores y la comparación con estándares.
- e) Los factores e impactos de una lista de control pueden agruparse para demostrar impactos secundarios y terciarios y/o interrelaciones del sistema ambiental.
- f) La ponderación de las importancias puede asignarse a los factores ambientales o a los impactos claves; la argumentación y la metodología para la asignación de pesos deben definirse con claridad.
- g) Los impactos claves que deben corregirse, pueden identificarse mediante el uso sistemático de una lista de control simple o descriptiva.

IV.5. Diagrama de Redes de Interacción

Se trata de un procedimiento que pretende poner de manifiesto las interacciones entre componentes ambientales y, por tanto, las relaciones causa-efecto de segundo, tercer y más alto grado, mediante la identificación de las interrelaciones entre las acciones causantes de los impactos y los factores medioambientales alterados.

Se parte de una lista de acciones, las cuales se ligan a cambios en el medio ambiente mediante relaciones causa-efecto, lo que en el método se denominan “condiciones de cambio”. Se distingue, pues, una cadena de tres eslabones: causa-condición-efecto. Después de la última columna se puede incluir una columna vertical adicional para la descripción de los mecanismos de control y las medidas correctoras, en cada caso, así como para cualquier otra anotación que sea de interés.

En la elaboración de las redes, cada vez que se va a incluir un nuevo “eslabón” en la cadena, es decir, interrelacionar una acción causante de impacto con un factor medio ambiental, hay

que cuestionarse cuál es la posibilidad de que se produzca esa condición de cambio, y si ésta tiene la suficiente entidad para incluirla en la red. Obviamente, estas cuestiones deben ser resueltas por especialistas en cada campo de conocimiento.

Existen muchas variantes del método. A continuación, se exponen diversos ejemplos de diagramas de redes, en los que se pueden apreciar varios tipos de los diseños empleados en su construcción.

Los dos primeros diagramas expuestos (figuras 5 y 6), corresponden a un proyecto de embalse, del Servicio de Conservación de Suelos de Estados Unidos, y a un proyecto de dragado, correspondiente a Sorensen; quizá la propuesta de este último sea una de las más conocidas y aceptadas en la realización de redes de interacción.

En ambos diagramas la acción inicial aparece en la izquierda, mientras que las demás acciones causales y los factores que reciben los impactos aparecen en las distintas fases del diagrama.

Figura 5: Ejemplo de un diagrama de redes para analizar impactos ambientales posibles (US Soil Conservation Service, 1977).

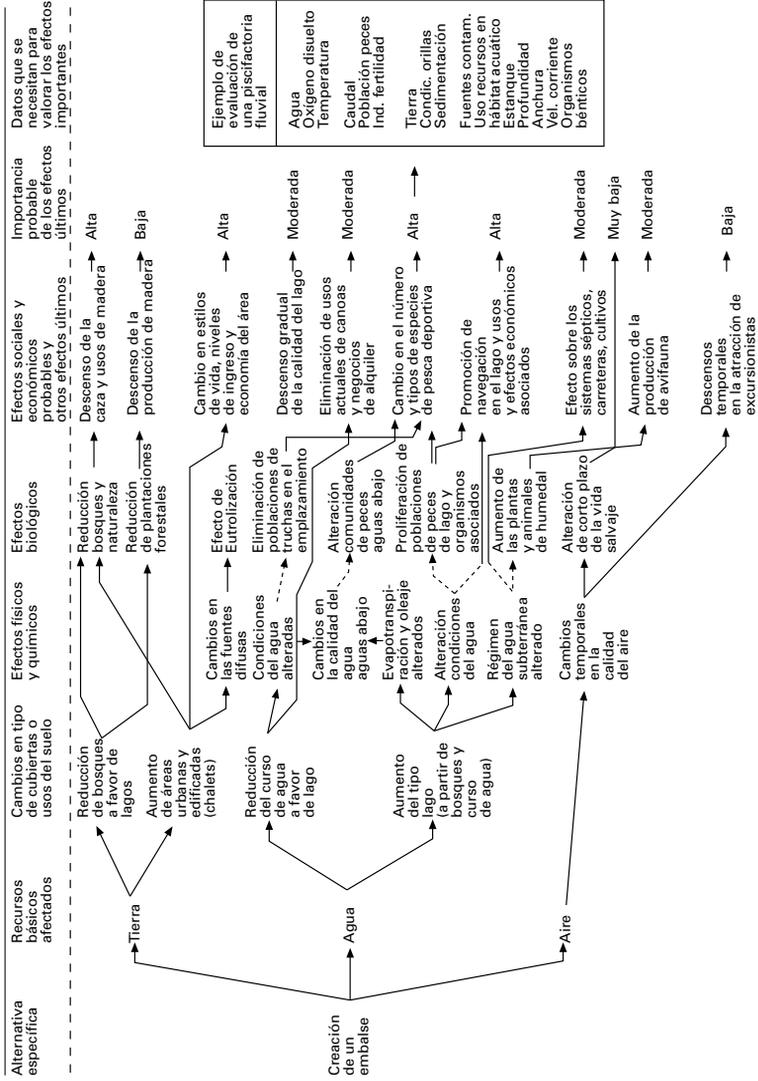
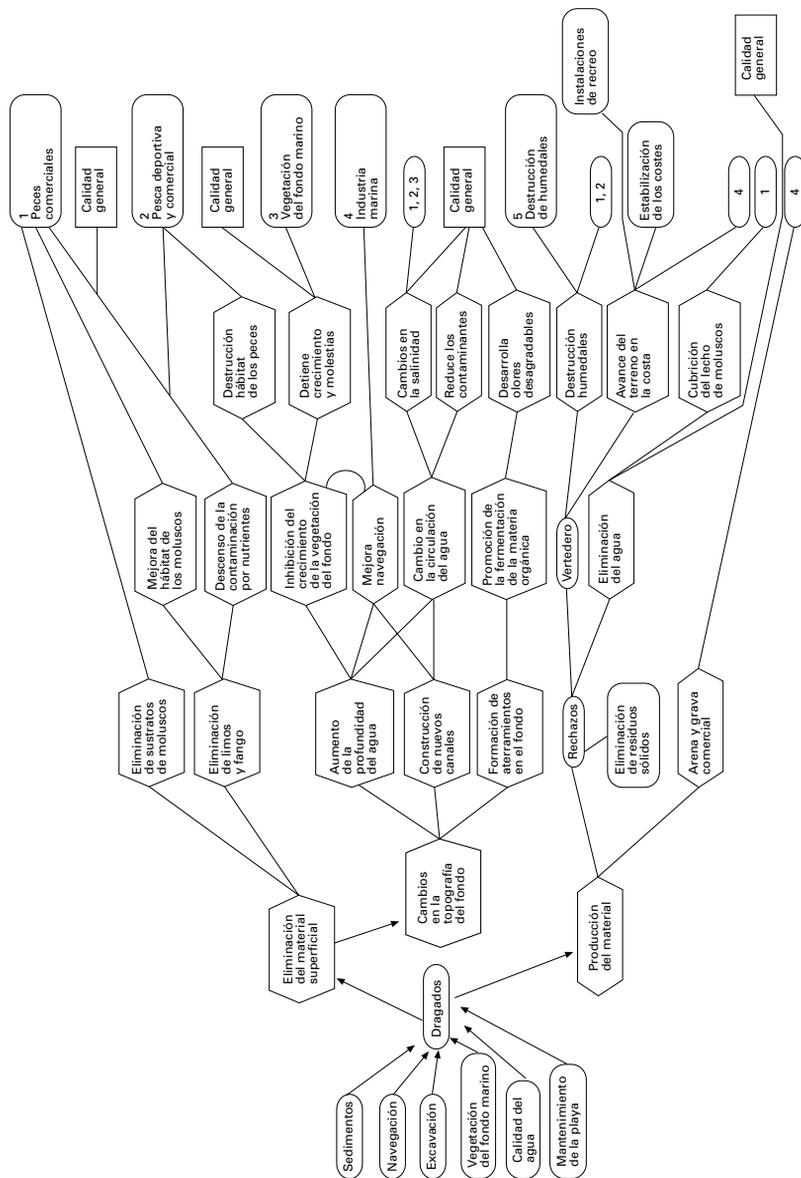


Figura 6: Diagrama de redes para un proyecto de dragado (Sorensen, 1971).

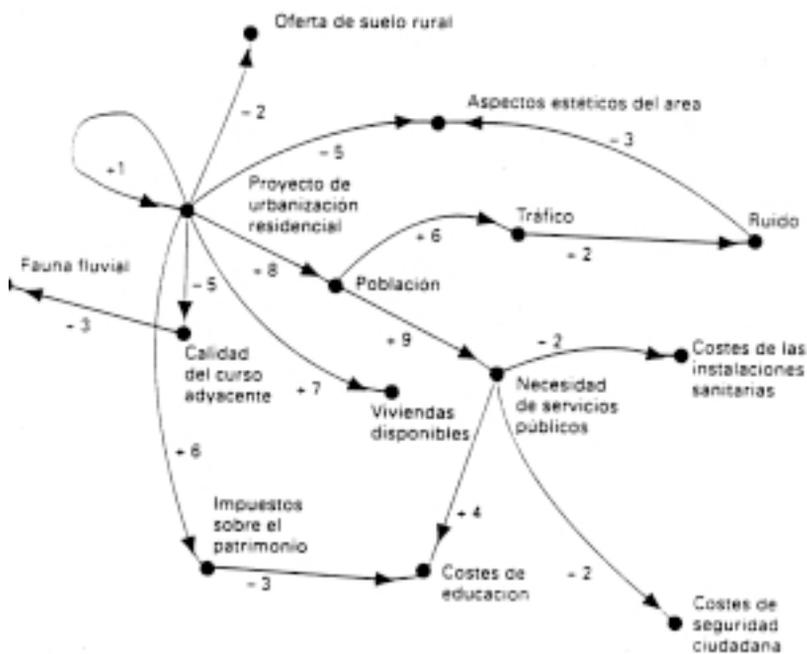


Una variante de las redes de interacción son los denominados *gráficos directos* o *digrafos*. Presentan un gráfico dirigido que muestra los impactos primarios de un proyecto. En ellos se pueden ver relaciones numéricas en las que los signos:

(+): indican un efecto de aumento; por ejemplo, un aumento del vector factor x nos lleva a un aumento en el vector factor y , y un descenso en x lleva a un descenso en y .

(-): indica un efecto de inhibición; por ejemplo, un aumento en x lleva a un descenso en y , y un descenso en x lleva a un aumento en y .

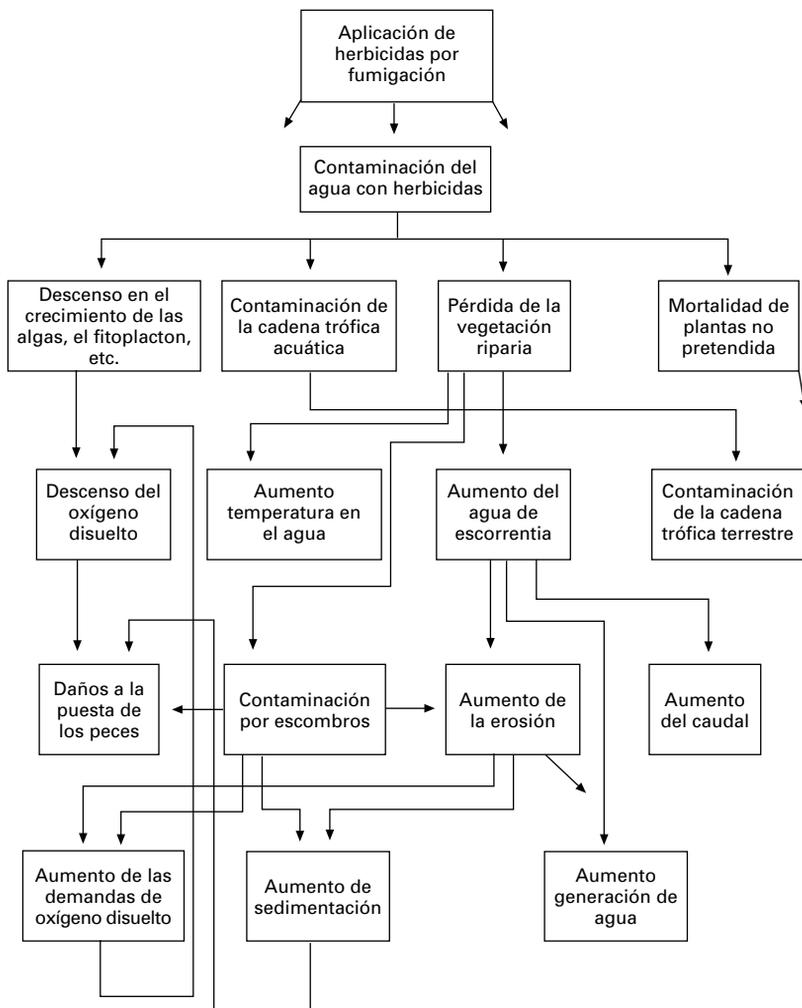
Figura 7: Ejemplo de un grafo directo o digráfico, de los impactos primarios del proyecto de urbanización residencial (Hepner, 1981).



Dichas relaciones pueden desarrollarse mediante cuestionarios a profesionales (Hepner, 1981).

Por último se muestra un ejemplo de variante en la presentación de estos diagramas (figura 8). Se trata de un *diagrama de red*, a veces denominado *árbol de impactos*. Se refiere a un estudio de la aplicación aérea de herbicidas (fumigación). En él se puede observar una disposición diferente en la organización de la red.

Figura 8: Sección de un árbol de impactos o diagrama de red



Ventajas e inconvenientes de los diagramas de redes:

VENTAJAS:

Ventajas aportadas en la utilización de éste método:

- Identifica efectos primarios, secundarios y terciarios (problema que no resolvían las matrices) y las relaciones causa-efecto que origina esa cadena.
- La metodología permite identificar de manera sencilla la existencia de esas interacciones y los impactos previstos asociados a posibles proyectos así como su naturaleza.
- Pueden ayudar a dar una visión amplia de problemas complicados. Permite al analista visualizar las conexiones antes mencionadas.
- Las redes también nos pueden ayudar a organizar el debate sobre los impactos previstos del proyecto.
- Las representaciones de los diagramas son especialmente útiles a la hora de comunicar al público interesado la información sobre un impacto ambiental.
- Los *digrafos* son útiles para representar las relaciones existentes entre los sistemas biofísico y socioeconómico.

INCONVENIENTES:

- La representación gráfica de estas redes es complicada y puede dar lugar a diagramas excesivamente extensos que disminuyen su valor práctico.
- La identificación de efectos antes mencionada, puede convertirse en una tarea subjetiva dado que se deja en manos de especialistas, pero sin un procedimiento normalizado para decidir las relaciones causa-efecto o su importancia relativa.
- La limitación principal es la mínima información que proporciona sobre los aspectos técnicos de la predicción de los impactos y sobre los medios para evaluar y comparar los impactos de las alternativas.

- Los *digrafos* destacan por su complejidad visual y la cuestionada validez de las relaciones numéricas establecidas.
- No es recomendable para grandes actuaciones. Su comprensión en algunos casos puede resultar difícil.

IV.6. Método de Battelle-Columbus

Esta metodología fue desarrollada para la Oficina de Expropiaciones de los Estados Unidos, por los Laboratorios de Battelle-Columbus, como base para la evaluación de los estudios de impacto ambiental de proyectos de planificación de recursos de agua (proyectos hidráulicos). Sin embargo, puede extenderse su metodología de aplicación a otro tipo de proyectos, si bien hay que adaptar los componentes y valores asignados a los índices ponderales al nuevo proyecto o actividad.

Este método permite la evaluación cuantitativa de los impactos ambientales, implicados en un proyecto, mediante la utilización de indicadores homogéneos. Es un método de carácter global, de modelo sistemático, en contraposición con el de Leopold, anteriormente descrito.

Con este procedimiento se pueden abordar dos objetivos:

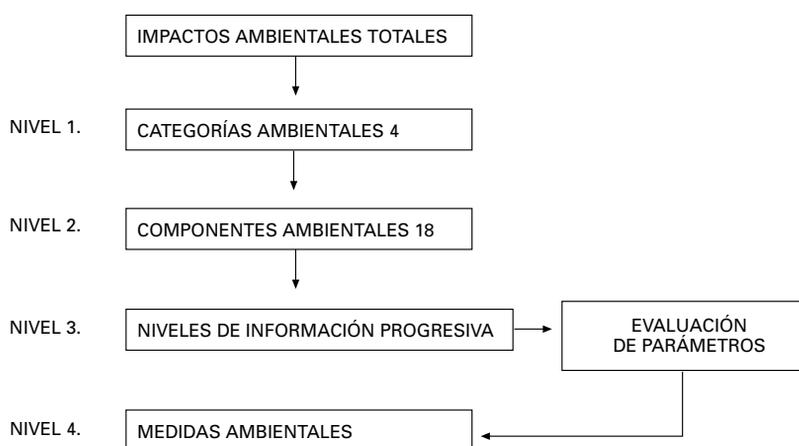
- a) Por una parte, calcular el impacto que puedan producir diversas actividades o proyectos sobre el medio ambiente (nivel de detalle a escala de proyecto).
- b) De otro lado, planificar a medio y largo plazo proyectos con el mínimo impacto ambiental posible (nivel de detalle a escala de proceso de planificación).

La base del sistema es la definición de una lista de indicadores de impacto, ésto es, de 78 *parámetros ambientales*, que representan una unidad o un aspecto del medio natural que merece consi-

derarse por separado. Su evaluación es precisamente la representación del impacto ambiental, originado por la acción o proyecto en cuestión.

Estos 78 parámetros ambientales están clasificados según 18 componentes ambientales, que a su vez se agrupan en 4 categorías ambientales, que dan paso a establecer unos niveles de información progresiva, cuyo último nivel es la evaluación de los parámetros. Es decir, se trata de un formato en forma de árbol que contiene los factores ambientales en cuatro niveles, denominándose a los del primer nivel *categorías*, *componentes* a los del segundo, los del tercero *parámetros* y los del cuarto *medidas*. Gráficamente se pueden representar los niveles de la siguiente manera (figura 9):

Figura 9: Niveles en la metodología de Battelle



Se tiene, por tanto, una lista de parámetros ambientales con los que se pretende obtener:

- a) Una representación del medio ambiente.
- b) Cierta facilidad en la medición *in situ*.
- c) Una respuesta a las exigencias del proyecto a evaluar, y
- d) La posibilidad de evaluación para ese nivel de proyecto.

Figura 10: Método de evaluación de Battelle.

CATEGORIA AMBIENTAL	COMPONENTES	PARAMETROS	INDICE DE CALIDAD AMBIENTAL			SEÑALES DE ALERTA
			SIN PROYECTO	CON PROYECTO	CAMBIO NETO	
ECOLOGÍA						
FACTORES ESTÉTICOS						
CONTAMINACIÓN AMBIENTAL						
FACTORES DE INTERÉS HUMANO						
<p>UIA = (UIP) X (ICA) (UIA) = UNIDADES DE IMPACTO AMBIENTAL (UIP) = UNIDADES DE IMPORTANCIA DEL PARÁMETRO (ICA) = ÍNDICE DE CALIDAD AMBIENTAL</p>						

El proceso metodológico se puede describir como sigue a continuación:

Una vez establecidos los parámetros ambientales que van a ser considerados en la evaluación del proyecto o actividad, se procederá a la cuantificación de éstos. Siempre que sea posible, los parámetros se deducirán de mediciones reales.

Mediante el uso de las denominadas *funciones de transformación*, se convertirán los valores de los 78 parámetros ambientales, en su equivalencia a una escala de calidad ambiental, obteniéndose el *índice de calidad ambiental*, (ICA).

Posteriormente, se ponderará la importancia de los parámetros según su importancia relativa dentro del medio ambiente. Para ello, se atribuirá a cada parámetro un *peso* o *Índice ponderal*. El valor obtenido se medirá en *unidades de importancia ponderal*, (UIP).

Por último, se calculará el *impacto neto*, fruto del producto del índice de calidad ambiental y de la importancia de cada parámetro medida en unidades de importancia ponderal. El resultado vendrá dado en *unidades de importancia ambiental*, (UIA). El impacto final para cada parámetro considerado se obtendrá por diferencia entre la situación del medio si se lleva a cabo el proyecto y la que tendría el medio si la actuación no se realizara.

Los resultados obtenidos del proceso se plasmarán en un cuadro como el mostrado en la figura 10.

A continuación, se desarrolla cada una de estas fases con mayor detenimiento.

FASE 1. Cálculo del índice de calidad ambiental (ICA):

Tiene como misión, transformar los valores calculados o estimados de los parámetros (valores inconmensurables), en valores conmensurables que permitan su comparación.

Para realizar la transformación de los parámetros estimados a la escala de calidad ambiental, se utilizan las llamadas funciones de transformación; mediante éstas se calcula el índice de calidad ambiental (ICA) para cada parámetro.

Dichas funciones, también llamadas de evaluación, representan en el eje de abscisas los valores de los parámetros o de su correspondiente indicador, mientras que en ordenadas figura una escala que nos da el índice de calidad ambiental. Los valores del índice de calidad ambiental pueden abarcar de 0 a 1, siendo 0 una calidad pobre y 1, una calidad muy buena.

Las funciones de transformación, relacionan pues, la magnitud de cada factor o parámetro en una situación dada o la que se prevé tenga tras la acción o proyecto, siempre en unidades incommensurables con el índice de calidad ambiental que le corresponde.

Estas funciones pueden ser lineales o curvas, con pendiente positiva o negativa, o bien pueden tener un punto máximo o mínimo intermedio, u otro tipo de formas según la correspondiente calidad-magnitud.

Los factores ambientales positivos o beneficiosos, cuya presencia mejora la calidad del medio, presentan funciones directas, con pendiente positiva (calidad del aire, calidad del agua, flora y fauna, paisaje, empleo, etc.).

Los factores negativos, perjudiciales o indeseables, cuya presencia merma la calidad de medio, presentan funciones inversas, con

pendientes negativas (nivel de ruido, olores desagradables, erosión, paro, etc.).

Para cada valor que dispongamos en magnitud bastará con llevarlo sobre las abscisas de la función de valuación o de transformación y obtener en ordenadas el valor de la calidad ambiental de cada factor.

Para obtener las funciones de transformación puede procederse de la siguiente manera:

1. Partir de la máxima información que relacione el factor considerado con la calidad medioambiental, tanto científica, como de la normativa social y de las preferencias sociales en la materia.
2. En el eje de abscisas, crear una escala de tal manera que el menor valor posible coincida con el cero y el máximo con el extremo derecho de la gráfica.
3. En el eje de ordenadas, situar $CA=0$, en el origen O y $CA=1$, en el extremo superior de la gráfica, dividiendo los segmentos en partes iguales.
4. Mediante consultas a paneles expertos y métodos de convergencia tipo Delphi, dibujar la función, expresando la relación entre los intervalos anteriores y la magnitud del efecto sobre el factor.
5. Realizar por segunda vez el proceso con otro grupo de expertos distinto, en el caso de desear una mayor fiabilidad de la función.

FASE 2. *Cálculo del índice ponderal o importancia de cada parámetro(UIP):*

No todos los parámetros contribuyen de la misma manera ni, por lo tanto, en la misma cuantía a la situación medioambiental. Es por ello, por lo que es necesario asignar a cada parámetro, expresado en el índice de calidad ambiental, un valor que sea representación de su mayor o menor aportación al medio ambiente.

Se atribuye a cada parámetro un peso o índice ponderal. Se expresa en unidades de importancia ponderal (UIP) y el valor asignado resulta de la distribución relativa de 1000 unidades asignadas al total de parámetros, que se corresponden con el medio ambiente de calidad óptima.

La técnica de ponderación que se utilizó en el desarrollo del método Battelle-Columbus, se basó en técnicas de ordenación psicosociales y en un procedimiento de consulta tipo Delphi modificado que se expone a continuación. (Dee *et al.*, 1972). La técnica de consulta tipo Delphi, por su especial interés de aplicación, se desarrolla con detenimiento en el apéndice 2.

La técnica de ponderación de la importancia en este sistema de Battelle-Columbus, obliga a considerar a todos los factores sistemáticamente, minimiza los sesgos personales, produce comparaciones consistentes y facilita la convergencia de criterios.

Se usan las siguientes diez fases para la ponderación de la importancia (Dee *et al.*, 1972):

1. Elegir a un grupo de personas para llevar a cabo la evaluación y explicares detalladamente el concepto de ponderación y el uso de sus jerarquizaciones y ponderaciones.
2. Jerarquizar las categorías, componentes o parámetros que se van a evaluar.
3. Asignar el valor 1 a la primera categoría de la lista. Entonces comparar la segunda categoría con la primera y determinar cuántas veces mejor es la segunda comparada con la primera. Expresar este valor como un decimal ($0 < x \leq 1$).
4. Continuar con estas comparaciones de pares hasta que se hayan evaluado todos los elementos de la lista (comparar el tercero con el segundo, el cuarto con el tercero, etc.).
5. Multiplicar los porcentajes y expresarlos sobre un denominador común, utilizando los valores medios de todas las personas que participan en el experimento.

6. Al ponderar las categorías o componentes, ajustar los valores de decimales de la fase 5, si el número de los elementos es distinto en cada grupo de parámetros. El ajuste se hace mediante la proporción de estos valores decimales respecto al número de parámetros (elementos) incluidos en ese grupo. Por ejemplo: El sistema de jerarquía que se muestra en la figura 14, tiene un número distinto de elementos en cada uno de los grupos. Para ser matemáticamente correcto, todos los niveles de la jerarquía deberían tener el mismo número de elementos. Sin embargo, no tenemos el conocimiento suficiente en muchas de estas áreas como para permitirnos un número igual de elementos a igual nivel de detalle. Esta diferencia entre el número de elementos de un grupo y otro debe ser tomada en cuenta cuando se asignen las UIP en la jerarquización y en la ponderación. Así en el procedimiento de jerarquización (fases de la 1 a la 5) se pidió a los investigadores que asumieran un número igual de elementos en los grupos que se comparaban. Estos juicios de valor se ajustaron luego en proporción al número de elementos de cada grupo. Como el objeto del procedimiento de ponderación era asignar pesos a los parámetros, si no se hacía un ajuste, cada uno de los parámetros agrupados bajo la denominación "contaminación del agua" no recibirían peso suficiente en comparación con los del grupo de "ruido", porque el número total de unidades disponibles para contaminación del agua tendría que distribuirse entre 14 parámetros, mientras que en el caso del ruido el total se asignaría al único parámetro del ruido. Por esta razón, las comparaciones entre componentes y categorías deben basarse en los valores medios de las UIP de cada grupo, no en la suma de valores.
7. Multiplicar estas medidas por el número de UIP que se distribuirán dentro del grupo respectivo.
8. Repetir las fases 2 a 7 para todas las categorías, componentes y parámetros.
9. Indicar a las personas que participan en el experimento los resultados del procedimiento de ponderación.

10. Repetir el experimento con el mismo grupo de personas o con otro grupo para mejorar la fiabilidad de los resultados.

A continuación se muestra un ejemplo práctico del desarrollo de estas diez fases elaborado por Dee *et al.*, 1972, que puede ser de gran ayuda para el cálculo de la ponderación de la importancia en estudios de evaluación de proyectos.

Fase 1: Consideramos que vamos a evaluar tres componentes A, B, C (ya seleccionados), y que estos componentes comprenden 8 parámetros, 4 en A, 2 en B y 2 en C.

Fase 2: La jerarquización de los componentes concluye que primero es B, luego C y por último A.

Fase 3 y 4: Asignar pesos basados en criterios técnicos:

$$B=1$$

$$C=1/2 \text{ de la importancia de B}$$

$$A=1/2 \text{ de la importancia de C}$$

Fase 5: Multiplicar los porcentajes y expresarlos respecto a un denominador común. Asumir los valores medios de todas las personas participantes como se indica a continuación:

$$B= 1$$

$$C= 0.5$$

$$A= 0.25/1.75$$

$$B= 1/1.75= 0.57$$

$$C= 0.5/1.75= 0.29$$

$$A= 0.25/1.75= 0.174$$

$$A+B+C= 1.00$$

Fase 6: Ajustar el número desigual de parámetros de cada componente:

$$B= 0.57 (0.25)= 0.14$$

$$C= 0.29 (0.25)= 0.07$$

$$A= 0.14 (0.50)= 0.07$$

$$A+B+C= 0.28$$

Utilizando el nuevo total, los valores de los componentes quedan:

$$B = 0.14/0.28 = 0.50$$

$$C = 0.07/0.28 = 0.25$$

$$A = 0.07/0.28 = 0.25$$

$$A+B+C = 1.00$$

Y los valores medios de los parámetros de B, C y A son:

$$B = 0.50/2 = 0.25$$

$$C = 0.25/2 = 0.125$$

$$A = 0.25/4 = 0.0625$$

Fase 7: Multiplicar los valores ajustados por la UIP apropiada, que asumimos en este caso como 20:

$$B = 20 (0.5) = 10$$

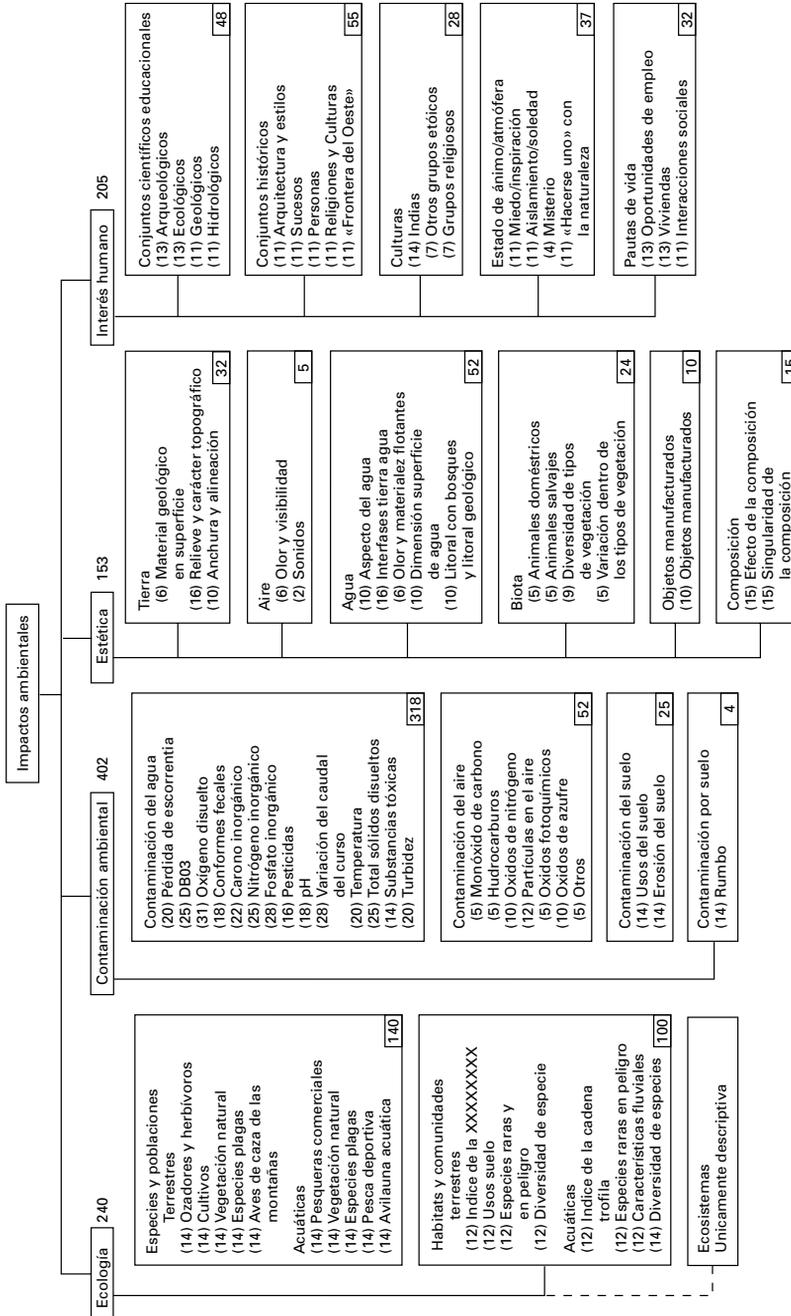
$$C = 20 (0.25) = 5$$

$$A = 20 (0.25) = 5$$

El proceso sigue con las fases de la 8 a la 10, tratando todas las categorías, componentes y parámetros. Luego se revisan los resultados y se itera el proceso hasta que se obtengan estimaciones fiables.

En la figura 11, se muestran los parámetros ambientales del sistema de evaluación medioambiental de Battelle-Columbus, (Dee *et al.*, 1972). Entre paréntesis, junto a cada parámetro, se indican las unidades de importancia ponderal (UIP) o índice ponderal.

Figura 11: Sistema de evaluación medioambiental, (Dee *et al.*, 1972).



Interesa destacar que la asignación de valores a cada parámetro tendrá que revisarse según el lugar en cuestión, ya que su valor puede variar, dependiendo de su mayor o menor contribución a la calidad del medio.

FASE 3. Cálculo del impacto ambiental (UIA):

El cálculo del impacto ambiental para cada alternativa, se calculará a partir del producto del índice de calidad ambiental y las unidades de importancia ponderal calculadas anteriormente. El resultado vendrá dado en *unidades de impacto ambiental (UIA)*.

Así, se tendrá:

$$UIA_j = \sum_1^{78} (ICA)_{ij} \times (UIP)_i$$

Donde:

UIA_j = unidades de impacto ambiental para la alternativa j.

ICA_{ij} = valor del índice de calidad ambiental para el factor i y la alternativa j.

UIP_i = valor en unidades de importancia ponderal del factor i.

FASE 4. Evaluación del impacto ambiental (IAT):

El procedimiento descrito se aplicará a cada uno de los parámetros, en las situaciones que alcanzarían en cuanto a calidad en los análisis “con” proyecto y “sin” proyecto, tanto en la actualidad como en la situación previsible y tendencial.

Se obtendrá, por tanto, una UIA para la situación prevista con proyecto, bajo la actuación de la actividad, y otra UIA para la situación que se prevé tendría lugar sin el proyecto. Es decir, para calcular el impacto causado por el proyecto, se tomará la diferencia, medida en unidades de importancia ambiental, de la situación *con* proyecto y la situación *sin* proyecto:

$$UIA_{j, \text{ por el proyecto}} = [UIA_{j, \text{ "con" proyecto}} - UIA_{j, \text{ "sin" proyecto}}]$$

El impacto total ocasionado por el proyecto será igual a la suma de todos los impactos ambientales originados en cada uno de los parámetros. Esta agregación es posible porque están todos expresados en unidades comparables (UIA).

Impacto ambiental total (IAT):

$$IAT = \sum_{j=1}^{j=78} UIA_j$$

O lo que es lo mismo:

$$IAT = \sum_{j=1}^{j=78} [ICA_{j, \text{ con}} - ICA_{j, \text{ sin}}] \times UIP_j$$

SITUACIÓN DE ALERTA

El modelo dispone de un sistema de alerta, por considerar que hay que detectar ciertas situaciones críticas. Puede ser que el impacto global sea admisible pero puede también que algunos parámetros se puedan ver afectados de forma más o menos inadmisibles.

Las *banderas rojas* se establecen cuando la variación porcentual de calidad en el parámetro producida lo requiera y pueden oscilar entre el 10 y el 40%.

Las banderas rojas o señales de alerta corresponderán a:

- Los mayores impactos adversos.
- Los elementos más frágiles del medio ambiente.

Señalan aquellos impactos que deben ser objeto de más detallado estudio en su análisis y corrección.

El sistema de evaluación de Battelle permite extraer y expresar los resultados finales de diversas formas, dando la posibilidad de adaptarse a requerimientos particulares:

- a) Valoración de la calidad ambiental “sin” proyecto:
 - En situación actual.
 - En situación óptima (determinando qué magnitudes deben tener los factores en ese estado).
 - En situación tendencial (según la evolución prevista por los factores).
- b) Valoración de la situación ambiental “con” proyecto, según se vean afectados los factores por las acciones efectuadas. En esta valoración cuanto mayor sea el índice UIA, menos impacto se creará; es decir, cuanto más se acerque al valor 1000, mejor será ambientalmente el efecto del proyecto.
- c) Valoración del impacto neto del proyecto: por diferencia entre calidad ambiental global “con” y “sin” proyecto.

Ventajas e inconvenientes del modelo de Battelle-Columbus:

VENTAJAS:

- Permite la evaluación sistemática de impactos ambientales de un proyecto cuantitativamente, ya que se opera con unidades conmensurables.
- Permite alertar sobre la existencia de incertidumbres y la posibilidad de impactos extremos.
- Es útil su aplicación en estudios que requieran una valoración cuantitativa, aunque adaptando el modelo; es decir, para medir el impacto que sobre el medio natural originan los proyectos.
- También es ventajoso para planificar a medio y largo plazo, proyectos con el mínimo impacto ambiental posible.

INCONVENIENTES:

- La metodología es válida, pero para otros proyectos deben ajustarse los índices ponderales e incluso variar los componentes.
- La naturaleza de los impactos no está explícita (sólo se determina variación de calidad ambiental de los elementos).
- Los elementos o las acciones responsables de las modificaciones no son identificados.
- No permite considerar interacciones dinámicas porque los efectos inducidos y secundarios no son considerados.
- Con la introducción de banderas rojas mayores y menores, los autores del modelo admiten implícitamente que el resultado final no es un perfecto reflejo de la realidad, (el resultado final de la calidad puede ser aceptable pero, sin embargo, puede haber sido destruido irreversiblemente algún elemento).

IV.7. Metodología propuesta por Vicente Conesa (Fuente: Conesa, 1995)

Este autor nos plantea una metodología para realizar estudios de impacto ambiental. La línea de actuación que sigue, según palabras del autor, es *aquella que permita conocer la alteración que conlleva o va a conllevar sobre el Medio Ambiente una actuación determinada.*

Vicente Conesa, propone y desarrolla un modelo de Estudio de Impacto Ambiental, cuya metodología valorativa está basada en el método de las matrices causa-efecto, derivadas de la matriz de Leopold con resultados cualitativos, y del método del Instituto Battelle-Columbus, con resultados cuantitativos. Consiste en un cuadro de doble entrada en cuyas columnas figuran las acciones impactantes y en filas, los factores ambientales susceptibles de

recibir impactos. Ambos métodos (Leopold y Battelle-Columbus), han sido tratados con anterioridad.

En el desarrollo de la metodología, se realizará el estudio de las posibles alteraciones ambientales ocasionadas por el proyecto o actividad, así como la valoración de las mismas, determinándose los límites de los valores de las variables que entran en juego, bien de forma cualitativa o bien de forma cuantitativa.

Asimismo, se presentará una información integrada de los impactos ocasionados sobre el Medio Ambiente, que una vez introducida en un modelo de valoración culminará en la determinación de un índice global de impacto, cuya finalidad será el conseguir una minoración de los efectos negativos que las acciones del hombre ocasionarán u ocasionan sobre el entorno, consiguiendo de esta manera una integración armoniosa de las actividades en el medio, tanto en fase de proyecto como de funcionamiento, estableciendo la magnitud del impacto, que a posteriori y dependiendo del alcance de la misma, precisará o no de corrección.

El método propuesto, que a continuación se describirá detalladamente (Conesa, 1997), consta de seis apartados que representan la columna vertebral del estudio de impacto:

- Estudio de la actividad y su entorno.
- Valoración cualitativa del impacto ambiental.
- Valoración cuantitativa del impacto ambiental.
- Sistema de alerta.
- Programa de vigilancia ambiental, (PVA).
- Informe final.

A. ESTUDIO DE LA ACTIVIDAD Y SU ENTORNO:

A.1. Análisis de la actividad. Objetivos y alternativas

Dentro del estudio de la actividad y su radio de acción, en este primer apartado se pretenderá desarrollar una visión genérica de

la actividad. Se describirán, por tanto, todos aquellos factores, datos y características del proyecto en cuestión, que sean de interés para llevar a cabo el estudio de impacto ambiental.

De igual manera, se procederá a elaborar un resumen a modo de esquema de las etapas o fases que componen el proyecto o actividad. Éste poseerá un mayor o menor grado de detalle en función de la profundidad con la que queramos acometer el estudio.

Se efectuará una exposición de las áreas afectadas por el funcionamiento de la actividad; se incluirán las alternativas consideradas para la selección del proyecto final, ubicación, proceso productivo, tamaño, costos, calendario de ejecución, creación de puestos de trabajo en las diferentes fases y grado de aceptación pública.

Se dispondrá de la cartografía apropiada para la situación y enmarcación del proyecto en la zona de actuación, así como de las zonas limítrofes potencialmente afectables. Se pondrán de manifiesto las vías y zonas de comunicación.

En cuanto a la escala de trabajo, ésta va a depender de la fase en que se elabore el estudio de impacto. Este factor, junto con la variación que experimentan los factores medioambientales considerados en el área de estudio, es el que va a definir la escala de detalle con que se analiza.

Otro de los puntos que se describirá, será el correspondiente a los recursos humanos utilizados, la cantidad y tipos de materiales empleados, maquinaria, instrumentación necesaria, etc.

Siempre que se planteen distintas alternativas en la toma de decisiones, se estudiarán todas y cada una de ellas, incluyendo la alternativa de *no actuar*, rechazando la realización del proyecto o actividad. Con el objeto de no incluir en el estudio, datos repetitivos

en lo que se refiere a las alternativas contempladas, se propone contemplar una alternativa básica y señalar de forma esquemática las áreas o parcelas del proyecto susceptibles de una variante, con indicación para cada una de ellas, de los aspectos que conlleven una modificación sustancial de la alternativa base.

Entre las muchas variables que se estudiarán y analizarán con detenimiento se encuentran: consumo de agua, productos fitosanitarios, fertilizantes, materias primas, etcétera, y su relación con la zona, sobre todo en términos de procedencia y destrucción de otras actividades; productos intermedios, finales y subproductos, así como su probable destino; tipo y cantidad de emisiones y residuos; y también previsiones de modificación o ampliación a medio y largo plazo, abandono y desmantelación.

A.2. Definición del entorno de proyecto

Resulta especialmente compleja la delimitación geográfica del ámbito afectado por la actuación del proyecto. Para ver el campo de actuación de una actividad en funcionamiento, no basta con delimitar un círculo de radio más o menos amplio alrededor del punto de localización del proyecto; así, para un determinado elemento el campo de influencia vendrá determinado por una serie de factores y circunstancias muy distintas a las que pudiera manifestar cualquier otro elemento del entorno.

El caso no es, pues, comparable a la delimitación física de la ocupación de una construcción concreta en la que el entorno es perfectamente delimitable.

La delimitación del ámbito, en cualquier caso, deberá ser justificada con criterios precisos, relativos a cada una de las variables ambientales estudiadas, y será consecuencia de las características generales del lugar de aplicación y de la etapa del proyecto en que se encuadre.

En definitiva, según V.Conesa, más que delimitar un ámbito geográfico para el estudio, es preferible que cada experto establezca el área de influencia para cada factor estudiado dentro de su especialidad, entendiéndose finalmente por “entorno de proyecto” como la superposición de cada una de las áreas establecidas para cada factor, a través del estudio llevado a cabo por los expertos en cada materia.

A.3. Descripción general del entorno

Es fundamental conocer el estado del medio receptor donde se va a desarrollar (o se desarrolla) el proyecto o actividad sometida a estudio.

Por un lado, es de suma importancia describir la situación preoperacional o situación cero, en la que se detallan todos los elementos que posteriormente van a estar sometidos a la actuación del proyecto o actividad a implantar. La definición de esta situación es importante debido fundamentalmente a dos causas:

- Es una etapa imprescindible para poder prever las alteraciones que se pueden producir en el medio.
- Es una fuente de datos que permite evaluar, una vez que se ha realizado la obra, la magnitud de aquellas alteraciones a priori difíciles de cuantificar.

De este modo, se obtiene una valiosa visión del estado del entorno antes de implantación del proyecto, con lo que se podrán determinar a posteriori, las alteraciones que se hayan podido ocasionar con motivo de tal actuación. Ésto se efectuará mediante la comparación con el estado final de la situación prevista, dándonos así una idea de la magnitud alcanzada por el impacto.

Por consiguiente, se trata de hacer un inventario de todos los factores presentes en el medio que se van a ver afectados por la puesta en marcha del proyecto, para caracterizarlos con la exactitud que requiera el estudio.

Al realizar el inventario se tendrán en cuenta los siguientes elementos:

1. Medio Físico:

- a) Inerte: aire, clima, agua y tierra.
- b) Biótico: flora y fauna.
- c) Perceptual: paisaje.

2. Medio Socio-económico

Conforme a lo expuesto, se determinará la capacidad de acogida del medio respecto a la actividad, que tratará de determinar la aptitud del entorno para soportar las correspondientes actuaciones que sobre él van a tener o tienen lugar como consecuencia de la ejecución del proyecto, y/o del desarrollo de la actividad.

A.4. Previsiones de los efectos que el proyecto genera sobre el medio

En los apartados anteriores se han detallado el entorno del proyecto y la propia actividad. Una vez descritos, se procederá a iniciar un estudio sobre las interacciones que entre ambos se puedan producir como consecuencia de la puesta en funcionamiento de la actuación. Se trata de una primera visión de la relación Proyecto-Entorno.

En primer lugar, se elaborará una lista de las acciones fruto de la ejecución y puesta en marcha del proyecto. A continuación se hará un listado similar, pero esta vez de aquellos factores del medio más relevantes que pueden ser impactados por las acciones anteriormente descritas.

Como consecuencia de la presencia de ambos elementos (acciones y factores), se procederá a redactar un primer informe en el que se reflejará cuáles van a ser los factores más afectados como

consecuencia de las acciones derivadas del proyecto, con la intención de formarnos una idea previa y prever, en consecuencia, los posibles efectos con los que nos encontraremos.

Para facilitar el procedimiento, se puede hacer uso de determinadas listas tipo, que contienen tanto acciones como factores que de manera general intervienen en los estudios de impacto ambiental. Como es obvio, estas listas habrá que adecuarlas a las circunstancias de nuestro estudio, añadiendo o eliminando los elementos pertinentes en cada ocasión, pero siendo, en cualquier caso, un instrumento que agiliza en gran medida el proceso.

En consecuencia, esta primera aproximación de acciones-factores nos proporcionará una percepción inicial de aquellos efectos que pueden resultar más sintomáticos debido a su importancia para el entorno que nos ocupe. Estos factores y acciones serán posteriormente dispuestos en filas y columnas respectivamente y formarán el esqueleto de la primera matriz.

A.5. Elaboración de la matriz de impactos

En primer lugar, es necesario calcular la *matriz de identificación de efectos*. En esta matriz se identificarán aquellas acciones que son causantes de impactos sobre una serie de factores del medio.

Una vez identificadas las acciones que va a causar alteración en determinados factores del medio, se construirá la *matriz de impactos*. Es una matriz del tipo causa-efecto, ya analizada en apartados anteriores, que consistirá en un cuadro de doble entrada, en el que se dispondrán en columnas las acciones impactantes y en filas los factores del medio susceptibles de recibir impacto.

Según V. Conesa, ambas matrices nos permitirán identificar, prevenir y comunicar los efectos del proyecto en el medio, para posteriormente, obtener una valoración de los mismos.

Figura 12. Matriz de identificación de impactos

Factores del medio	Acciones de la actividad							
	A	B	C	D	E	F	G	H
M		.		.		.		
N			.					.
O			.					
P					.			
Q		.					.	
R	.					.		.
S				.				
T	.				.		.	
U	

En lo que sigue, se abordarán los pasos a seguir en la elaboración de dichas matrices.

A.5.1. Identificación de acciones que pueden causar impactos

Para la identificación de acciones responsables de causar alteraciones se suelen utilizar instrumentos auxiliares, entre los que se encuentran: cuestionarios específicos para distintos tipos de proyecto, consultas a paneles expertos, escenarios comparados, consultas a los propios proyectos, matrices de interacción causa-efecto, etc.

Tendremos, a saber, dos relaciones de acciones que se habrán de identificar. La primera, correspondiente a las acciones susceptibles de recibir impacto en la situación 1, o de referencia; y la segunda, que se corresponderá con la situación 2, o momento en el que queramos calcular el impacto causado por la actuación del proyecto o actividad en funcionamiento. Ambas relaciones se establecerán atendiendo a la *significatividad* o capacidad de generar alteraciones, *independencia* para evitar duplicidades, *representatividad* o vinculación a la realidad del proyecto, y *posibilidad de cuantificación*, en la medida de lo posible, de cada una de las acciones consideradas.

Las acciones se deberán identificar atendiendo a diferentes criterios que deben quedar perfectamente determinados. Estos criterios, que más adelante serán definidos con detenimiento, son:

- Intensidad.
- Extensión.
- Persistencia.
- Reversibilidad.
- Recuperabilidad.
- Momento.

Delimitado el intervalo temporal en el que pretendamos situar el estudio, se procederá a la identificación de acciones. Esta operación deberá acometerse de una manera estructurada, en base a las diferentes actuaciones que tienen lugar en el proyecto, que de manera general pueden ser:

- Acciones que modifican el uso del suelo:
 - Por nuevas ocupaciones.
 - Por desplazamiento de la población.
- Acciones que implican la emisión de contaminantes:
 - A la atmósfera.
 - A las aguas continentales o marinas.
 - Al suelo.
 - En forma de residuos sólidos.
- Acciones derivadas del almacenamiento de residuos:
 - Dentro del núcleo de la actividad.
 - Transporte.
 - Vertederos.
 - Almacenes especiales.
- Acciones que implican sobreexplotación de recursos:
 - Materias primas.
 - Consumos energéticos.
 - Consumos del agua.
- Acciones que implican subexplotación de recursos:
 - Agropecuarios.
 - Faunísticos.

- Acciones que actúan sobre el medio biótico:
 - Emigración.
 - Disminución.
 - Aniquilación.
- Acciones que dan lugar al deterioro del paisaje:
 - Topografía y suelo.
 - Vegetación.
 - Agua.
 - Naturalidad.
 - Singularidad.
- Acciones que repercuten sobre las infraestructuras.
- Acciones que modifican el entorno social, económico y cultural.
- Acciones derivadas del incumplimiento de la normativa medioambiental vigente.

A.5.2. Identificación de los factores ambientales del entorno susceptibles de recibir impactos.

El entorno está constituido por elementos y procesos interrelacionados. Para identificar aquellos factores del entorno que potencialmente van a ser alterados por las acciones determinadas en el apartado anterior, es preciso descomponerlo en los diversos sistemas, subsistemas y componentes ambientales que lo constituyen. Éstos son (figura 13):

Figura 13: Sistemas, subsistemas y componentes ambientales

SISTEMA	SUBSISTEMA	COMPONENTE AMBIENTAL
MEDIO FÍSICO	<i>Medio inerte</i>	- Aire - Clima - Tierra y suelo - Agua - Procesos
	<i>Medio biótico</i>	- Vegetación - Fauna - Procesos
	<i>Medio perceptual</i>	- Valor testimonial - Paisaje intrínseco - Paisaje extrínseco - Componentes singulares - Recursos científico-culturales
MEDIO SOCIO-ECONOMICO Y CULTURAL	<i>Medio rural</i>	- Recreativo al aire libre - Productivo - Conservación de la naturaleza - Viario rural - Procesos
	<i>Medio de núcleos habitados</i>	- Estructura de los núcleos - Estructura urbana y equipamientos - Infraestructuras y servicios
	<i>Medio socio-cultural</i>	- Aspectos culturales - Servicios colectivos - Aspectos humanos - Patrimonio histórico y artístico
	<i>Medio económico</i>	- Economía - Población

Cada uno de los componentes enunciados son susceptibles de recibir impacto por las acciones antes mencionadas. Por consiguiente, en esta fase, se llevará a cabo la identificación de los factores ambientales con la finalidad de detectar aquellos aspectos del medio ambiente cuyos cambios motivados por las distintas acciones del proyecto en sucesivas fases (construcción explotación o funcionamiento, ampliación o reforma y abandono o derribo), supongan modificaciones positivas o negativas de la calidad ambiental del mismo.

El autor propone aplicar los siguientes criterios en la definición de los factores:

- 1) Ser *representativos* del entorno afectado y, por tanto, del impacto total producido por la ejecución del proyecto, sobre el medio ambiente.
- 2) Ser *relevantes*, es decir, portadores de información significativa sobre la magnitud o importancia del impacto.
- 3) Ser *excluyentes*, es decir, sin solapamientos ni redundancias.
- 4) De *fácil identificación* tanto en su concepto como en su apreciación sobre información estadística, cartográfica o trabajos de campo.
- 5) De *fácil cuantificación*, dentro de lo posible, ya que muchos de ellos serían intangibles y habrá que recurrir a modelos de cuantificación específicos.

El inventario, en principio, debe incluir todas aquellas variables que representen las características definitorias del territorio o bien que puedan ser alteradas de forma más o menos notable por el establecimiento y puesta en marcha de la actividad. Es recomendable, limitar en lo posible el conjunto de variables elegidas, al menos en principio, en lugar de acumular datos innecesarios que perjudicarían la eficacia del trabajo.

En el proceso de identificación de los componentes ambientales, se utilizarán las mismas herramientas que especificábamos en el apartado anterior para detectar las acciones del proyecto causa del impacto y para la determinación de los mismos se han tenido en cuenta idénticos criterios (consultas a paneles de expertos, cuestionarios específicos, etc.).

A efectos de valoración, los factores ambientales vendrán dados por su importancia y por su magnitud. Estos dos parámetros determinarán el grado de calidad ambiental que posee el factor considerado tanto cualitativa como cuantitativamente.

De esta manera, podemos clasificar a los factores en:

• **Cuantificables:**

- *Directamente:* su valoración no ofrece problemas (caudal, pH, temperatura, oxígeno disuelto, nivel de ruido, concentración de gases en el aire, densidad de población, cabezas de ganado, etc.).
- *A través de un indicador:* es necesario y a veces dificultoso encontrar una unidad de medida (índices de calidad del aire y del agua, índices de confort climático, accesibilidad a un territorio estructura de la propiedad, nivel cultural, pérdida de suelo, cubierta vegetal, valor ecológico, calidad de vida, etc.).

• **Cualitativos:**

- *Objetivos:* existen criterios objetivos de valoración ampliamente aceptados (interés de un monumento artístico, de una formación geológica, escalas proporcionales de vegetación y fauna, escalas jerárquicas de vegetación y fauna, etc.).
- *Subjetivos:* la valoración constituye una experiencia de tipo subjetivo (características del flujo y aspecto visual del agua, valores educacionales y históricos, sensaciones, olores, paisaje, etc.).
- *No mensurables.*

Es de señalar que las dificultades de valoración crecen desde los valores cuantificables directamente hasta los valorados cualitativamente con criterios subjetivos.

B. VALORACIÓN CUALITATIVA DEL IMPACTO AMBIENTAL:

B.1. ELABORACIÓN DE LA MATRIZ DE IMPORTANCIA

Vicente Conesa argumenta que no es válido pasar tras una identificación de posibles impactos (matriz de impactos), a un proceso de evaluación de los mismos sin un previo análisis enun-

ciendo, describiendo y analizando los factores más importantes constatados, justificando el por qué merecen una determinada valoración.

Es por ello, por lo que se hace necesario una vez identificadas las posibles alteraciones, efectuar una valoración cualitativa de las mismas. Esta valoración se llevará a cabo a través de la matriz de importancia y tomará como punto de partida la matriz de impactos, previamente calculada en el apartado A.5.

La matriz de importancia consta de una serie de casillas cruce o *elementos tipo*, que nos darán una idea de cada acción impactante sobre cada factor impactado. Los elementos de la matriz de importancia identifican el impacto ambiental (I_{ij}) generado por una acción simple de una actividad (A_i) sobre un factor ambiental considerado (F_j).

El impacto ambiental se mide a través de la importancia calculada mediante un algoritmo que describiremos a continuación. Esta medida cualitativa del impacto ambiental, será función tanto del grado de incidencia o intensidad de la alteración producida, como de la caracterización del efecto, que responde a su vez a una serie de atributos de tipo cualitativo, tales como extensión, tipo de efecto, plazo de manifestación, persistencia, reversibilidad, recuperabilidad, sinergia, acumulación y periodicidad.

La importancia del impacto viene representada por un número que se deduce a través del cálculo de una serie de símbolos. Estos símbolos serán introducidos en una expresión que nos dará el valor deseado de la importancia:

$$\text{IMP} = \pm [3I + 2EX + MO + PE + RV + SI + AC + EF + PR + MC]$$

Siendo:

Signo (±): el signo del impacto hace alusión al carácter beneficioso (+) o perjudicial (-) de las distintas acciones que van a actuar sobre los distintos factores considerados.

Intensidad (I): se refiere al grado de incidencia de la acción sobre el factor, en el ámbito específico en que actúa. El baremo de valoración estará comprendido entre 1 y 12, en el que 12 expresará una Destrucción Total del factor en el área en la que se produce el efecto, y el 1 una Afección Mínima. Los valores comprendidos entre esos términos reflejarán situaciones intermedias.

Figura 14: Matriz de impactos. Situación inicial (1).

		ACCIONES IMPACTANTES					
		SITUACIÓN (1)					
		1	2	3	i	n	n+1
Factores ambientales impactados		Acción 1	Acción 2	Acción 3	Acción i	Acción n	TOTAL FASE
SUBSISTEMA CONSIDERADO	COMPONENTE 1	Factor 1					
		Factor 2					
		Factor p					
		TOTAL IMPACTO COMPONENTE 1					
	COMPONENTE m	Factor 1					
		Factor 2			Elemento tipo ij		
		Factor j					
		Factor q					
		TOTAL IMPACTO COMPONENTE m					
TOTAL IMPACTO DEL SUBSISTEMA							

Figura 15: Matriz de impactos. Situación final (2).

		ACCIONES IMPACTANTES								
		SITUACIÓN (2)								
		1	2	3	i	n	n+1	n+2	n+3	
Factores ambientales		Acción 1	Acción 2	Acción 3	Acción i	Acción n	Total fase	total efectos permanentes	importancia total	
	SUBSISTEMA CONSIDERADO	COMPONENTE 1	Factor 1							
			Factor 2							
Factor p										
TOTAL										
IMPACTO COMPONENTE 1										
COMPONENTE m		Factor 1								
		Factor 2					Elemento tipo ij			
		Factor j								
		Factor q								
		TOTAL								
IMPACTO COMPONENTE m										
TOTAL IMPACTO DEL SUBSISTEMA										

Extensión (EX): se refiere al área de influencia teórica del impacto en relación con el entorno de la actividad. (% de área, respecto al entorno, en que se manifiesta el efecto). Si la acción produce un efecto u y localizado, se considerará que el impacto tiene un carácter Puntual(1). Si, por el contrario, el efecto no admite una ubicación precisa dentro del entorno de la actividad, teniendo una influencia generalizada en todo él, el impacto será Total (8), considerando las situaciones intermedias, según su graduación, como impacto Parcial (2) y Extenso (4).

Momento (MO): el plazo de manifestación del impacto alude al tiempo que transcurre entre la aparición de la acción (t_0) y el co-

mienzo del efecto (t_i) sobre el factor del medio considerado. Así pues, cuando el tiempo transcurrido sea nulo, el momento será Inmediato, y si es inferior a un año, Corto Plazo, asignándole en ambos casos un valor (4), si es un periodo de tiempo que va de uno a cinco años, Medio Plazo (2), y si el efecto tarda en manifestarse más de cinco años, Largo Plazo, con valor asignado (1).

Persistencia (PE): se refiere al tiempo que, supuestamente, permanecería el efecto desde su aparición y, a partir del cual el factor afectado retornaría a las condiciones iniciales previas a la acción por medios naturales, o mediante la introducción de medidas correctoras. Si la permanencia del efecto tiene lugar durante menos de un año, consideramos que la acción produce un efecto Fugaz, asignándole un valor (1), si dura entre 1 y 10 años, Temporal (2); y si el efecto tiene una duración superior a los 10 años, consideramos el efecto como Permanente asignándole un valor (4).

Reversibilidad (RE): se refiere a la posibilidad de reconstrucción del factor afectado como consecuencia de la acción cometida, es decir, la posibilidad de retornar a las condiciones iniciales previas a la acción, por medios naturales, una vez aquélla deja de actuar sobre el medio. Si es a Corto Plazo, se le asigna un valor (1), si es a Medio Plazo (2) y si el efecto es Irreversible le asignamos el valor (4). Los intervalos de tiempo que comprenden estos periodos, son idénticos a los asignados en el parámetro anterior.

Recuperabilidad (MC): se refiere a la posibilidad de reconstrucción, total o parcial, del factor afectado como consecuencia de la actividad acometida, es decir, la posibilidad de retornar a las condiciones iniciales previas a la acción, por medio de la intervención humana (introducción de medidas correctoras). Si el efecto es totalmente Recuperable, se le asigna el valor (1) si lo es de manera inmediata, o (2) si lo es a medio plazo; si la recuperación es parcial, el efecto es Mitigable, y toma un valor (4). Cuando el efecto es Irrecuperable (alteración imposible de reparar, tanto por

la acción natural, como por la humana) le asignamos el valor (8). En el caso de ser irrecuperables, pero existe la posibilidad de introducir medidas compensatorias, el valor adoptado será (4).

Sinergia (SI): este atributo contempla el reforzamiento de dos o más efectos simples. La componente total de la manifestación de los efectos simples, provocados por acciones que actúan simultáneamente, es superior a la que cabría de esperar de la manifestación de efectos cuando las acciones que las provocan actúan de manera independiente no simultánea. Cuando una acción actuando sobre un factor, no es sinérgica con otras acciones que actúan sobre el mismo factor, el atributo toma el valor (1), si presenta sinergismo moderado (2) y si es altamente sinérgico (4).

Acumulación (AC): este atributo da idea del incremento progresivo de la manifestación del efecto, cuando persiste de forma continuada o reiterada la acción que lo genera. Cuando la acción no produce efectos acumulativos (acumulación simple), el efecto se valora como (1). Si el efecto producido es acumulativo el valor se incrementa a (4).

Efecto (EF): este atributo se refiere a la relación causa-efecto, o sea, a la forma de manifestación del efecto sobre un factor, como consecuencia de una acción. El efecto puede ser directo o primario, siendo en este caso la repercusión de la acción consecuencia directa de ésta. Tomará valor (4). En el caso de que el efecto sea indirecto o secundario, su manifestación no es consecuencia directa de la acción, sino que tiene lugar a partir de un efecto primario, actuando éste como una acción de segundo orden. En este caso tomará valor (1).

Periodicidad (PR): se refiere a la regularidad de manifestación del efecto, bien sea de manera cíclica o recurrente (efecto periódico), de forma impredecible en el tiempo (efecto irregular), o constante en el tiempo (efecto continuo). A los efectos continuos se les asigna un valor (4), a los periódicos (2), y a los de aparición irre-

gular, que deben evaluarse en términos de probabilidad de ocurrencia, y a los discontinuos (1).

En la figura 16, se recogen los atributos para el cálculo de la importancia.

Figura 16: Atributos y cálculo de la importancia

NATURALEZA		INTENSIDAD (I)	
- Impacto beneficioso	+	(Grado de destrucción)	
- Impacto perjudicial	-	- Baja	1
		- Media	2
		- Alta	4
		- Muy alta	8
		- Total	12
EXTENSIÓN (EX)		MOMENTO (MO)	
(área de influencia)		(Plazo de manifestación)	
- Puntual	1	- Largo plazo	1
- Parcial	2	- Medio plazo	2
- Extensa	4	- Inmediato	4
- Total	8	- Crítico	(+4)
- Crítica	(+4)		
PERSISTENCIA (PE)		REVERSIBILIDAD (RV)	
(Permanencia del efecto)			
- Fugaz	1	- Corto plazo	1
- Temporal	2	- Medio plazo	2
- Permanente	4	- Irreversible	4
SINERGIA (SI)		ACUMULACIÓN (AC)	
(Potenciación de la manifestación)		(Incremento progresivo)	
- Sin sinergismo (simple)	1	- Simple	1
- Sinérgico	2	- Acumulativo	4
- Muy sinérgico	4		
EFECTO (EF)		PERIODICIDAD (PR)	
(Relación causa-efecto)		(Regularidad de la manifestación)	
- Indirecto (secundario)	1	- Irregular o aperiódico y discontinuo	1
- Directo	4	- Periódico	2
		- Continuo	4
RECUPERABILIDAD (MC)		IMPORTANCIA (I)	
(Reconstrucción por medios humanos)		$I = \pm [3I + 2EX + MO + PE + RV + SI + AC + EF + PR + MC]$	
- Recuperable inmediato	1		
- Recuperable a medio plazo	2		
- Mitigable y/o compensable	4		
- Irrecuperable	8		

Los impactos con valores de importancia inferiores a 25 son irrelevantes, o sea, de acuerdo con el Reglamento, *compatible*. Los impactos *moderados* presentan una importancia entre 25 y 50. Serán *severos* cuando la importancia se encuentre entre 50 y 75 y críticos cuando el valor sea superior a 75.

Es muy importante reseñar que, al igual que sucede con los valores de los distintos símbolos, los valores de las cuadrículas de una matriz no son comparables, pero sí lo son cuadrículas y símbolos que ocupen lugares equivalentes en matrices que reflejen resultados de alternativas de un mismo proyecto.

B.1.2. *Banderas rojas*

Una vez confeccionada la matriz de importancia con los respectivos elementos tipos y calculadas las importancias a través de la expresión reflejada en el apartado anterior, la metodología de Vicente Conesa prevé un mecanismo para alertar de las puntuaciones más altas correspondientes a los mayores impactos. Dichos impactos se corresponderán con los más importantes, o con aquellos que se produzcan en lugares o momentos críticos y sean de imposible corrección.

Ante estas casillas de cruce se establecen las denominadas Alertas o Banderas Rojas, cuya misión es llamar la atención acerca de esos impactos así como buscar posibles alternativas que eliminen la causa o la cambien por otra que tenga efectos menos dañinos.

B.1.3. *Matriz depurada*

Antes de proceder a la valoración cualitativa, es necesario acometer una *depuración* en la matriz de importancia. Este procedimiento se debe a diferentes motivos:

- a) El primero de ellos, es eliminar de la matriz de importancia aquellas casillas de cruce correspondientes a efectos que, por no sobrepasar un determinado umbral de importancia,

establecido previamente, no merecen la pena ser considerados en el posterior cálculo valorativo.

- b) De este modo, se considerarán de manera paralela al modelo, excluyéndolos del proceso de cálculo pero teniéndolos en cuenta en la toma de decisiones, aquellas casillas que contengan los siguientes efectos:
- Efectos de naturaleza intangible para los que no se dispone de un indicador razonablemente representativo.
 - Efectos que por ser trascendentes y determinantes, es necesario tratarlos aparte, para evitar que en la posterior valoración su importancia pueda ser enmascarada al tratarlos homogéneamente con los demás efectos de la matriz.

Una vez depurada la matriz, a los efectos restantes denominados *normales*, se les aplicará el procedimiento de cálculo establecido en el modelo valorativo. A la matriz obtenida como consecuencia del proceso anteriormente descrito se le denomina *matriz depurada* o *matriz de cálculo*.

B.2. VALORACIÓN CUALITATIVA DE LAS ACCIONES IMPACTANTES Y DE LOS FACTORES AMBIENTALES IMPACTADOS

B.2.1. Ponderación de la importancia relativa de los factores

Cada factor considerado, se corresponde con sólo una parte del medioambiente en el que se encuentra inmerso. Debido a ésta característica es necesario atribuir a cada factor un peso o índice ponderal que nos indique su mayor o menor contribución a la situación medioambiental.

El índice asignado a cada factor se expresará en unidades de importancia ponderal (UIP) y su valor resultará de distribuir relativamente un total de mil unidades que se corresponden con el total que presenta el medioambiente.

La metodología para ponderar los distintos factores se basa en consulta a paneles de expertos, realizadas mediante encuestas tipo Delphi (apéndice 2), procediendo de la siguiente manera:

1. Elección de un panel de expertos extraído de los grupos sociales de interés afectados por la actividad.
2. Cumplimentación de una a tres matrices de carácter complementario que correspondan con los siguientes esquemas:
 - *Comparación por pares*: en filas y columnas figuran los factores del medio. Cada uno de los panelistas elegirá uno de entre cada par de factores.
 - *Comparación por rangos*: en filas figuran los factores y en columnas los panelistas. Éstos establecerán un orden jerárquico de los factores acorde con su propio criterio.
 - *Ordenación por pesos*: la matriz será análoga a la anterior, con la salvedad de que cada panelista atribuirá un peso a los factores, en un intervalo de 1 a 10.
3. En base al apartado anterior se atribuirán a los factores unos coeficientes de ponderación relativos.
4. Repetición del proceso, cuantas veces consideremos necesario, previo conocimiento por cada panelista de los resultados obtenidos.
5. Distribución relativa de mil unidades de importancia, proporcionalmente a los coeficientes de ponderación relativos, definitivamente establecidos.
6. Repetir el proceso en sentido inverso, o sea, repartiendo las mil unidades de importancia entre los subsistemas considerados. Dentro de cada subsistema, sus unidades correspondientes se reparten, a su vez, entre los diferentes componentes ambientales, repitiendo la operación hasta llegar a los factores susceptibles de recibir impactos por las acciones de la actividad en estudio. Esta repetición del proceso se lleva a cabo aplicando las mismas técnicas detalladas en los cinco puntos anteriores.

Figura 17: Matriz de importancia

FACTORES	0	SITUACION 1						SITUACION 2							
		1.1			1.2			1.1			1.2				
		ACCIONES			TOTAL			ACCIONES			TOTAL				
	1	2	i	n	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	
	A ₁	A ₂	A _i	A _n	Ab.	Rel.	A ₁	A ₂	A _i	A _n	Ab.	Rel.	A ₁	A ₂	
F ₁	P ₁														
F ₂	P ₂														
F _j	P _j			I _{ij}	I _{nj}	I _j			I _{ij}	I _{nj}	I _j				
F _m	P _m														
TOTAL	Absoluto			I ₁		I			I ₁		I			I _p	
	Relativo			I _{R1}				I _R	I _{R1}					I _R	

Ab. = Importancia Absoluta; Rel. = Importancia Relativa

B.2.2. Valoración relativa

Una vez efectuada la ponderación de los distintos factores del medio contemplados en el estudio, podemos desarrollar el modelo de valoración cualitativa, en base a la importancia I_{ij} de los efectos, que cada acción A_i de la actividad produce sobre cada factor del medio F_j .

Partiendo de la matriz de importancia calculada en apartados anteriores (figura 17), vamos a desarrollar los pasos a seguir en la valoración cualitativa tanto de las acciones impactantes como de los factores ambientales impactados:

- a) *Suma ponderada por columnas*: la suma ponderada de la importancia de cada elemento tipo (ij) de la matriz de importancia por columnas, I_{RiC} , nos identificará las acciones más agresivas. Así, una acción será tanto más agresiva (altos valores negativos), cuanto mayor sea el valor absoluto de la suma por columnas. Por el contrario, valores positivos nos indicarán acciones beneficiosas.
- b) *Suma ponderada por filas*: la suma ponderada de la importancia de cada elemento tipo (ij) por filas, I_{RiF} , nos identificará aquellos factores ambientales que sufren en mayor o menor medida las consecuencias del funcionamiento de la actividad, o lo que es igual, el grado de participación que dichos factores tienen en el deterioro del medio ambiente (columnas 1.1.n+1.2 y 1.2.n+1.2 de la figura 17).
- c) *Consideración de los efectos permanentes*: la calidad del medio ambiente en la situación 2, no sólo es debida a las acciones propias de esta fase, sino que pueden existir efectos irreversibles o continuos de alguna acción correspondiente a fases anteriores. Este tipo de efecto se considerará también en la fase 2, ya que también intervienen en el deterioro medioambiental en la situación final 2. Dichos efectos, calificados como I_{RPj} , los reflejaremos con el distintivo (*) en cada uno de los elementos tipo correspondientes, y

su importancia total ponderada se expondrá en la columna 1.2n+2.2 de la figura 17.

- d) *Importancias finales*: la importancia de los efectos finales, I_{Ri} , sobre los factores ambientales, se obtienen como suma algebraica de la importancia relativa del impacto en la fase 2 (columna 1.2.n+1.2), y la importancia relativa del impacto de las acciones cuyo efecto es irreversible o permanece durante largo plazo o a lo largo de la vida del proyecto (columna 1.2.n+2.2). La importancia final se reflejará en la columna 1.2.n+3.2.
- e) *Importancia total*: la importancia total de los efectos causados en los distintos componentes y subsistemas presentes en la matriz de impactos, IRi , se calcula como la suma ponderada por columnas de los efectos de cada uno de los elementos tipo correspondientes a los componentes y subsistemas estudiados (no es válida la suma algebraica).

B.2.3. Valoración absoluta

La valoración absoluta de las acciones impactantes y de los factores impactados constará del siguiente procedimiento:

- a) *Suma algebraica por columnas*: la suma algebraica por columnas de la importancia del impacto de cada elemento tipo, I_r , puede ser otra manera de identificar la mayor o menor agresividad que presentan las acciones del proyecto.

Esta forma de cálculo aporta un menor grado de representatividad que la correspondiente a la valoración relativa, debido a que al efectuar la suma de las importancias algebraicamente no se obtiene una proporción real de las cantidades resultantes (al no considerar los índices ponderales correspondientes) no siendo, por tanto, comparables en proporción los valores obtenidos. Dicho de otra manera, los valores I_{ij} de los elementos tipo de la matriz de importancia no son comparables entre sí, ésto es, la proporción que sus valores numéricos indican, no es la misma que la de las importancias reales (variables no proporcionales).

- b) *Suma algebraica por filas*: la suma algebraica de la importancia del impacto de cada elemento tipo por filas, I_j , nos indicará los factores ambientales que sufren en mayor o menor medida las consecuencias de la actividad (columnas 1.1.n+1.1. y 1.2.n+1.1.). También es aplicable el razonamiento expuesto en el apartado anterior.
- c) *Efectos totales*: para cada columna, y en filas correspondientes, por adición algebraica, vendrán indicados los efectos totales causados en los distintos componentes, subsistemas y sistemas presentes en la matriz de impactos.

En contraposición a la valoración relativa, la valoración absoluta no nos determina la importancia real del impacto de una acción sobre un componente ambiental, o sobre un subsistema del medio, ni tampoco la importancia real del impacto que sobre un factor producen determinadas acciones de la actividad.

Según argumenta V. Conesa, la utilidad de la valoración absoluta, radica principalmente en la detección de factores que, presentando poco peso específico en el medio estudiado (baja importancia relativa), son altamente impactados (gran importancia absoluta). Si sólo se estudiara la importancia relativa, quedaría enmascarado el hecho del gran impacto que se puede producir sobre un factor, pudiendo llegar incluso a representar su destrucción total.

En la figura 18, se expone la matriz de cuantificación, que forma parte de la matriz de cuantificación, que más adelante se tratará, en la que figuran las valoraciones absolutas y relativas.

C. VALORACIÓN CUANTITATIVA DEL IMPACTO AMBIENTAL:

Hasta aquí se ha tratado lo concerniente a la valoración cualitativa, proceso con el que termina lo que propiamente constituye el Estudio de Impacto Ambiental.

A partir de ahora se expondrán los pasos y elementos más o menos objetivos, incluso subjetivos, introducidos con el fin de completar el modelo desarrollado por el autor, aportando la parte correspondiente a la valoración cuantitativa de los impactos producidos.

La valoración cuantitativa parte de la matriz de importancia con los valores numéricos totales previamente calculados, representativos de las alteraciones de los factores del medio susceptibles de ser impactados por las acciones de la actividad. El objetivo del modelo es llegar a establecer, en primer lugar y a través de los factores ambientales considerados, los indicadores capaces de medirlos, la unidad de medida y la magnitud de los mismos, transformando estos valores en unidades representativas, no de su alteración, sino de su impacto neto sobre el medioambiente, con la finalidad de servir para la optimización de alternativas y la definición de la aceptación ambiental del proyecto.

C.1. MEDICIÓN DE LOS IMPACTOS

Esta fase del proceso se ocupará de la predicción, y en su caso de la medición, del efecto existente sobre el factor impactado, bien cuantificando la presencia del agente impactante o contaminante, bien cuantificando el efecto en sí mismo.

De la matriz de importancia se seleccionarán aquellos factores que sean más representativos de alteraciones sustanciales, así como aquellos para los que la presencia de acciones, o emisiones consecuencia de éstas, sobrepase el umbral (estándar) adoptado por la empresa en su programa de gestión ambiental. Los factores serán *exclusivos* (no se contendrán unos a otros), *medibles* (en lo posible), y *completos* (que cubran las alteraciones producidas).

C.1.1. *Indicador del impacto*

Un indicador de un factor ambiental es una expresión por la cual es capaz de ser medido. La cuantificación puede ser *directa*, en cuyo caso el indicador será muy similar al propio factor, (cantidad de fósforo para medir la cantidad de fosfatos del agua), o *indirecta*, caso en el que sólo será cuantificable mediante un modelo o *indicador* propiamente dicho, por conceptos más o menos alejados de aquél al que representan (índice ORAQUI para medir la calidad del aire, índice ICA de calidad del agua,...).

Habrá que seleccionar un indicador adecuado para cada factor ambiental. Para ello existen una serie de tablas que relacionan indicadores de factores usualmente impactados, que pueden ser de utilidad.

El indicador elegido podrá medir el impacto por la diferencia entre las situaciones 2 y 1 del factor considerado. En la columna 2.1. de la figura 19, se expresará para cada factor ambiental seleccionado, el indicador capaz de medirlo.

C.1.2. *Unidad de medida*

La unidad de medida empleada, queda automáticamente fijada al establecer el indicador de impacto, como consecuencia de la propia definición del indicador escogido.

Ésta unidad de medida ocupará la segunda columna (2.2. de la figura 19), correspondientes a la predicción de la magnitud de los impactos.

C.1.3. *Magnitud del impacto en unidades inconmensurables*

Predecir o medir la magnitud de un impacto, es medir la cantidad de factor alterado, o sea, el impacto que tiene lugar sobre dicho factor, consecuencia de las acciones que emanan del proceso de la actividad.

El cálculo de la magnitud del impacto consecuencia de la actuación de las distintas acciones, puede responder a dos enfoques fundamentalmente:

- *Prospectivo o predictivo*: en el caso de que el estudio de impacto ambiental se aplique como instrumento predictivo.
- *Analítico*: en el caso de que el EslA se aplique como instrumento correctivo.

Una vez calculada o estimada la magnitud del impacto (M_{ij}), se reflejará en la columna 2.3. de la matriz de evaluación. Obviamente, los resultados vendrán en unidades heterogéneas, es decir, inconmensurables, sin que admitan la posibilidad de comparación entre ellos.

Por tanto, a cada casilla de cruce de la matriz de importancia se dividirá en diagonal, de modo que, en la parte superior figurará la *importancia del impacto*, I_{ij} (no confundir con la importancia del factor afectado) calculada a través del algoritmo expuesto en el apartado B.1., y en la parte inferior, la *magnitud del impacto*, M_{ij} expresada en unidades inconmensurables y en la unidad de medida del indicador del factor.

Es posible calcular la magnitud total del impacto sobre el factor considerado, al igual que se realiza con la importancia, mediante la suma por filas de las magnitudes correspondientes a cada elemento tipo. Ahora bien, se tendrá siempre la posibilidad de que se produzcan *fenómenos de sinergismo* (emisión de diferentes gases en el aire), de debilitamiento (emisión de ruidos desde dos focos simultáneamente), de acumulación (no eliminación de ciertos plaguicidas por las personas), y cualquier otro cuyo efecto total responda a una ley de composición interna mediante la cual se obtenga la magnitud total (M_j) en función de las magnitudes (M_{ij}) debidas a cada acción i , de la actividad sobre el factor estudiado j .

En resumen, la magnitud del impacto puede calcularse en base a la siguiente ecuación:

$$M_j = \sum_i M_{ij}$$

En los casos de especial consideración antes reseñados, en los que no proceda la suma algebraica de M_{ij} , se aplicará la correspondiente ley de composición interna, según corresponda a cada caso. Así tendremos:

$$M_j = \xi_i M_{ij}$$

Para sinergia y debilitamiento, se tienen las siguientes expresiones:

- *Sinergia lineal:*

$$M_j = \sum_i M_{ij} + \sum_i S_{ik} (M_{ij} + M_{kj})$$

siendo:

M_{ij} y M_{kj} : magnitudes de cada elemento tipo de esa fila.

S_{ik} : coeficiente de sinergia entre los elemento tipo, ij y kj , o sea entre los efectos causados por las acciones A_i y A_k sobre el factor F_j .

- *Sinergia potencial:*

$$M_j = K^{r-1} \sum_i M_{ij}$$

siendo:

K : coeficiente de sinergia, cumpliéndose $K > 1$.

r : número de elementos tipo en los que se presentan efectos ($r \leq n$).

- *Debilitamiento lineal:*

$$M_j = \sum_i M_{ij} - \sum_i D_{ik} (M_{ij} + M_{kj})$$

siendo:

D_{ik} : coeficiente de debilitamiento lineal.

- *Debilitamiento potencial:*

$$M_j = C^{r-1} \sum_i M_{ij}$$

siendo:

C : coeficiente de debilitamiento potencial ($C < 1$).

Figura 20: Representación de la magnitud del impacto

Factor	Magnitud del impacto (udes. incommensurables)			Función de trans- formación	Magnitud del impacto (udes. commensurables)		
	Sit.1	Sit.2	Neto		Sit.1	Sit.2	Neto
F_1							
F_2							
F_3							
F_n							
Nº. Columna	2.3.1.	2.3.2.	2.3.3.	3.1.	3.2.1.	3.2.2.	3.2.3.
	4.3.1.	4.3.2.	4.3.3.		4.4.1.	4.4.2.	4.4.3.

En la práctica, interesa calcular la magnitud del impacto consecuencia de la actuación. Para ello, la columna 2.3., puede subdividirse en otras tres (figura 20), de manera que la 1ª (2.3.1.) contemple la magnitud del indicador de cada factor considerado en la situación preoperacional (Situación 1). En la segunda columna (2.3.2.), se plasmarán los resultados de calcular las magnitudes, según el modelo expuesto, consecuencia de las acciones presentes en la Situación 2, y en la tercera (2.3.3.), el resultado neto entre la situación final y la preoperacional (Situación 2- Situación 1).

C.2. VALORACIÓN DE IMPACTOS

La fase que a continuación se desarrolla queda justificada por lo dispuesto en el Reglamento para la ejecución del Real Decreto Legislativo 1302/86, de Evaluación de Impacto Ambiental, que contempla una jerarquización del impacto, así como una valoración global que permita adquirir una visión integrada y completa de la incidencia del proyecto o actividad.

Dicha fase permite valorar en qué medida los efectos, han sufrido o sufrirán, variación entre las situaciones estudiadas (SIT.2-SIT.1), etc., controlando la tendencia más o menos impactante de las acciones de la actividad sobre cada uno de los factores impactados, así como el grado de eficacia de las medidas introducidas sobre cada factor.

C.2.1. *Función de transformación.*

La función de transformación, surge como consecuencia de la necesidad de cuantificar los resultados globales. En base a esta necesidad, habrá que homogeneizar las diferentes unidades de medida y, en último término, expresarlas todas ellas en unidades abstractas de valor ambiental. Es en esta fase del proceso de evaluación cuando, una vez determinado el valor en magnitud del indicador del impacto sobre un factor considerado, en unidades inconmensurables, se hace necesaria su transformación en el índice de calidad que dicha magnitud representa, en cuanto a estado ambiental del indicador.

En definitiva, el proceso consiste en referir todas las magnitudes de los efectos a una unidad de medida común a la que denominamos unidad de impacto ambiental (UIA).

Esta transformación es una de las fases más complejas y que requiere un desarrollo muy importante, y acabaría en la definición de una función distinta para cada indicador de impactos que nos permitiera obtener el índice de calidad ambiental de un factor (ICA) en función de la magnitud del impacto recibido (M).

$$ICA_j = f(M_j)$$

En el apartado correspondiente al Método de Battelle-Columbus, se tratan las funciones de transformación así como del proceso a seguir en el cálculo de dichas funciones. Asimismo se describen los pasos a seguir para la obtención del índice de calidad ambiental.

C.2.2. *Magnitud del impacto en unidades homogéneas*

Se introducirán los datos de las columnas 2.3.1. y 2.3.2. en las funciones de transformación y el resultado obtenido, medido en

índice de calidad ambiental se relacionará en la columna 3.2. Por tanto, la diferencia entre la CA que existe entre la situación final 2, y la que existía en la situación inicial 1 (SIT.2 -SIT.1) nos da el valor del impacto unidades conmensurables.

El procedimiento a seguir es el que sigue:

1. $M_{SIT.1} \rightarrow f(M_{SIT.1}) \rightarrow ICA_{SIT.1}$
2. $M_{SIT.2} \rightarrow f(M_{SIT.2}) \rightarrow ICA_{SIT.2}$
3. $ICA_{NETA} = ICA_{SIT.2} - ICA_{SIT.1}$

C.2.3. Valor del impacto sobre un factor determinado

El cálculo del valor del impacto o valor real del efecto que el proyecto o actividad produce sobre un factor determinado, va a ser función de la importancia total, y de la magnitud del impacto, calculados anteriormente.

En la columna 1.2.n+3.1, aparece la importancia del impacto sufrido por cada factor, en valor absoluto, y en la columna 3.2. se presentan los valores de la magnitud del impacto en unidades conmensurables.

Los valores de la importancia del impacto se trasladan a una escala de 0 a 1, de manera que a cada factor le corresponde una importancia de $(I_j / I_{m\acute{a}x.})$, siendo $I_{m\acute{a}x.}$ el máximo valor de las importancias en la columna 1.2.n+3.1.

Mediante la expresión:

$$V_j = (I_j / I_{m\acute{a}x.} \times f(M_j^2))^{1/3}$$

obtendremos de manera cuantificada y en una escala de 0 a 1, el valor del impacto V_j , sufrido por cada factor j, del medio, consecuencia del conjunto de las acciones de la actuación sobre el factor considerado (columna 3.3.).

C.2.4. Impacto ambiental total

Considerando los índices ponderales, anteriormente calculados, podemos establecer el valor del impacto ambiental total que se produce sobre cada factor, como el producto del valor del impacto sobre cada factor V_j (columna 3.3.) por su índice ponderal P_j (columna 0):

$$IA_j = P_j \times V_j$$

Sumando de forma ponderada el valor del impacto sufrido por los diferentes factores, obtendremos el impacto sobre los diferentes componentes ambientales, los impactos sobre las categorías ambientales o subsistemas, sobre los sistemas ambientales, y el impacto ambiental total causado por el proyecto:

$$IA_{Total} = \sum_j P_j \times V_j = \sum_j IA_j$$

Ya que los impactos pueden ser positivos o negativos, los valores del impacto ambiental total causado por el proyecto se encontrarán en el entorno ± 1000 UA.

C.3. PREVENCIÓN Y CORRECCIÓN DE IMPACTOS

C.3.1. Identificación de las medidas preventivas, correctoras y compensatorias

Se analizarán las medidas a incorporar en el proyecto, según la siguiente tipología:

- *Medidas protectoras*: son aquellas que evitan la aparición del efecto modificando los elementos definitorios de la actividad (tecnología, diseño, traslado, tamaño, materias primas...).
- *Medidas correctoras*: de impactos recuperables, dirigidas a anular, atenuar, corregir o modificar las acciones y efectos sobre:

- Procesos productivos (técnicos...).
- Condiciones de funcionamiento (filtros, insonorizaciones, normas de seguridad...).
- Factores del medio como agente transmisor (auspiciar dispersión atmosférica, dilución...).
- Factores del medio como agente receptor (aumento de caudal, aireación de las aguas...).
- Otros parámetros (modificación del efecto hacia otro de menor magnitud o importancia).
- *Medidas compensatorias*: de impactos irrecuperables e inevitables, que no eluden la aparición del efecto, ni lo anulan o atenúan, pero contrapesan de alguna manera la alteración del factor (pago por contaminar, creación de zonas verdes, acciones de efectos positivos...).

C.3.2. Valoración de impactos consecuencia de la introducción de medidas correctoras

Una vez establecidas y diseñadas las medidas preventivas y/o correctoras que nos conducirán a paliar los efectos negativos consecuencia de las acciones del proyecto y/o actividad, se relacionan en las columnas 4.1.1. a 4.1.n., procediendo, a efectos valorativos, de manera análoga a la detallada en los apartados B. y C.1. a C.3.

Consideraciones a tener en cuenta en el cálculo de las medidas correctoras:

1. Matriz de importancia:

- El signo, al tener las MC el carácter beneficioso será (+).
- La intensidad del efecto, no expresará el grado de destrucción, sino el grado de corrección o de reconstrucción del factor.
- La recuperabilidad, se refiere a la posibilidad de anular los efectos beneficiosos, por medio de la intervención humana y retornar a las condiciones existentes antes de la introduc-

ción de las MC.

- La importancia total absoluta (columna 4.2.), de los efectos debidos a las MC, se obtiene como suma algebraica de la importancia de las medidas correctoras sobre cada uno de los factores (suma de las columnas 4.1.1. a 4.1.n.).

2. Matriz de evaluación cuantitativa:

- La magnitud final del impacto en unidades heterogéneas, consecuencia del proyecto o actividad y de la introducción de las MC (fase de “con proyecto y con MC”, columna 4.3.2.), se calcula como la suma algebraica (o ley de composición interna, en su caso), de la magnitud total de los efectos producidos por las MC (columna 4.1.1. a 4.1.n.), y de la magnitud total de los efectos producidos antes de la incorporación de las MC (columna 1.2.n+3).
- El valor neto (M_{MC}) de la magnitud del impacto en unidades homogéneas, consecuencia de la introducción de las medidas correctoras (col. 4.4.3.), se obtiene como la diferencia entre el valor total final (M_{P+MC}), de la magnitud del impacto consecuencia del proyecto o del desarrollo de la actividad y de la MC, en unidades homogéneas (col. 4.4.2.) y el valor neto en unidades homogéneas de la magnitud (M_p) de los efectos producidos antes de la incorporación de las MC (col. 4.4.1., o lo que es lo mismo col. 3.2.2. o col. 1.2.n+3 pero en unidades, homogéneas). Se trata pues, el valor NETO, de la magnitud del impacto en unidades conmensurables, M_{MC} debido a la introducción de las medidas correctoras.
- En función de la importancia total I_{MC} y de la magnitud total neta M_{MC} del impacto positivo producido por la incorporación de las medidas correctoras sobre cada factor del medio, obtenemos el valor del impacto V_{MC} (col.4.5.).
- Multiplicando el valor del impacto sobre cada factor, V_{MC} por el coeficiente de ponderación, se obtiene el impacto ambiental positivo total IA_{MC} , consecuencia de la introducción de MC (col.4.6.).

3. Coste de las medidas correctoras:

En la columna 4.7. se reflejará el nivel de coste de las medidas correctoras:

- Nivel 5, si el coste es superior al 20% de la inversión del proyecto.
- Nivel 4, entre 20% y 10%.
- Nivel 3, entre 10% y 5%.
- Nivel 2, entre 5% y 1%.
- Nivel 1, < 1%.

C.4. IMPACTO FINAL

El *impacto final* IA_F (columna 5.4.), es el que tiene lugar sobre el medio, como consecuencia de todas las acciones atribuidas al proyecto, una vez ejecutado (o a la actividad en funcionamiento), entre las que se incluyen las productoras de efectos beneficiosos, o sea, las debidas a las MC ($IA_F = IA_{P+MC}$).

- a) *Importancia final absoluta* IF: (col. 5.1.), de los efectos resultantes de las acciones de la actuación y de las medidas correctoras, se obtiene como suma algebraica de la importancia total de los efectos debidos a las acciones del proyecto y de la importancia total de los efectos causados por las MC, sobre cada uno de los factores considerados ($I_F = I_{P+MC}$).
- b) *Magnitud final neta* MF: del impacto en unidades homogéneas (col.5.2.), consecuencia de la ejecución del proyecto o desarrollo de la actividad, se obtiene como la diferencia entre el valor final de la magnitud del impacto consecuencia de la actuación y las MC (M_{P+MC}), en udes. homogéneas (col. 4.4.2.), y la magnitud del indicador de cada factor considerado (col.3.2.1.), igualmente en unidades homogéneas, en la situación preoperacional, o sea, sin actuación (M_0).

- c) *Valor final del impacto VF*: es función de la importancia final I_F y de la magnitud final M_{F_r} , de los efectos causados por la ejecución del proyecto (o el desarrollo de la actividad), incluyendo las correspondientes MC, sobre cada factor del medio (cols. 5.1. y 5.2.). Es el valor del impacto ambiental atribuido al proyecto con sus medidas correctoras incorporadas ($V_F = V_{P+MC}$).
- d) *Impacto final previsto IAF*: (col. 5.4.), se obtiene multiplicando el valor del impacto V_{F_r} sobre cada factor, por el correspondiente coeficiente de ponderación.

El impacto final sobre los distintos componentes ambientales, subsistemas y sistema ambiental, se obtiene por suma de los impactos finales que la actuación ejerce sobre los factores en ellos comprendidos.

D. SISTEMA DE ALERTA:

Su misión es destacar ciertas situaciones críticas, ya que, aunque el impacto final de una actuación pueda ser admisible, sin embargo, ciertos parámetros pueden haber sido afectados en forma más o menos inadmisibles, y necesariamente deben ser minimizados, dándose el caso de la existencia de algunos que no admiten mejora.

Por tanto, se establece la utilización de *banderas rojas*, grandes o pequeñas según la variación porcentual del indicador producida por el proyecto (col.5.5.).

E. PROGRAMA DE VIGILANCIA AMBIENTAL (PVA):

Tema ya tratado en II.8.

F. INFORME FINAL:

El informe ambiental, irá acompañado de mapas y diagramas que señalarán las posibles áreas afectadas, indicando los tipos de impacto.

En general, y susceptible de cambios o variaciones, el informe final puede estructurarse de la siguiente manera:

1. Introducción y discusión de la acción proyectada.
2. Estudio del medio en la situación preoperacional.
3. Descripción del proyecto (diseño, ejecución, funcionamiento, abandono...).
4. Acciones que pueden actuar sobre el medio en las distintas fases del mismo.
5. Factores susceptibles de recibir impactos.
6. Impactos probables sobre el medio.
7. Alternativas a la acción proyectada.
8. Mayores impactos y medidas para minimizarlos.
9. Impactos negativos que no pueden evitarse o de costosísima corrección.
10. Relaciones entre la utilización a corto plazo de los recursos ambientales y la productividad a largo plazo.
11. Usos irreversibles o insustituibles de recursos.
12. Comentarios recibidos en el proceso de la investigación o de la realización del EsIA.
13. Discusión de los resultados obtenidos en la valoración cualitativa y cuantitativa. Impacto ambiental residual.
14. Propuesta y programa, en su caso, de estudios complementarios y de detalle necesarios.
15. Conclusiones.
16. Programa de vigilancia ambiental.

Ventajas e inconvenientes de la metodología propuesta por Vicente Conesa:

VENTAJAS:

- Permite incorporar impactos importantes, separándolos de los de menor relevancia y trascendencia.
- Metodología de carácter generalista, adaptable a diferentes tipos de proyectos.

- Detección de relaciones causa-efecto.
- Centra la atención del evaluador en los puntos de interés más sobresalientes en cada caso.
- Permite la obtención de un índice global de impactos.
- Contempla los aspectos económicos
- Permite realizar una evaluación cuantitativa y cualitativa.
- Con la valoración absoluta se detectan factores que aunque poseen poca trascendencia ambiental (poco peso ponderal), han podido ser destruidos irreversiblemente.

INCONVENIENTES:

- No detecta las relaciones de segundo orden en adelante.
- No ofrece indicaciones sobre la localización espacial de los impactos.
- Es un método estático en el que no es posible establecer una relación temporal entre los efectos acontecidos en una fase determinada.
- Emplea funciones subjetivas de valoración que disminuyen la adecuación matemática del modelo.

IV.8. Metodología propuesta por Domingo Gómez Orea (Fuente: Orea, 1988)

La metodología desarrollada por Gómez Orea, está confeccionada con el fin de poder adaptarse a todo tipo de proyectos. Debido a su carácter generalista y permitir la integración de conocimientos sectoriales, pudiendo actuar como hilo conductor para el trabajo de un equipo interdisciplinar, la hacen especialmente útil y práctica como herramienta para la realización de Estudios de Impacto Ambiental.

La metodología está estructurada en ocho etapas, que más adelante se desarrollarán y que se exponen a continuación:

1. Diagrama de flujos.
2. Identificación de impactos.
3. El medio o entorno afectado.
4. Caracterización de los efectos.
5. Valoración de impactos.
6. Prevención de impacto ambiental: medidas protectoras, correctoras y compensatorias.
7. Programa de vigilancia ambiental.
8. Comunicación de los impactos: documento de síntesis.

A. DIAGRAMA DE FLUJOS

Se estructura en tres bloques, que responden a los tres requerimientos básicos de toda evaluación: identificación, valoración y prevención del impacto ambiental, a los que añade la comunicación a la población afectada.

El diagrama de flujos (figura 21), se compone de una serie de tareas simples que se van deduciendo unas de otras, constituyendo el esquema de la metodología. Ésta es sistemática y, aunque muestra un camino de tipo secuencial, debe aplicarse alternando retrocesos y avances, en coherencia con el carácter iterativo cíclico de la evaluación ambiental; puede, y debe, desarrollarse, pues, en un continuo ir y venir sobre las acciones del proyecto y los factores del medio, orientado al mejor conocimiento de sus interrelaciones y, en suma, de los efectos ambientales.

El *diagrama metodológico* señala tareas distintas, y, por tanto, recorridos alternativos en el esquema, que corresponden a diferentes niveles de aproximación y detalle en el estudio, en función de la conflictividad ambiental de los proyectos y del nivel de definición (estudio de viabilidad, localización, anteproyecto, proyecto) en que se encuentra.

Asimismo, el estudio puede incorporar un *programa de tiempos* (figura 22), expresado a través de un *diagrama de barras*, mos-

Figura 22: Programa de trabajo para el desarrollo de la metodología con especificación de solapamiento de tareas, duración relativa de éstas y responsable del equipo de trabajo para cada tarea.

	PERIODO DE TIEMPO DISPONIBLE (meses, semanas, etc.)						RESPONSABLE DEL EQUIPO
	1	2	3	4	5	6	
Análisis del proyecto y sus alternativas	_____						
Identificación de acciones del proyecto	_____						
Definición del ámbito de referencia	_____						
Inventario ambiental	_____	_____					
Identificación de factores ambientales	_____	_____					
Identificación de efectos		_____	_____				
Cribado de efectos		_____	_____				
Caracterización de efectos			_____				
Ponderación de efectos			_____	_____			
Identificación de indicadores			_____	_____			
Predicción magnitud de los efectos			_____	_____			
Diseño funciones de transformación			_____	_____			
Cálculo magnitud del efecto en unidades homogéneas			_____	_____			
Valoración de imp. en und. homogéneas de impacto ambiental			_____	_____			
Enjuiciamiento de impactos			_____	_____			
Identificación grupos de interés social	_____						
Ponderación factores ambientales				_____	_____		
Valoración del impacto ambiental total				_____	_____		
Propuestas de medidas correctoras				_____	_____		
Valoración del impacto corregido				_____	_____		
Programa de vigilancia ambiental				_____	_____		
Documento de síntesis				_____	_____		

trando los solapamientos y paralelismos entre las tareas, así como el consumo relativo de tiempos. Se puede añadir una columna para señalar el responsable de cada tarea. Este instrumento junto con el diagrama de flujos, es un instrumento indispensable para el correcto funcionamiento del equipo de trabajo.

B. IDENTIFICACIÓN DE IMPACTOS

La identificación de impactos pasa por:

- Conocer el proyecto y sus alternativas.
- Conocer el medio en el que va a desarrollarse.
- Establecer la relación entre ambos.

De acuerdo con ésto, la metodología que se desarrolla, para esta primera fase, según dos líneas paralelas: una que analiza el proyecto y que desemboca en la identificación de acciones de éste susceptibles de producir impactos y otra que estudia el entorno afectado para identificar los factores del medio que presumiblemente alterarán aquellas acciones; ambas líneas confluyen en una tarea destinada a la identificación de efectos mediante el cruce de acciones y factores o mediante la construcción de grafos de relación causa-efecto.

Por consiguiente, en lo que sigue se describirá el proyecto tratando los siguientes puntos:

- Situación del proyecto en su contexto.
- Descripción física del proyecto.
- Identificación de acciones del proyecto susceptibles de producir impactos.
- Identificación de medidas correctoras potenciales.

Tales puntos ya han sido tratados con suficiente detalle en los apartados II.3, II.4. y II.7. de este trabajo, por lo que se omite su desarrollo remitiendo su consulta a dichos apartados.

C. EL MEDIO O ENTORNO AFECTADO

Se definirá y delimitará el ámbito geográfico del entorno del proyecto. Su importancia deriva del hecho de que el significado de la alteración de los factores ambientales sólo puede entenderse en términos relativos, es decir, de la proporción que se afecta respecto a la totalidad existente. El significado, por ejemplo, de destruir una hectárea de encinar debe entenderse en función de la cantidad existente que, también variará con el ámbito de referencia que se adopte.

Los puntos a desarrollar en lo concerniente al entorno del proyecto, son:

- Información y diagnóstico del medio “sin” proyecto: inventario ambiental.
- Identificación de los factores del medio susceptibles de recibir impacto.
- Relación proyecto-medio: identificación de impactos.

D. CARACTERIZACIÓN DE LOS EFECTOS

Es necesario hacer una diferenciación, a modo aclaratorio, de los términos *efecto* e *impacto*. Mientras que el primero (efecto) se refiere a la modificación de un factor, el segundo (impacto) equivale a la valoración de dicho efecto, es decir, a su interpretación en términos de salud y bienestar humanos. Aunque no lo manifiesta explícitamente, el Reglamento parece diferenciar ambos términos, utilizando calificativos de tipo descriptivo para los primeros (temporal, recuperable, simple...) y de carácter valorativo (moderado, severo...) para los segundos.

La caracterización debe hacerse solamente para los efectos que alcancen la consideración de notables, “los capaces de producir repercusiones apreciables” en los factores ambientales, según el Reglamento de EIA. Por consiguiente, antes de caracterizar los

efectos habrá que proceder a un *cribado* de los mismos que separe los notables de los mínimos o despreciables.

Los atributos descriptivos para caracterizar los efectos, son los siguientes:

- *Signo*: positivo o negativo.
- *Intensidad*: baja, media, alta.
- *Extensión*: puntual, parcial, extenso todo el ámbito.
- *Momento*: inmediato, medio, largo plazo.
- *Persistencia*: temporal o permanente.
- *Reversibilidad del efecto*: imposible, largo plazo, medio plazo, corto plazo.
- *Posibilidad de introducir medidas correctoras*: en proyecto, en obra, en explotación, no es posible.
- *Importancia*.

Para la caracterización de los efectos es necesario elaborar una *matriz* que contenga los atributos descriptivos anteriormente expuestos. Cada casilla se dividirá en ocho partes relativas a dichos atributos.

E. VALORACIÓN DE IMPACTOS

La valoración, dependiendo del contenido y alcance del estudio a realizar, admite tres niveles de aproximación, los cuales corresponden a otros tantos caminos alternativos en la metodología que se describe; a estos niveles cabe añadir otros de carácter intermedio.

- a) *Simple enjuiciamiento* o interpretación de los impactos identificados en los términos que señala el Reglamento: compatible, moderado, severo o crítico, o bien según otra terminología, siempre que sea significativa y de fácil comprensión por personas no expertas.

- b) *Valoración cualitativa* de los impactos identificados mediante alguna escala de puntuación; esa puntuación puede ser simple, representando el impacto por un solo valor, o bien utilizar dos valores distintos: uno para el grado de incidencia y otro para la magnitud o cantidad y calidad del factor afectado. En ambos casos resulta problemática la agregación de los impactos sobre los distintos factores en un impacto total.
- c) *Valoración cuantitativa*. A ésta se dedica el resto de la exposición. Pasa por tres fases bien marcadas:
 - I. La valoración en unidades distintas, inconmensurables, para cada impacto.
 - II. La transformación de esos valores a unidades homogéneas, comparables, de impacto ambiental, y
 - III. La agregación de los impactos parciales para obtener un valor total.

E.1. *Valoración en unidades heterogéneas.*

La magnitud de las alteraciones sobre cada factor puede venir expresada de diferentes maneras según la naturaleza de cada uno de ellos y la unidad de medida en que se pretenda expresar. En este sentido, los factores del medio, y en consecuencia los impactos que les afecten, se pueden clasificar de la siguiente manera:

- **Cuantificables:** capaces de ser expresados en escalas de proporcionalidad, los cuales pueden encontrarse en algunas de estas dos formas:

- a) *Directamente cuantificables:* como por ejemplo la destrucción de suelo de una determinada calidad por una extracción minera.
- b) *Cuantificables a través de algún indicador* (por tal se entiende la expresión medible de un factor medioambiental), por ejemplo la calidad del agua puede expresarse por el

oxígeno disuelto y la eutrofización de la cantidad de nutrientes.

- **Cualitativos:** que sólo aceptan expresión numérica en escalas de orden o intervalo; admiten una subdivisión entre:

- a) Aquéllos para los que existen criterios objetivos de valoración, como por ejemplo la ocupación de una determinada formación vegetal puede venir expresada por la superficie destruida ponderada por un índice de calidad de dicha formación; este índice de calidad se deduce de ciertas características (estado evolutivo, rareza, diversidad, naturalidad, significación, cobertura, etc.), cuya aceptación por la comunidad científica le da gran consistencia.
- b) Aquéllos de percepción subjetiva que deben jerarquizarse mediante análisis de preferencias. Por ejemplo, el efecto de una explotación minera sobre el paisaje puede expresarse por la superficie de su cuenca visual ponderada por un índice representativo de la pérdida de valor de las unidades de paisaje afectadas.

Es importante la búsqueda de indicadores representativos del impacto como vía para su cuantificación; en principio cabe pensar que dicho esfuerzo implicará una mejor y más profunda comprensión de la naturaleza del impacto, lo que resulta coherente con el Reglamento cuando señala que la valoración de los efectos será "cuantitativa si fuese posible". Pero ello sin forzar las cosas, en la idea de que siempre será preferible valorar cualitativamente un impacto, o expresarlo en forma semántica, que adoptar indicadores cuantificables poco representativos.

Usualmente quedarán algunos factores de naturaleza estrictamente cualitativa; para éstos no hay valoración cuantitativa posible, formando lo que se denomina la fracción no cuantificable o intangible del impacto.

Asimismo se tendrán en cuenta los fenómenos de sinergismo o reforzamiento, casos en los que no será posible sumar algebraicamente los efectos de diferentes acciones sobre un factor determinado, actuando según leyes de composición interna que contemplen este fenómeno.

Con esta fase termina lo que propiamente compone la parte en principio objetiva del estudio de impacto ambiental; a partir de ahora hay que dar entrada a elementos de juicio más o menos objetivos e incluso subjetivos, muchos de los cuales exigen una confirmación con la escala de valor y preferencias sociales. Todo ello constituye la valoración del impacto ambiental propiamente dicha.

E.2. Valoración del impacto ambiental en unidades conmensurables.

El Reglamento pide una jerarquización del impacto, así como una “valoración global que permita adquirir una visión integrada y completa de la incidencia ambiental del proyecto”. Ello implica una valoración en unidades homogéneas de todos los factores modificados por el proyecto, lo que, a su vez exige homogeneizar las diferentes unidades de medida para expresarlas en unidades abstractas de valor (o sea, de impacto ambiental), y una ponderación de los factores ambientales considerados desde el punto de vista de su importancia para la calidad ambiental en el ámbito de referencia.

Dicha tarea constituye la última fase del estudio de impacto ambiental. El análisis hasta aquí referido contiene en síntesis:

- Un examen del proyecto que implica un conjunto de acciones (K) agresoras.
- Un inventario ambiental del entorno, el cual metodológicamente se concreta en un conjunto de factores ambientales (i) que pueden ser alterados, expresados en forma de árbol

- con diferentes niveles de desagregación, variables en el espacio (j) y que evolucionan en el tiempo (t).
- Un conjunto de interacciones, acciones-factores ambientales también variables para cada factor en:
 - Su naturaleza (reversibilidad, carácter de su medida, fiabilidad, etc.).
 - El espacio.
 - El tiempo.
 - Una caracterización del impacto en términos de signo, intensidad, extensión, momento, persistencia, reversibilidad del efecto y posibilidad de introducir medidas correctoras.
 - Una estimación en términos predictivos, de la magnitud del impacto de cada acción $I_{ijk't}$ y del proyecto en su conjunto $I_{ijt'}$ sobre cada factor ambiental i , en cada punto j del entorno y en el tiempo t .

A partir de aquí, la primera tarea de la valoración consiste en transformar el impacto $I_{ijt'}$ medido en unidades heterogéneas, a unidades homogéneas de valor ambiental.

Para ello, la metodología diseñada utiliza la técnica de las *funciones de transformación*, que relacionan la magnitud de cada factor (o su correspondiente indicador), medida en las unidades propias de cada uno de ellos, y su calidad ambiental expresada ya en unidades comparables.

Aplicando las funciones de transformación a cada uno de los factores ambientales se obtiene, por diferencia entre la situación "sin" y "con" proyecto, el valor del efecto sobre cada uno de ellos, pero ahora expresados en unidades homogéneas, por tanto, comparables. Teniendo en cuenta los parámetros de las funciones de transformación dicho valor queda limitado entre 0 y 1.

Caracterizado ya el efecto sobre cada factor y expresada su magnitud en unidades comparables, la fase siguiente consiste en modificar tal magnitud en función del grado de incidencia y de

los atributos descriptivos del efecto. Ésto significa considerar no sólo la extensión o cantidad de factor afectado, sino también la severidad y la forma de esa afección.

Ello puede hacerse multiplicando la magnitud por un *índice de incidencia* representativo de la intensidad y de los atributos del efecto.

Este último índice variará de unas zonas a otra y ha de incorporar ciertos aspectos que pueden tener interés para determinados lugares: noche o día, verano e invierno, etc.

Con el fin de dar sentido a las cifras que se obtengan, resulta indispensable enmarcarlas dentro de unos valores de referencia máximos y mínimos. Ello se consigue estandarizando dichos índices entre 0 y 1, a semejanza de los índices de calidad de los factores ambientales.

Se calcula el *impacto total* sobre el medio por suma ponderada de los impactos sobre cada factor, previo establecimiento de la importancia relativa de los factores entre sí en el ámbito de referencia del proyecto sometido a evaluación.

Dichos *coeficientes de ponderación* de los factores ambientales, deben representar la importancia relativa de cada uno de ellos para la calidad ambiental en el ámbito de referencia considerado. Son, por tanto, independientes del proyecto sometido a evaluación.

El método de asignación de pesos puede realizarse a través de paneles de expertos, herramienta descrita en los apéndices 1 y 3.

Los impactos valorados se pueden agregar por niveles del árbol de factores; también se pueden hacer agregaciones para obtener los impactos por acciones del proyecto.

El proceso señalado, permite extraer y expresar los resultados finales de diversas formas, dando la posibilidad de adaptarse a requerimientos particulares:

- *Valoración de la calidad ambiental sin proyecto*, con tres posibilidades representativas:
 - Situación actual, introduciendo en el proceso los datos sobre factores ambientales en su estado actual.
 - Situación óptima, introduciendo la magnitud de los factores en este estado, y
 - Situación tendencial según la evolución prevista de dichos factores.

De estos tres aspectos son de gran utilidad los dos últimos para estimar el efecto de la pasividad, indispensable para juzgar proyectos de repoblación forestal, por ejemplo, o el de subexplotación, necesario también para comprender proyectos agrarios y/o en medio rural.

- *Valoración de la situación ambiental "con" proyecto*, introduciendo los factores ambientales según la predicción de su estado una vez alterados por el proyecto.
- *Valoración del impacto neto del proyecto*, según las dos siguientes posibilidades:
 - Por simple diferencia entre el valor ambiental "con" proyecto y valor ambiental "sin" proyecto.
 - Introduciendo en el proceso descrito el valor neto de las alteraciones producidas por el proyecto.

F. PREVENCIÓN DEL IMPACTO AMBIENTAL: MEDIDAS PROTECTORAS, CORRECTORAS Y COMPENSATORIAS

Las medidas correctoras no deben ser una excusa para descuidar la concepción de los proyectos medioambientalmente hablando, en la idea de que los impactos van a obviarse con la medida oportuna. Siempre es preferible evitar un impacto que corregirlo, por-

que las medidas correctoras suponen un coste adicional que, aunque proporcionalmente bajo en relación al coste total de la obra, no es despreciable, porque introducen o pueden introducir nuevos elementos de impacto y porque siempre queda algún efecto residual imposible de eliminar.

Es importante, evaluar el efecto de las propias medidas correctoras. Muchas de las medidas se convierten a su vez en elementos del proyecto que deben también ser evaluados. En ocasiones las medidas que corrigen un impacto introducen otro: por ejemplo, ciertas pantallas antiruido son muy discordantes en el paisaje.

Por último, conviene señalar la importancia de indicar aquellos impactos inevitables, su caracterización e intensidad, así como resaltar a modo de *banderas rojas* los más importantes.

F.1. *Presentación de las medidas.*

El capítulo correspondiente a medidas correctoras debe ser claro, coherente y conciso. Se concretará en uno o varios planos, una tabla sintética o ficha para cada medida y una memoria explicativa.

El plano especificará los impactos a que se refiere y el tipo de medida. La tabla o ficha (ver figura 23), debe recoger los siguientes aspectos:

- Impacto al que se dirige.
- Definición de la medida.
- Objetivo.
- Eficacia.
- Impacto residual.
- Elementos de impacto de la propia medida.
- Necesidad de mantenimiento.
- Precauciones de seguimiento.
- Entidad responsable de su gestión.

- Momento y documento de su inclusión: presupuesto, pliego de condiciones del proyecto sustantivo o de otro para las medidas correctoras.
- Facilidad de ejecución y gestión.
- Coste de ejecución.
- Coste de mantenimiento.
- Prioridad.

Figura 23. Tabla-formato para la síntesis de medidas correctoras.

Impacto a que se dirige	Definición de la medida	Objetivo	Eficacia	Impacto de la medida	Impacto residual	Necesidad de mantenimiento	Precauciones de seguimiento	Entidad responsable de la gestión	Documento donde debe incluirse	Facilidad de ejecución	Coste de ejecución	Coste de mantenimiento

G. PROGRAMA DE VIGILANCIA AMBIENTAL

H. COMUNICACIÓN DE LOS IMPACTOS: DOCUMENTO DE SÍN- TESIS

Un objetivo fundamental de toda EIA, es informar a la sociedad del coste ambiental de un proyecto. Dado el carácter amplio y complejo del estudio, resulta imprescindible elaborar documentos de síntesis capaces de transmitir de forma clara, concisa y

fiable sus resultados al no especialista. Ello resulta indispensable para el éxito del trámite de información pública. Debe ser concebido, por tanto, como documento de participación y debate público.

El Reglamento señala para este documento de síntesis el siguiente contenido:

- a) Las conclusiones relativas de la viabilidad de las actuaciones propuestas.
- b) Las conclusiones relativas al examen y elección de las distintas alternativas.
- c) La propuesta de las medidas correctoras y el programa de vigilancia ambiental, tanto en la fase de ejecución de la actividad proyectada como en la de su funcionamiento.

El documento de síntesis no debe exceder de 25 páginas y se redactará en lenguaje sencillo, claro, progresivo en la exposición, evitando términos técnicos de difícil comprensión para el público en general.

A pesar de la sobriedad que pide el reglamento para el documento de síntesis, parece razonable que entre esos epígrafes exista lugar para la siguiente información:

- Discusión de la actuación propuesta.
- Impactos probables que requieren mayor profundización y/o seguimiento.
- Impactos principales.
- Impactos que no pueden evitarse.
- Opinión que merece el proyecto a la población afectada.

• RESUMEN PRÁCTICO DE LA METODOLOGÍA PROPUESTA POR GÓMEZ OREA:

Tanto las acciones del proyecto como los factores del medio se van desagregando a nivel de árbol hasta llegar a los elementos del tercer nivel.

El proyecto se divide en fases, elementos y acciones. El ambiente en medios, factores y subfactores.

Se construye la *matriz* que recoge los *atributos* de caracterización de los efectos. Dichos atributos son:

- Signo (\pm).
- Intensidad (I).
- Extensión (Ex).
- Momento (Mo).
- Persistencia (Pe).
- Reversibilidad (Re).
- Posibilidad de medidas correctoras (MC).
- Importancia (Im).

Una vez completadas las casillas se pueden efectuar sumas por filas y por columnas de los valores que caracterizan la importancia definida en función de la intensidad, la extensión, el momento, la persistencia y la reversibilidad.

La valoración de la matriz de impacto se realiza según los siguientes valores:

- *Signo*: + (positivo beneficioso), - (negativo perjudicial).
- *Intensidad*: Baja (1), media (2), alta (3).
- *Extensión*: Puntual (1), parcial (2), extenso todo el ámbito (3).
- *Momento*: Inmediato (3), medio (2), largo plazo (1).
- *Persistencia*: Temporal (1), permanente (3).
- *Reversibilidad del efecto*: Imposible (4), largo plazo > 3 años (3), medio plazo (2), corto plazo (1).
- *Posibilidad de introducir medidas correctoras*: En proyecto (P), en obra (O), en explotación (E), no es posible (N).
- **IMPORTANCIA DEL IMPACTO**: $\pm(3 I + 2E + M + P + R)$
 $\pm(3 I + 2E + M + P + 3 R)$
 $\pm (I + E + M + P + R)$

Por ejemplo, para una acción del proyecto que produzca un impacto negativo, de intensidad baja, extenso, que se produce a largo plazo, permanente, de reversibilidad imposible y que se pueden introducir medidas correctoras, el cálculo de la importancia se calcula de la siguiente manera:

Signo.....(-)	Intensidad..... (1)
Extensión.....(3)	Momento.....(1)
Persistencia.....(3)	Reversibilidad.....(4)
Medidas correctoras.....(P)	IMPORTANCIA.....17

La importancia se calcula con una ponderación de los índices en la forma:

$$I_m = 3I + 2E + M + P + R = 3 + 2 \times 3 + 4 + 3 + 1 = 17$$

La *valoración global* consiste en analizar 22 columnas referidas a la predicción de impactos (columnas 1 a 3), valoración de impactos (4 a 14), prevención de impactos (15 a 21) y coste de las medidas correctoras (22). A continuación se detalla el contenido de cada una de las columnas mencionadas, (Cano Sevilla, 1992):

1. *Indicador de impacto*: el utilizado para cada subfactor del medio.
2. *Unidades de medida*: definidas por el indicador de impacto.
3. *Magnitud del impacto "sin" proyecto ($M1_j$), "con" proyecto (Mij)*, fruto de la acción i sobre el factor j , y *neto (Mn)*, expresadas en unidades heterogéneas.
4. *Función de transformación*: en abscisas se introducen los valores de $M1_j \rightarrow CA1_j$, y de $M2_{ij} \rightarrow CA2_{ij}$. De este modo tenemos que

$$CA_{ij \text{ neta}} = CA2_{ij} - CA1_j$$

5. *Valor del impacto en unidades de calidad ambiental:* expresado en unidades conmensurables, comparables entre sí.
6. *Importancia del impacto normalizada (Im_{ij norm}):* definida por los siguientes algoritmos propuestos por Gómez Orea:

$$\begin{aligned} \text{Im}_{ij} &= 3I + 2Ex + Mo + Pe + Re; (\text{Im}_{\text{máx}} = 25, \text{Im}_{\text{mín}} = 8) \\ \text{Im}_{ij} &= 3I + 2Ex + Mo + Pe + 3Re; (\text{Im}_{\text{máx}} = 33, \text{Im}_{\text{mín}} = 10) \\ \text{Im}_{ij} &= I + Ex + Mo + Pe + Re; (\text{Im}_{\text{máx}} = 16, \text{Im}_{\text{mín}} = 5) \end{aligned}$$

A continuación se realiza una normalización entre 0 y 1 de la importancia utilizando la siguiente fórmula:

$$\text{Im}_{ij \text{ norm.}} = (\text{Im}_{ij} - \text{Im}_{\text{mín}}) / (\text{Im}_{\text{máx}} - \text{Im}_{\text{mín}})$$

7. *Valor del impacto para cada subfactor (V_j) en unidades conmensurables:* dicho valor responde a la siguiente expresión:

$$V_{ij} = 0.7 \times CA_{\text{neta}} + 0.3 \times \text{Im}_{ij \text{ norm.}}; \quad 0 < V_{ij} \leq 1$$

El valor del impacto sobre cada factor ambiental V_j se calculará sumando por filas todas las casillas de impacto que lo componen:

$$V_j = \sum_{i=1}^n V_{ij}$$

8, 10 y 12. *Coefficientes de ponderación (P_n):* correspondientes a los subfactores, factores y medios. La asignación se realiza en la forma de asignar 1000 unidades de calidad ambiental al ambiente entre medios, factores y subfactores.

9, 11 y 13. Los *impactos sobre los factores, medios y total (IA):* Los impactos sobre los factores se obtienen por suma de los impactos de los subfactores multiplicados por su coeficiente de ponderación. El impacto sobre los medios y el impacto global se obtiene de forma análoga. El resultado viene expresado en unidades de impacto ambiental (UIA).

$$IA = \sum_j P_{ij} \times V_j$$

14. *Medidas correctoras*: se dirigen al medio o al proyecto en sus distintas fases.

15 al 21. *Valoración de impactos*: una vez consideradas las medidas correctoras y compensatorias.

22. *Coste de las medidas correctoras y compensatorias. Actividades complementarias. Banderas rojas*: impactos negativos muy fuertes. *Suma de impactos por acciones*.

Ventajas e inconvenientes de la metodología propuesta por Gómez Orea:

VENTAJAS:

- Permite la obtención de índice global de impactos
- Adaptable a diferentes tipos de proyectos.
- Pondera los efectos mediante la asignación de pesos.
- Considera los factores económicos en las medidas correctoras y compensatorias.
- Realiza una evaluación cualitativa y cuantitativa.
- Prevee efectos de sinergismos mediante la aplicación de una ley de composición interna.
- Permite detectar las relaciones de más de segundo orden, mediante el empleo de grafos de relación causa-efecto.
- Es un método dinámico en el que se tiene en cuenta el tiempo mediante un programa de tiempos, expresado a través de un *diagrama de barras* que refleja los paralelismos y solapamientos entre las tareas, consumo relativo de tiempos y responsable del equipo de trabajo para cada tarea.
- Asimismo clasifica los datos iniciales en función del espacio.

INCONVENIENTES:

- Emplea funciones subjetivas de valoración que disminuyen la adecuación matemática del modelo.
- En la evaluación cualitativa no contempla la valoración relativa en base a la importancia I de los efectos que cada acción de la actividad produce sobre cada factor del medio. Debido a este motivo, la metodología carece de la identificación de las acciones más agresivas mediante la suma ponderada por columnas, ni la identificación de los factores ambientales más impactados, mediante la suma ponderada por filas.
- De modo análogo al punto anterior, en la valoración cualitativa no tiene en cuenta los efectos permanentes ni calcula las importancias finales ni totales realizadas en la metodología de V.Conesa, dando mayor trascendencia a la valoración cuantitativa.

Capítulo V

EL MODELO IDEAL DE VALORACIÓN DEL IMPACTO AMBIENTAL

V.1. Introducción

V.1.1. La metodología científica en valoración y selección ambiental (XIII Congreso ASEPERLT - España - Burgos)

La consideración simultánea de múltiples criterios habitualmente en conflicto, así como los problemas de valoración de aspectos intangibles y los de agregación en una escala válida para la toma de decisiones de los diferentes individuos implicados en el proceso, son algunas de las dificultades más frecuentes tanto desde el punto de vista teórico como práctico, en el campo ambiental.

Tradicionalmente este tipo de problemas ha sido resuelto mediante la *racionalidad sustantiva* (aproximación economicista y simplista que, basada en unas hipótesis de racionalidad muy exigentes y poco realistas, aislaba el problema considerado en un “*pequeño mundo*” donde habitualmente existían herramientas analíticas para su tratamiento).

La aplicación de esta racionalidad presenta numerosas limitaciones cuando se enfrenta a problemas en los que el subjetivismo, la incertidumbre y las interrelaciones entre los diferentes individuos que intervienen en el proceso de valoración y toma de decisiones son fundamentales en su resolución.

Algunas características de los problemas ambientales (Jasen 1992, Moreno 1996) como son su *complejidad* (múltiples individuos, criterios, escenarios, etc.), *incertidumbres* (ausencia de información cierta, lagunas en el conocimiento, etc.), *irreversibilidad* (existencia de efectos irreversibles con poca verosimilitud) y *equidad intergeneracional* (consideración de las generaciones futuras), sugieren su resolución utilizando otros enfoques más abiertos, flexibles y realistas que la racionalidad sustantiva, orientados fundamentalmente al aprendizaje, la comprensión y la comunicación (Moreno *et al.* , 1999).

En la actualidad, la separación entre lo racional y lo ético está siendo abandonada. Los esfuerzos están siendo dirigidos hacia la incorporación en los procesos de valoración y de toma de decisiones, de todas las visiones de la realidad incluyendo en ellas los aspectos sociales, éticos y culturales.

Todo esto, ha llevado a considerar que en la valoración ambiental, y particularmente en el Estudio de Impacto Ambiental (herramienta entorno a la cual se establecen las Evaluaciones de Impacto Ambiental), se requieren otros paradigmas más acordes con la filosofía actualmente existente, en la que destacan tres aspectos fundamentales:

1. El problema no puede plantearse en un microentorno (*pequeño mundo*) y su resolución debe abordarse en un *gran mundo* en el que se recojan las interdependencias existentes entre los pequeños mundos que intervienen.
2. La consideración de los distintos individuos, entre ellos las generaciones futuras, que reflejen los valores de uso, opción y existencia, correspondientes al punto de vista de los participantes *inmediatos, próximos y lejanos*.
3. La imposibilidad de utilizar valores precisos para los datos considerados en el problema, debe tenerse presente en la formulación de nuevas metodologías.

Estas nuevas tendencias vienen reflejadas en tres nuevos enfoques que por su complejidad de contenido tan solo mencionaremos. Éstos son: el *Constructivismo*, la *Ciencia Postnormal* y la *Racionalidad Procedimental Multicriterio (RPM)*.

Todos estos enfoques confluyen en la idea de resaltar el papel que en la metodología seguida en la resolución de problemas, tienen los individuos y sus visiones de la realidad en las que influyen decisivamente aspectos éticos y culturales. Es, por tanto, imprescindible incorporar lo subjetivo e intangible en la metodología científica de alguna forma que garantice el rigor científico de cada una de las etapas seguidas en los procesos de resolución

Bases para una metodología en valoración y selección ambiental

En lo que sigue se presenta una serie de recomendaciones o patrones (Pulido, 1998), que deben tenerse presentes cuando se quiera emplear una metodología efectiva y válida, desde el punto de vista científico, en valoración y selección ambiental:

- a) Los problemas ambientales se plantean habitualmente en macroentornos o grandes mundos (muy poco estructurados) en los que se integran numerosos microentornos o pequeños mundos (altamente estructurados).
- b) La existencia de múltiples individuos (cada uno es un microentorno) exige la incorporación de los modelos de las diferentes visiones de la realidad que cada uno aporta. Estas visiones, como es lógico, dependen del contexto en el que cada participante se encuentre (ámbito espacial y temporal) y de aspectos subjetivos estrechamente relacionados con los mismos (culturales, sociales, económicos, ambientales, éticos,...).
- c) La fijación de los diferentes individuos implicados con sus diferentes grados de participación, condiciona las valoraciones dadas a los efectos ambientales considerados (valor de uso, opción o existencia).
- d) Los problemas ambientales vienen caracterizados por una gran complejidad debida fundamentalmente a: el desconocimiento de los verdaderos aspectos relevantes del problema; a la ambigüedad intrínseca de muchos de ellos y a la incertidumbre asociada a los mismos; a la existencia de los sucesos muy poco verosímiles pero con efectos irreversibles; a la consideración de las generaciones futuras y a la existencia de múltiples criterios, escenarios, factores e interrelaciones.
- e) La forma de modelizar todos estos escenarios, factores, criterios, interrelaciones y horizontes temporal y espacial va a resultar determinante a la hora de seleccionar la metodolo-

gía apropiada para la resolución del problema. La racionalidad procedimental multicriterio estructura el problema en dos bloques: el primero, en el que se recoge la parte menos ambigua y más conocida del problema (criterios, subcriterios, atributos y alternativas), se modeliza mediante una jerarquía (se supone independencia entre los elementos) y el segundo, en el que se recoge la parte más abierta y menos estructurada del mismo, se modeliza mediante una red (se permite dependencia entre los elementos).

- f) La combinación de datos objetivos junto a opiniones subjetivas, requiere la utilización de escalas de medida que permitan integrar las valoraciones asignadas a los mismos en una escala válida para la toma de decisiones (seleccionar la mejor alternativa). En esencia se busca mejorar la calidad integral del proceso de toma de decisiones, mejorando el conocimiento que se tiene del mismo.
- g) La imprecisión de los datos empleados en situaciones tan complejas y la ambigüedad de algunas situaciones, desautorizan las conclusiones obtenidas a partir de unos valores fijos para los parámetros. En este caso, más importante que la obtención de la solución óptima del problema es el aprendizaje y la comprensión derivados de la explotación del modelo.
- h) Junto al aumento del valor añadido del conocimiento alcanzado en el proceso de decisión, tanto del problema como de los procedimientos, una resolución efectiva del problema está orientada hacia la detección de una serie de oportunidades de decisión, pautas de comportamiento o tendencias que se verifiquen con cierta estabilidad y regularidad.
- i) Estas oportunidades de decisión son utilizadas en los procesos de negociación, comunicación y búsqueda del consenso entre los individuos implicados en el proceso de toma de decisiones, teniendo presente que el establecimiento de caminos de consenso entre los participantes en la resolución del problema es una de las líneas de actuación recomendadas en medioambiente.

V.1.2. El modelo ideal de valoración

La existencia de un único modelo que satisfaga a todos es impensable en la actualidad. El desarrollo de los modelos de valoración es aún reciente y, como en todo comienzo, surgen diferentes equipos y escuelas, los cuales aportan métodos distintos aunque todos ellos de alguna manera válidos.

Es por ello, por lo que se hace necesario establecer unas bases conceptuales que sirvan de referencia para efectuar una valoración y enjuiciamiento de los distintos modelos metodológicos.

Como se ha dicho anteriormente, en los últimos años han surgido multitud de metodologías distintas diseñadas con el objeto de ser modelos de valoración del impacto ambiental causado por una o varias acciones o actividades en funcionamiento.

Evaluar dichas metodologías y compararlas entre sí, puede ser bastante complicado si tenemos en cuenta que calcular la bondad de los métodos empleados puede ser tarea harto difícil, por no decir imposible, al no poder ser calibrados los métodos ni contrastados con mediciones reales (al no existir ningún aparato de medida que nos calcule el impacto ambiental total causado por una actividad en un determinado entorno), y al basarse gran parte de las metodologías en funciones subjetivas y valores estimados por los técnicos que llevan a cabo dicho estudio.

Como consecuencia de estas circunstancias, una de las posibles alternativas para valorar las citadas metodologías consistiría en estudiar parámetros de tipo interno, intrínsecos al modelo, como por ejemplo: qué tipo de funciones contiene cada método de valoración (objetivas o subjetivas); qué variables y tipo de escalas se introducen en el modelo (cualitativas, cuantitativas, proporcionales, ordinales,...); qué tipo de información, cantidad y calidad es la admitida y qué fiabilidad y porcentaje de conocimiento tiene, etc...

Un autor que ha tratado con detenimiento este tema es Vicente Conesa. Éste propone unas líneas generales de lo que sería un modelo ideal de valoración, las variables que intervendrían, y establece unas posibles bases para enjuiciar y criticar los diferentes modelos existentes basadas en una serie de requisitos intrínsecos a los modelos (adecuación matemática, adecuación conceptual y adecuación de la información), y otros independientes de la situación a estudiar (inputs y funciones).

A continuación y basándonos en los criterios establecidos por V. Conesa (1997) para los modelos de valoración de impacto ambiental por considerarlos adecuados por las razones antes expuestas, se abordarán los siguientes apartados para posteriormente aplicar su contenido a las distintas metodologías descritas en este trabajo.

- a) Concepto de modelo óptimo.
- b) El modelo numérico ideal.
- c) Requisitos intrínsecos de los modelos numéricos.

V.2. Concepto de modelo óptimo

Se dice que un método de valoración es óptimo o ideal cuando, independientemente del valorador que lo lleve a cabo (entendiendo a éste como un equipo multidisciplinar en su sentido más amplio), la valoración obtenida es la misma.

Para que un método de valoración sea considerado ideal, es necesario que se cumplan las dos condiciones siguientes:

1. Si un valorador utiliza dos métodos o modelos de valoración diferentes, el resultado obtenido es el mismo. En la práctica, esta condición es equivalente a la existencia de un único modelo universalmente aceptado.

Esta condición implica que la definición, estructura y lógica del modelo son conceptualmente correctas. La consecución de un modelo único, está admitido por la comunidad científica como un objetivo, hoy por hoy, inalcanzable.

2. Si dos valoradores diferentes utilizan un mismo modelo, el resultado obtenido es el mismo. Esta condición puede aplicarse también a un único valorador pero en dos instantes temporales lo suficientemente próximos para que el resultado final no quede distorsionado con la intervención de la función tiempo.

En la actualidad, se investiga en la línea de modelos concretos que cumplan esta condición de valor único. O sea, que para cada modelo específico, se pretende que la valoración final sea la misma para dos valoradores que empleen los mismos criterios. Asimismo, se busca que los modelos sean bien definidos conceptualmente, lo que de algún modo palia la imposibilidad de acceder a la primera condición.

De cualquier modo, hay que tener presente que todos los modelos que se vienen aplicando, no son mejores ni peores en término general. Sin embargo, si particularizamos para un caso concreto, algunos sí son más adecuados que otros.

Es frecuente encontrarse con el dilema de qué metodología seguir para la realización de un Estudio de Impacto Ambiental. La elección dependerá de múltiples factores ya tratados en este trabajo, de los que derivará el mayor o menor éxito de la herramienta utilizada. En cualquier caso, y a modo general, para decidir el modelo a emplear suele optarse entre las dos alternativas siguientes:

- Escoger un modelo que ya se haya empleado con éxito en situaciones similares (p.ej. Battelle-Columbus para el caso de una presa).

- Elegir el modelo más conocido por el equipo valorador, del cual se posee experiencia y se prevén sus bondades, limitaciones y la exactitud de los resultados.

Por último, se hace necesario puntualizar que, para que sea posible la comparación de dos valoraciones efectuadas por dos equipos distintos, además de emplear el mismo modelo, es imprescindible que los distintos valoradores actúen con los mismos criterios.

De esta manera, un mismo proyecto podrá ser evaluado por dos equipos valoradores diferentes, pudiendo ser comparados y verificados los resultados obtenidos por cada uno de ellos. Esta exigencia deberá ser impuesta por un tercero (Administraciones Públicas, órgano competente, coordinador de los trabajos, comité de expertos, etc.).

V.3. El modelo numérico ideal

Dentro de los diferentes tipos de modelos, los numéricos son los que gozan cada vez de mayor aceptación. Un modelo numérico es aquél cuyos datos y resultados (variables independientes y dependientes, respectivamente) son números (naturales, enteros o reales).

En un conjunto de modelos numéricos, el óptimo se definiría teóricamente como aquél que, siendo universalmente aceptado, presente la menor desviación típica media σ_m (media de las desviaciones típicas σ_j), de las valoraciones obtenidas por los diferentes valoradores.

Siendo k , el número de actuaciones o de actividades a valorar; n , el número de expertos P que valoran cada actividad i ; I_{im} , la media de las n valoraciones de cada actividad i ; I_{ij} la valoración I_i que hace el valorador P_j de la actividad i ; las desviaciones típicas de los resultados para cada actividad estudiada serán:

$$\sigma_1 = \sqrt{\sum_j (I_{1m} - I_{1j})^2 / (n - 1)}$$

$$\sigma_2 = \sqrt{\sum_j (I_{2m} - I_{2j})^2 / (n - 1)}$$

$$\sigma_i = \sqrt{\sum_j (I_{im} - I_{ij})^2 / (n - 1)}$$

$$\sigma_k = \sqrt{\sum_j (I_{km} - I_{kj})^2 / (n - 1)}$$

La desviación típica media responderá a la siguiente expresión:

$$\sigma_m = \sum_i s_i / k$$

$$\sigma_m = (\sigma_1 + \sigma_2 + \dots + \sigma_i + \dots + \sigma_k) / k$$

Por tanto, de entre todos los modelos más universalmente aceptados, *el que menor desviación típica presente será el óptimo.*

La obtención de las desviaciones típicas es en la práctica irrealizable (y en todo caso alto costosa en tiempo y dinero y con resultados prácticos no claros). Sin embargo, su definición, por un lado aporta un marco conceptual en donde movernos, y por otro permite estudiar la influencia de determinados factores sobre la eficacia del modelo (proximidad al modelo óptimo, minimización de la desviación típica, etc.).

Como, además, no se trata de descalificar a ningún modelo, ni siquiera de establecer un riguroso orden de validez o de prioridad, debe tenderse a implantar un conjunto de modelos, que indistintamente consideremos con un índice de optimidad válido para ser empleado con todas las garantías para la valoración del IA.

Supongamos la existencia de un modelo universalmente aceptado, que acepta el 100 por 100 de la información. Imaginemos la adopción de iguales criterios por cada valorador y el conocimiento exacto del valor del 100 por 100 de la información. En consecuencia tendremos que, para 1000 valoradores diferentes el resultado final de la valoración será el mismo y la desviación típica media 0. Existirán otros modelos que, con las mismas premisas y circunstancias, presenten desviaciones típicas poco relevantes. El conjunto de modelos que presentan σ_m en un entorno admisible próximo a 0, se adopta como conjunto de modelos a emplear con garantías de calidad.

El modelo o conjunto de modelos a los que se debe tender, tienen que cumplir al menos dos tipos de requisitos:

1. Requisitos dependientes de la situación a estudiar

Se trata de los criterios a emplear en cada caso concreto. Se exige la igualdad de criterios para el caso en que el modelo adoptado sea aplicado por diferentes valoradores en una misma situación. Requiere la invariabilidad de:

- *Inputs*: acciones y factores ambientales a considerar, pesos, equipos para la obtención de datos, metodologías analíticas y de medición de impactos, indicador de impacto, unidad de medida, etc. Para cada situación estudiada, componen el conjunto de variables independientes. (Se hace notar que estas variables son independientes entre sí, pero dependen y varían en función de la situación estudiada).
- *Funciones*: funciones de transformación, función de valoración, etc., que nos conducen al cálculo de las variables dependientes son función de las variables independientes, por lo que estarán vinculadas a su vez a cada una de las situaciones estudiadas.

2. Requisitos independientes de la situación a estudiar

En este apartado se engloban las condiciones, estipulaciones, restricciones y requerimientos inherentes al modelo, las cuales definen su calidad. Por tanto, estos requisitos no están ligados de modo alguno a la situación estudiada.

Mientras que el cumplimiento de los requisitos dependientes suelen venir garantizados por el equipo valorador o por un comité institucional de expertos, el cumplimiento de los requerimientos inherentes al modelo depende del equipo, empresa o escuela que ha diseñado el modelo.

Consideramos tres requisitos inherentes o intrínsecos al modelo:

- *Adecuación matemática* (de las variables independientes y de las funciones que tratan con ellas).
- *Adecuación de la información*, tanto en cantidad como en calidad.
- *Adecuación conceptual*.

Los primeros modelos (de valoración de impacto ambiental, de valoración de alternativas,...) incumplían notoriamente alguno de estos requisitos. Puede citarse como ejemplo el método de Leopold (con inadecuaciones conceptuales y matemáticas evidentes como más adelante se comentará). Sin embargo, su utilización resultó del todo práctica, permitiendo identificar los impactos y/o alternativas más agresivos, aunque no se llega en la mayoría de los casos a obtener valores aceptables y representativos (p.ej. del índice global de impacto o de la prioridad de alternativas), y, por tanto, no se pueden comparar globalmente y en conjunto dos actuaciones distintas.

El modelo que debe adoptarse y al que se tiende, debe cumplir con el mayor grado posible con las tres adecuaciones. Ninguno de los modelos de uso común en el momento actual las cumple en

su totalidad. Es imprescindible que la tercera de ellas (adecuación conceptual) se consiga, y de hecho está presente de manera satisfactoria en los modelos más modernos. En cambio, la adecuación simultánea de la primera y segunda condiciones no ha sido plenamente conseguida por ningún método. Y ello porque, en la filosofía de los modelos numéricos actuales, resultan ser incompatibles. A mayor logro de la segunda, menor de la primera, y viceversa.

Intuitivamente puede aceptarse el hecho de que se debe lograr la mínima desviación típica media de las valoraciones realizadas por diferentes equipos, con lo que se llegaría a un equilibrio óptimo entre ambas adecuaciones. Precisamente dentro de los modelos numéricos más desarrollados, lo que diferencia a unos modelos de otros es la apuesta por uno u otro de los requisitos. Así, por ejemplo, el método de Battelle aboga por la adecuación matemática sacrificando parte de la información, y el método propuesto por Vicente Conesa, inclina la balanza del lado de la información, sacrificando en parte el rigor matemático.

V.4. Requisitos intrínsecos de los modelos numéricos

V.4.1. Adecuación matemática:

Los diferentes tipos de escalas

El valor de los distintos factores ambientales, o sea, la medida de la calidad ambiental que cada uno de ellos presenta en un determinado instante temporal, se mide con criterios cuantitativos, cuando ésto es posible, y con criterios cualitativos, tanto objetivos como subjetivos, cuando no lo es.

Los modelos numéricos de valoración pueden incorporar diversos tipos de variables:

- Variables que presentan la magnitud del efecto, medida directamente. Sus valores son números reales, que manifiestan un múltiplo de la unidad de medida (longitud en metros, capacidad en litros, concentración en p.p.m., nivel sonoro en dBA, etc.).
- Variables que representan la magnitud del efecto, medida a través de un índice. Sus valores son números reales (0-1) y a veces enteros (0-100), que patentizan el valor de un factor, en un instante en cuestión, a través de un modelo o índice (ICAIRE para medir la calidad ambiental del aire; ICC para medir el confort climático; la ecuación de TAYLOR para medir la erosión de un suelo; etc.).
- Variables que representan la magnitud del efecto, medida a través de escalas jerárquicas, bien de tipo ordinal o de intervalo. La medición se efectúa mediante un criterio objetivo.

Las variables *ordinales* presentan valores con números generalmente enteros, a veces reales, en los cuales un valor superior a otro sólo indica orden de prelación: el mayor antecede al menor. Por ejemplo, si la calidad paisajística de una zona A, es 6 y la de una zona es 3, la de la zona A es mejor, pero no el doble de mejor. Los modelos que operan sólo con este tipo de variables son de tipo cualitativo.

Las variables de *intervalo*, presentan valores (generalmente números enteros), para cada intervalo objeto de estudio o clasificación (pH entre 8 y 9, calidad del agua 80; conductividad entre 750 y 1000 mmhos/cm, calidad 90).

Las variables de intervalo pueden considerarse un caso particular de las ordinales, en el que en vez de parámetros concretos, se ordenan intervalos de un parámetro.

- Variables que representan la magnitud del efecto medida a través de *escalas proporcionales*. La medición se efectúa mediante criterios objetivos. Los valores son números reales, en los cuales dos valores diferentes lo son en su proporción. En el ejemplo anterior, la calidad paisajística de A sería exactamente el doble de la de B. Si el contenido de

materia orgánica en un depósito es de 100 udades. y en otro de 25, el del primero es exactamente 4 veces superior al del segundo.

- Variables que representan la magnitud del efecto medida a través de *escalas de preferencias*. Los valores suelen ser números enteros (valor de especies: muy común, 1; común, 2; frecuente, 3; endémica comarcal, 4; endémica nacional, 5; rara comarcal, 6; ...; en vía de extinción, 10); (factor clima: mediterráneo, 10; templado, 9; marítimo, 8; continental, 7; continental extremado, 6; tropical, 5; ecuatorial, 4; ...; polar, 1).
Puede considerarse como una variable ordinal, cuya medición se efectúa mediante criterios subjetivos (intentando que sean los menos subjetivos posibles).
- Variables que representan la magnitud del efecto medida a través de *escalas de sensaciones*. Sus valores suelen ser números enteros. (Aspecto del agua: pésimo, 0; muy malo, 10; ...; normal, 50; ...; muy bueno, 90; excelente, 100).
Al igual que en el caso anterior, pueden considerarse variables ordinales medidas mediante criterios subjetivos.
- Variables que representan la magnitud del efecto medida a través de *otros criterios subjetivos*. Los valores suelen ser números enteros. Un caso frecuente el del tipo "todo-nada", *dentro-fuera*, o *si-no*, representado normalmente mediante los valores 1-0 (capacidad para detectar sustancias tóxicas en el agua por métodos analíticos convencionales: detectable 0, no detectable 1).

Cada variable, pertenezca al tipo que sea, puede ser incorporada al modelo y tratada dentro de él mediante diversos tipos de funciones posibles y adecuadas.

Simplificando al máximo podemos reducir la tipología de las variables a dos clases:

- *Ordinales*: incluyen las variables medibles mediante escalas jerárquicas, de orden e intervalo, preferenciales, de sensaciones, etc.

- *Proporcionales*: medibles por cuantificación directa, cuantificación a través de un indicador, mediante escalas proporcionales propiamente establecidas con carácter objetivo, etc.

Los factores de la adecuación matemática

Dadas unas variables de tipo proporcional u ordinal, conseguir la adecuación matemática significa obtener un índice global de impacto (o cualquier otro índice de valoración) lo más objetivo y proporcional posible, o sea, que conserve la proporcionalidad de las variables de entrada. Se busca que si, por ejemplo, al estudiar dos alternativas A_1 y A_2 , las variables independientes de emisión atmosférica de SO_2 presentan valores de 75 y 200 mg/m^3 y los índices globales de impacto calculados son $IA_1 = 20$ y $IA_2 = 40 = 2 \times IA_1$, ello implique que, siendo el valor del efecto (impacto) de la segunda alternativa el doble que el de la primera, el efecto producido sobre el medio por aquélla sea, en términos medioambientales, realmente el doble que el de la primera.

Para lograr que se dé este hecho, debe procurarse la máxima objetividad en la definición de:

- Las variables cuasi-proporcionales.
- Las funciones del modelo.

A menor objetividad, más distorsionado quedaría el resultado y más lejos de la adecuación matemática.

Las variables cuasi-proporcionales

Las variables de entrada deben ser comparables para poder ser tratadas conjuntamente. Los valores ordinales no pueden ser sumados o multiplicados, pues el resultado carecería de sentido. Por ello las variables ordinales requieren de una primera cuasi-proporcionalización, que describimos a continuación.

Para la mejor comprensión de lo que es una variable cuasi-proporcional (también llamada quasi-proporcional) vamos a ver un ejemplo irreal pero ilustrativo. Supongamos que un valorador P_1 define la variable ordinal x_1 = concentración de contaminante, tomando valores 1 (baja concentración), 2 (concentración media) o 3 (alta concentración). Esta variable se ha definido de modo ordinal porque no se conocen los valores exactos de las concentraciones. Supongamos también, que otro valorador P_2 sí conoce sus valores exactos, pues dispone de mejores medios de medida. Entonces podría construir la variable proporcional x_2 = concentración real de contaminante. El individuo P_1 le pide a P_2 que le construya una variable z cuasi-proporcional a partir de la variable x_1 ordinal. P_2 observa que cumple aproximadamente que $x_1 = 1$, si $x_2 = 1$ a 3; $x_1 = 2$, si $x_2 = 4$ a 14; y $x_1 = 3$, si $x_2 = 15$ a 17. P_2 podría construir la variable z cuasi-proporcional del siguiente modo: $z = 2$, si $x_1 = 1$ (media entre 1 y 3); $z = 9$, si $x_1 = 2$ (media entre 4 y 14); $z = 16$, si $x_1 = 3$ (media entre 15 y 17). El cuadro 1 ilustra el ejemplo.

Cuadro I.

Ejemplo de obtención de una variable cuasi-proporcional

VARIABLE		VALOR																
Proporcional	x_2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
Ordinal	x_1	1						2						3				
Cuasi-proporcional	z	2						9						16				
CONCENTRACIÓN		Baja						Media						Alta				

Las proporciones en la variable ordinal y la cuasi-proporcional son claramente diferentes:

$$9/2 = 4.50 \text{ } \langle \rangle \text{ } 2.00 = 2/1$$

$$16/9 = 1.77 \text{ } \langle \rangle \text{ } 1.50 = 3/2$$

$$16/2 = 8.00 \text{ } \langle \rangle \text{ } 3.00 = 3/1$$

Mientras que la variable ordinal sólo mantiene el orden, la cuasi-proporcional se acerca de modo discontinuo, más a proporciones reales, y mejor, cuanto mayor número de intervalos entre los valores 1 y 17 queden definidos.

En el ejemplo anterior, la definición de la variable cuasi-proporcional se tipifica como objetiva, ya que su determinación a partir de la variable ordinal será siempre la misma, independientemente de quién sea el valorador.

Las variables cuasi-proporcionales no son más que variables que mantienen el orden y cuya proporción de valores quiere acercarse al máximo a la realidad, aunque sin conseguirlo del todo. De ahí la denominación de cuasi-proporcionales.

Veamos un ejemplo más real. Definimos como x_1 el impacto producido por la actividad estudiada. La variable ordinal toma el valor $x_1 = 0$, si el proceso es totalmente reversible; $x_1 = 1$, si el proceso se considera muy reversible; $x_1 = 2$, si el proceso presenta reversibilidad media; $x_1 = 3$, si el proceso es poco reversible; $x_1 = 4$, si el proceso es irreversible (cuadro 2).

La variable cuasi-proporcional correspondiente, z , podría definirse como $z = 0$, si $x_1 = 1$ (muy reversible); $z = 3$, si $x_1 = 2$ (reversibilidad media); $z = 9$, si $x_1 = 3$ (poco reversible); $z = 90$, si $x_1 = 4$ (irreversible).

Cuadro II.
Ejemplo de obtención de una variable cuasi-proporcional

VARIABLE		VALOR				
Ordinal	x_1	0	1	2	3	4
Cuasi-proporcional	z	0	1	3	9	90
REVERSIBILIDAD	R	Total	Mucha	Media	Poca	Nula

En este ejemplo, la definición de la variable cuasi-proporcional z es subjetiva ya que depende del valorador. ¿Por qué en vez de tomar z los valores 0, 1, 3, 9 y 90 no toma 0, 1, 2, 6 y 54?, ¿es ser medianamente reversible 3 veces (3/1) o 2 veces peor (2/1) que muy reversible?. La definición de z depende del criterio de cada valorador. Para evitar esto, la definición de estas variables debe entenderse como un requisito dependiente de la actuación a estudiar. Además las denominaciones "poco reversible", "muy re-

versible”, etc., son poco claras y deben sustituirse por otras más precisas, por ejemplo, por un valor función del tiempo de permanencia del impacto.

Como conclusión, hacemos una serie de matizaciones relativas a las variables cuasi-proporcionales, y específicamente a su tratamiento:

- Las variables cuasi-proporcionales se tratan como las proporcionales, a las que intentan aproximarse.
- Las variables ordinales, para que puedan ser tratadas manteniendo la debida adecuación matemática del modelo, requieren de una primera cuasi-proporcionalización, tal y como se ha establecido al principio en este apartado.
- Las variables cuasi-proporcionales, son a su vez ordinales. Son variables que mantienen el orden y cuya proporción de valores quiere aproximarse lo más posible a la real, aunque sin conseguirlo en su totalidad.
- Las variables proporcionales y las cuasi-proporcionales pueden tratarse conjuntamente, siendo el resultado lógicamente una variable cuasi-proporcional.

Las funciones del modelo

Dentro de las funciones presentes en cada modelo podemos distinguir:

- *Funciones objetivas*: iguales y equivalentes para cada valorador que utilice el modelo. Por ejemplo, el impacto total se define como $IA_T = \sum_j P_j \times V_j$. Otra definición sería conceptualmente inadecuada.
- *Funciones subjetivas*: las cuales en teoría pueden ser diferentes dependiendo del valorador que las utilice. Por ejemplo, las funciones de transformación del modelo de Battelle o la función de valoración $V_j = [I_j / I_{m\acute{a}x} \times (f(M_j))^2]^{1/3}$ del modelo propuesto por Vicente Conesa. Así, podrá redefinirse la función de valoración de la forma $V_j = [(I_j / I_{m\acute{a}n})^{0.2} \times (f(M_j))]^{0.8}$ sin mermar la adecuación conceptual.

El modelo será más adecuado matemáticamente cuanto menos funciones subjetivas presente.

La función de transformación

Centremos la atención en el caso concreto de un modelo numérico de valoración de impacto ambiental. Las magnitudes de los impactos individuales sobre cada factor del medio se agregarán para obtener las magnitudes impactantes globales sobre cada uno de ellos. Estas magnitudes individuales no son proporcionales entre sí, puesto que no son comparables (se miden en unidades distintas, o sea, heterogéneas y, por tanto, incommensurables).

De este modo será necesario en primer lugar proporcionalizar las diferentes variables, para lo que se usan las funciones de transformación. A partir de las mismas se obtienen las magnitudes en unidades de calidad ambiental, siendo ya homogéneas y comparables. Estas magnitudes, medidas en unidades commensurables, presentan la característica de ser a su vez proporcionales.

Por tanto, las funciones de transformación convierten diferentes variables no proporcionales entre ellas, en otras que sí lo son. Evidentemente estas funciones deben poseer una adecuación conceptual lo más alta posible.

Niveles de adecuación matemática

Dependiendo del tipo de variables independientes y funciones contempladas en el modelo nos encontraremos con diferentes niveles de adecuación matemática.

- I. *Adecuación matemática absoluta, proporcional*: se utilizan variables independientes proporcionales y funciones objetivas.
- II. *Adecuación matemática muy alta, proporcional*: se utilizan variables independientes proporcionales y pocas funciones subjetivas.

- III. *Adecuación matemática alta, proporcional*: se utilizan variables independientes proporcionales y muchas funciones subjetivas.
- IV. *Adecuación matemática media, cuasi-proporcional*: se utilizan variables independientes proporcionales y/o ordinales cuasi-proporcionalizadas.
- V. *Adecuación matemática muy baja*: formando parte de las variables independientes, se utilizan las ordinales.

V.4.2. Adecuación de la información:

La afirmación: *a más información disponible, más adecuado es el modelo*, supone implícitamente el conocimiento del valor exacto de todas las variables, puesto que, en caso contrario, la aseveración anterior no sería cierta.

Por otro lado, es más adecuado en general, afirmar que debe emplearse el mayor número de variables significativas cuyo conocimiento real sea alto probable.

Dicho ésto, se contemplará con preferencia aquella parte de la información que:

- *Presente mayor significancia*: para una variable dependiente dada, las variables independientes más significativas son las que en menor número posible, aporten un mayor porcentaje del total de la información posible, por ejemplo, un 80 por 100 de la información (si $y = 0.4a + 0.15b + 0.2c + 0.1d + 0.06e + 0.05f + 0.04g$, las variables más significativas serían a, b, c, y d).
- *Presente alta probabilidad de conocimiento exacto de su valor*: así, en teoría es más adecuada una variable que proporcione un 30 por 100 de la información con un 100 por 100 de certeza que otra que proporcione el 60 por 100 de información con un 40 por 100 de certeza (información real = $30 \text{ ¥ } 100/100 = 30$ por 100, frente al $60 \text{ ¥ } 40/100 = 24$ por 100).

Es de importancia crucial la correcta elección de las variables más adecuadas a cada estudio. En definitiva, se trata de elegir, entre otras, las variables o indicadores de impacto en su caso, y sus unidades de medida; la tipología de estas variables: ordinales o proporcionales, cualitativas o cuantitativas; etc. Con diferentes medios técnicos (aparatos de medida, reactivos especiales, etc.), y distintas técnicas de muestreo, una misma variable puede proporcionar informaciones netas (útiles o reales) diferentes. En consecuencia, los medios técnicos y económicos de los que se disponga en cada momento, condicionan fuertemente la elección de variables.

En determinadas circunstancias, puede ser más adecuado (p.ej. poca probabilidad de conocimiento del valor exacto), el uso de modelos cualitativos que incorporen variables cualificables en vez de cuantitativos.

Pero, ¿cuándo optar por un modelo cualitativo o uno cuantitativo?, ¿dónde se encuentra esa frontera, si existe?. Teóricamente, la elección de uno u otro se efectuaría de acuerdo con la menor desviación típica media. Dada la mínima utilidad práctica de la misma, podemos hacer uso entonces del ratio global de información neta, el cual condiciona fuertemente el valor de aquélla. Este ratio está formado por la agregación de todas las informaciones netas individuales.

Así, por ejemplo, si se puede hacer uso de variables cuantitativas de pobre exactitud o de otras ordinales que aporten mayor exactitud aunque menor información, la opción de estas últimas contempladas en un modelo cualitativo estará justificada.

También la elección de un modelo cualitativo es acertada en el caso de un mayoritario empleo de variables de tipo ordinal o cualitativo, ya que la consideración de un modelo cuantitativo implicaría escasez o poca exactitud de la información.

V.4.3. Incompatibilidad de las adecuaciones matemática y de información

Dado que una cantidad nada despreciable de la información, sólo puede tenerse en cuenta y ser incluida en el modelo, recurriendo a las variables ordinales, la adecuación matemática no será posible al 100 por 100, tal y como se especifica en el apartado D.1. anterior.

Además, el trato conjunto de variables de tipos diferentes suele realizarse con el empleo de funciones subjetivas, con lo que la adecuación matemática disminuye aún más.

Podemos cuestionarnos cuál de las dos adecuaciones es preferible, la de la información o la matemática. La respuesta es que debe de buscarse un equilibrio entre ambas, diferente para cada caso concreto, y en el que, en general, no predominará totalmente ninguna de las dos. Es necesario que este equilibrio se logre sin que tenga lugar una disminución de la adecuación conceptual, que es absolutamente necesaria e imprescindible.

V.4.4. Adecuación conceptual

Para que un modelo sea elegido, adoptado y aceptado por un número elevado de usuarios es imprescindible que sea de concepción lógica, clara y no presente incoherencias.

Los aspectos necesarios que pueden dar lugar a la correcta concepción del modelo son los siguientes:

1. *Estructura y ordenación lógica*, en el contenido de entradas y salidas.
 - Tratamiento flexible de las acciones impactantes e de los factores ambientales.
 - Distinción clara de las acciones con mayor poder impactante y de los factores ambientales con mayor posibilidad de ser impactados.

- Resultados no absurdos. En el caso de modelos retroalimentados, debe posibilitarse una solución; o sea, no deben aparecer bucles sin salida.
2. *Incorporación de los aspectos económicos*, además de cómo parte de los impactos sobre el medio socioeconómico, como costos y ratios reales que tengan gran influencia en la decisión final.
 3. *Cumplimiento de la legislación vigente*, a nivel regional, nacional y europeo. En particular, en España, se hará referencia obligatoria al artículo 10, Identificación y valoración de impactos, del RD 1131/98, de Reglamento de Evaluación del Impacto Ambiental. Se hace notar la exigencia de la realización de una evaluación global que permita adquirir una visión global y sintética de la incidencia ambiental del proyecto. Ésta se logra en los modelos numéricos mediante un índice global de impacto o de impacto total.
 4. *Desigual importancia relativa de las diferentes variables consideradas*. Los pesos de todos los factores del medio no pueden ser iguales. Si, por ejemplo, se obtiene el valor de una variable a partir del de otras dos, una de las cuales es más significativa, ésta última tendrá mayor peso.
 5. *Adecuación conceptual de las funciones*, cumpliendo éstas las condiciones de contorno, de convexidad o concavidad, etc. Así, por ejemplo, las funciones de transformación deben ser coherentes.
 6. *Coherencia entre las formulaciones y las definiciones asociadas*. Dado un concepto, deberá establecerse una formulación matemática que esté de acuerdo con el mismo.
 - La agregación de las magnitudes cuantitativas será en unos casos una suma (por ejemplo, inmisión de concentración de contaminante), y en otros casos una ley de composición interna diferente (por ejemplo, en el caso del nivel sonoro en dBA, éstos no pueden sumarse, lo mismo puede argumentarse en caso de situaciones de sinergia, en donde la agregación final tendrá un valor final al de la suma).

- La magnitud cuantitativa neta en unidades de calidad ambiental (magnitud en unidades homogéneas) entre dos situaciones temporales 1 y 2, es $CA_1 - CA_2 = f(M_1) - f(M_2)$, y no $f(M_1 - M_2)$: siendo f = función de transformación. Es decir, la función de transformación no puede aplicarse sobre la diferencia.
- Desde el punto de vista conceptual, no se pueden sumar dos magnitudes de impacto sobre diferentes factores del medio, sin antes haberlas transformado a su valor de calidad ambiental comparable (magnitudes conmensurables).
- La definición del índice global de impacto, requiere de formulaciones del tipo:

$$IA_T = \sum_j P_j \times V_j$$

Esta formulación resulta, además, adecuada matemáticamente. Se hace notar que mientras que adecuación matemática explica la forma, la conceptual explica el fondo.

7. *Objetivizar al máximo.* Es lo que, por ejemplo, se buscará en la definición de las variables ordinales subjetivas.

V.5. Formulación general del índice global de impacto ambiental

El índice global de impacto ambiental, denominado también impacto total, IA_T , de la actividad objeto de estudio sobre su entorno ambiental, o impacto final, en el caso de que se hayan incorporado al modelo de los efectos positivos y beneficiosos consecuencia de la introducción de las pertinentes medidas correctoras, responde a la siguiente formulación general:

$$IA_T = g(P_j, p_{ij}, I_{ij}, M_{ij})$$

siendo:

A_i = acción impactante, i.

F_j = factor medioambiental afectado, j.

P_j = peso o significancia relativa del factor j respecto a los demás.

P_{ij} = probabilidad de que se produzca el impacto de la acción i sobre el factor j.

I_{ij} = importancia del impacto de la acción i sobre el factor j.

M_{ij} = magnitud del impacto de la acción i sobre el factor j.

g = función del índice global de impacto (función de impacto total).

En pro a la adecuación matemática y conceptual, la anterior expresión puede reescribirse de la forma:

$$IA_T = \sum_j P_j' (p_{ij}' I_{ij}' M_{ij}')$$

siendo h una nueva función de índice global de impacto.

A continuación se analizarán críticamente y de acuerdo a los conceptos expuestos de Vicente Conesa, las distintas metodologías desarrolladas en apartados anteriores. De esta manera, no se pretende llegar a establecer cuál es la mejor de las Metodologías para el Estudio de Impacto Ambiental, sino que, de acuerdo con las características de cada una de ellas, proponer una serie de criterios, lo más objetivos posibles, de las posibilidades de aplicación según lo requiera la situación objeto de estudio.

Para cada una de las Metodologías tratadas se estudiarán los siguientes puntos:

- Principal aportación.
- Adecuación matemática, adecuación conceptual y adecuación de la información (para las metodologías numéricas).
- Comentario crítico (para las metodologías no numéricas).
- Ventajas e inconvenientes.
- Utilidades prácticas.

V.6. Matrices Causa-Efecto. Método de Leopold

V.6.1. Principal aportación

La principal contribución del método de la Matriz de Leopold, reside en la consideración por separado de la magnitud (M) y de la importancia (I) de los efectos de cada acción impactante sobre cada factor impactado.

V.6.2. Adecuación matemática

como se ha explicado anteriormente, conseguir una adecuación matemática significa obtener un índice global de impacto (o cualquier otro índice de valoración) lo más objetivo y proporcional posible.

En el método de Leopold, la importancia y la magnitud antes reseñadas se miden en escalas ordinales de 0 a 10, de modo altamente subjetivo, siendo la capacidad de cuasi-proporcionalización prácticamente nula. Las variables independientes consideradas en el modelo, al ser ordinales, implican una adecuación matemática muy baja.

La expresión del *índice global de impacto* es la siguiente:

$$IA_T = \sum_{ij} I_{ij} \times M_{ij}$$

Como consecuencia de no poder ser agregadas cuantitativamente las filas y las columnas, el modelo pierde practicidad al manejar gran cantidad de información y al no ser los índices globales de impacto obtenidos comparables entre sí (tan sólo son comparables casillas iguales de matrices homólogas). Esta característica contribuye a la baja adecuación matemática.

V.6.3. Adecuación de la información

El segundo de los requisitos inherentes al modelo establecidos por V.Conesa, es la adecuación de la información. El modelo de Lepold admite toda clase de información, no estando, por tanto, limitada. Posee una buena adecuación de la información.

V.6.4. Adecuación conceptual

Conceptualmente es del todo incorrecto considerar que todas las variables tienen el mismo peso, es decir, se asume que la importancia relativa de los diferentes factores ambientales es la misma. Este hecho, unido a que las variables independientes son ordinales, lleva a la conclusión de que los índices globales de impacto obtenidos mediante este modelo no son comparables.

El método identifica correctamente los impactos más agresivos y los factores del medio más impactados, por lo que es muy útil como técnica de identificación de impactos.

Su estructura y ordenación son bastante lógicas. Al ser la definición de las variables un tanto subjetiva y no tener en cuenta los pesos relativos de los factores del medio, la adecuación conceptual se considera media.

Podemos considerar el método como adecuado para identificar impactos, admitiendo gran cantidad de información, siendo el índice global del impacto final poco representativo, por lo que este modelo no debería usarse o hacerlo sólo a título meramente indicativo.

V.6.5. Ventajas e inconvenientes

VENTAJAS:

- Permite identificar impactos importantes (interesante en la selección de alternativas de un mismo proyecto).
- Fácil de aplicar y económico.
- Adaptable a diferentes proyectos (basta con modificar la lista de acciones y factores).
- Permite identificar impactos en varias fases temporales del proyecto (p.ej. construcción, explotación y abandono).
- Permite describir los impactos asociados a varios ámbitos espaciales (emplazamiento, región,...).
- Interesante como evaluación preliminar; permite una primera aproximación al impacto.
- Detección de relaciones causa-efecto y valoración cualitativa y cuantitativa de dichas relaciones.
- Puede servir como paso previo a la elaboración de estudios más complejos.

INCONVENIENTES:

- Puede haber un exceso de subjetividad en el cálculo de la magnitud e importancia. La colaboración de un equipo multidisciplinar puede aportar un mayor grado de objetividad en las valoraciones.
- Se trata de un método estático en el que no es posible establecer una relación temporal entre los efectos acontecidos en una fase determinada.
- Sólo se detectan relaciones de primer orden. Es posible acompañar de una "matriz por etapas" o "matriz de impactos cruzados", que lleve tanto en filas como en columnas las mismas componentes medioambientales, reflejando las relaciones de dependencia entre ellas.
- Tiene un marcado carácter generalista. No concentra la atención del evaluador en los puntos de interés más sobresalientes en cada caso.

- No permite la consecución de un índice de impacto global, al no poder ser agregadas cuantitativamente las filas y las columnas, circunstancia que le confiere cierta pérdida de practicidad y el manejo de gran cantidad de información para cada alternativa.

V.6.6. Utilidades prácticas

Respecto a la matriz de Leopold, podemos resumir que se trata de un método de identificación de impactos (más que de evaluación), válido en la selección de alternativas y muy útil como evaluación preliminar de proyectos. Asimismo identifica de manera rápida impactos importantes, hecho a tener en cuenta en evaluaciones posteriores.

Debido a su construcción establece las relaciones causa-efecto de las acciones impactantes y de los factores medioambientales afectados por aquéllas.

También se pueden utilizar para la identificación de efectos secundarios y de mayor orden, a través de la incorporación de las llamadas matrices por etapas o matrices de impactos cruzados.

Es posible el cálculo de un índice global de impactos, pero debido a la ausencia de ponderación de los factores ambientales, se desaconseja su uso como tal índice, pudiendo ser calculado sólo a título meramente orientativo, como un elemento de juicio más. No obstante, podemos decir que es posible aportar a las matrices la ponderación de los factores, siempre y cuando se definan claramente los criterios utilizados para tal fin.

Las matrices de Leopold aportan una visión amplia de problemas complicados, útiles como paso previo para posteriores evaluaciones de mayor profundidad.

V.7. Métodos gráficos: superposición de transparencias

V.7.1. Principal aportación

El método de la superposición de transparencias es especialmente útil para la localización geográfica del impacto, diferenciándolo sustancialmente del resto de los métodos que no prestan atención a esa ubicación espacial.

V.7.2. Comentario crítico

El modelo en cuestión, por tratarse de un método gráfico, hay que considerarlo de forma especialmente particular. Al no encuadrarse dentro de los numéricos, no posee índice global de impacto, funciones de ningún tipo (objetivas o subjetivas), ni obviamente, podemos clasificar las variables en ordinales o proporcionales, por lo que no es posible hacer un análisis matemático ni de información.

Si bien, es cierto, que podemos estudiar el modelo conceptualmente, viendo la bondad y fiabilidad con que afronta la identificación de impactos y a la comunicación de éstos.

Podemos decir que el modelo posee una estructura y ordenación lógicas, ya que hace una distinción clara de los factores ambientales con posibilidad de ser impactados. Asimismo, carece de resultados absurdos por la propia dinámica de construcción del modelo. Es un método rápido de realizar y tiene facilidad para la detección y corrección de errores.

Por otro lado, prevee la desigual importancia relativa de las diferentes variables consideradas, a través de la asignación de pesos diferentes a los distintos elementos que intervienen en el desarrollo de la actividad. Por tanto, se procede a ordenarlos de acuerdo

con su significación en relación con la actividad considerada. Una vez seleccionados los elementos y los tipos correspondientes que se consideran significativos en la determinación del impacto, se agrupan todos aquellos tipos que se estima tienen el mismo significado o importancia, ordenando esos grupos según una escala nominal.

Esta fase debe ser elaborada por un equipo interdisciplinar, por ejemplo, a través de un panel de expertos (consultar el apéndice 1), intentando eliminar la subjetividad en la asignación de importancias a los distintos elementos.

Se puede decir, por tanto, que el modelo posee una adecuación conceptual alta. Si bien, es cierto que debido a su naturaleza gráfica, carece de elementos que expresen los resultados de una manera global (p.ej. índice global de impacto) respecto a la conveniencia o no de ejecutar el proyecto o actividad, quedando este cometido en manos de los técnicos encargados de efectuar interpretaciones finales a través de valoraciones visuales de las diferentes tonalidades, consecuencia de superponer las transparencias.

V.7.3. Ventajas e inconvenientes

VENTAJAS:

- Son útiles para localizar geográficamente el impacto, diferenciándolo sustancialmente del resto de los métodos que no prestan atención a esa localización espacial.
- Llevan implícito cierto grado de agregación o suma de impactos, todavía grosera, mediante la superposición de transparencias.
- Son útiles en la comunicación de resultados, tanto en la forma agregada final como parcialmente, transparencia a transparencia. Ayudan a la comunicación del número, tipo y localización de los receptores del impacto.

- Ayudan de manera directa a la decisión, pues detectan zonas de menor impacto.
- Son también útiles para localizar la ubicación de futuras estaciones de control de determinados impactos, como por ejemplo el ruido.
- Es un método rápido de realizar.
- Económicamente es muy asequible.
- Posee manejabilidad de los datos: resulta fácil operar con los distintos mapas y posibles alternativas.
- Tiene facilidad para la detección y corrección de errores.

INCONVENIENTES:

- La propia naturaleza del método, que exige superponer transparencias, limita el número de impactos que pueden ser considerados en una misma fase u operación.
La utilización del ordenador puede ser útil en la elaboración de mapas compuestos, pero éste exige, como es lógico, una mayor dotación presupuestaria y más tiempo cuando es necesario diseñar el programa, pero permite aportar una mayor flexibilidad.
- La utilización de mapas de elementos naturales conlleva la existencia de dos tipos de errores, ya que generalmente identifican zonas uniformes (no son mapas en los que las líneas unen puntos del mismo valor); éstos son:

a) *Error horizontal* o error en la posición de los límites de las zonas. Este error es más acusado en los mapas de suelos, de vegetación y de pendiente, en los que generalmente existe una zona de transición entre los diferentes tipos cartográficos de gran dificultad de representación.

b) *Grado de pureza* o de uniformidad de las zonas separadas.

En error máximo admisible en una superposición, será función de la suma de los errores horizontales de cada mapa y del pro-

ducto de la pureza de cada mapa más los errores que se introducen en la superposición final; así:

$$A = f(\sum H_i, \pi P_i, e)$$

Siendo:

A = probabilidad de que una determinada combinación de tipos de los elementos en la realidad se encuentre en la localización dada en el mapa final.

H_i = error horizontal admisible en cada mapa.

P_i = pureza de cada mapa.

E = error de superposición.

Por ejemplo, si se considera la superposición de siete mapas con un error horizontal en los límites de 0.5 mm (considerado como un error bastante aceptable) y con una pureza del 80 % (que puede considerarse muy buena, dada la dificultad de dibujar zonas homogéneas respecto a los elementos naturales), el error final sería:

Error horizontal final: $0.5 \times 7 = 3.5$ mm.

Pureza final: $(0.8)^7 = 0.209$

Este error, sin embargo, puede ser menor cuando se superponen mapas de elementos que estén correlacionados, pues entonces los errores de los distintos mapas pueden compensarse admitiendo como error final el valor medio de los errores horizontales H_{med}. Si se admite, además, que la pureza del mapa final es la misma que la del mapa del elemento que tenga menor exactitud, resulta:

$$A = f(H_{med}, P_{min}, e)$$

El error horizontal puede reducirse considerablemente, e incluso eliminarse transmitiendo los datos al mapa base con un mínimo de error.

V.7.4. Utilidades prácticas

La superposición de transparencias, encuadrada dentro de los métodos cartográficos, es un método de identificación de impactos empleado en la selección de alternativas, y al igual que la matriz de Leopold, es útil tanto en la identificación de impactos importantes como en la realización de evaluaciones preeliminares.

Debido a su carácter de método gráfico, posee gran utilidad en la localización geográfica del impacto producido, así como en la ubicación de posibles estaciones futuras de control de determinados impactos ambientales. Debido a esta característica es el método más indicado para la planificación y ordenación del territorio.

Es un método que admite la ponderación de los factores ambientales mediante la integración de los elementos con distinto peso, ver III.3.B.

La superposición de transparencias es empleada con frecuencia en la comunicación de resultados al público por su simplicidad y fácil comprensión.

V.8. Listas de chequeo o de contraste

V.8.1. Principal aportación

Como contribución sustancial de este modelo, se puede destacar la aportación de diversas relaciones de acciones que pueden producir impacto, sirviendo esencialmente en la identificación de relaciones causa-efecto, y de las relaciones de factores ambientales que proporcionen información sobre la predicción e identificación de impactos. Mediante la utilización de estas listas se facilita y disminuye considerablemente el trabajo a realizar, aumentando consecuentemente la practicidad.

V.8.2. Comentario crítico

Las listas de control son un método fundamentalmente de identificación de impactos. Nos encontramos con diferentes tipos de listas de control (tratadas en los apéndices 7,8,9 y 10), siendo de diversa naturaleza según el tipo de cometido al que estén destinadas. Así, las listas simples están encaminadas, como se ha dicho anteriormente, a la identificación de impactos; por otro lado las listas de ponderación, son métodos más complejos que implican la asignación de pesos relativos a la importancia de los factores ambientales y la puntuación o jerarquización de los impactos de cada una de las alternativas.

Respecto a estas últimas listas (listas de ponderación), cabe decir que son conceptualmente hablando más adecuadas que las simples o las descriptivas. Ésto es debido a la asignación de pesos a las distintas variables que tiene lugar, hecho que le confiere una especial aptitud para la toma de decisiones mediante el establecimiento de un criterio de selección que sea determinante en la adopción de una u otra alternativa.

En este tipo de metodologías es necesario describir la herramienta seguida en la asignación de pesos, con el fin de clarificar los procedimientos y las bases establecidas para su cálculo.

La evaluación global de cada alternativa se basa en el número de puntuaciones positivas y negativas asignadas a cada factor, así como de la media aritmética de sus puntuaciones. Por tanto, este tipo de modelos carece de un índice global de impacto ambiental, quedando los valores de las puntuaciones establecidas para seleccionar el tipo más adecuado de la actuación propuesta, más que para cuantificar el impacto producido por dicha actuación en el medio ambiente.

Se trata, de una herramienta muy válida para sistematizar los estudios de impacto ambiental.

V.8.3. Ventajas e inconvenientes

VENTAJAS:

- Es un método simple y fácil de usar.
- Útil en evaluaciones preliminares y sobre todo como recordatorio de temas a tratar.
- Bastante útil en la administración, en la que pueden existir listas de control elaboradas para determinados tipos de proyectos, que incluyan también los criterios a seguir en la valoración y unas directrices para enjuiciar los resultados.
- Posibilidad de identificar casi todas las áreas de impacto.
- Útiles para identificar factores ambientales y proporcionar información sobre la predicción y evaluación de impactos.
- Las listas de control ponderadas pueden ser de gran utilidad en la selección de alternativas.

INCONVENIENTES:

- No proporcionan instrucciones para la interpretación de los efectos indirectos.
- No indican plazos, ni probabilidad de que se produzca el impacto, ni riesgo asociado.
- No dan interrelaciones entre los componentes ambientales, por lo que es difícil detectar efectos secundarios originados por cadenas causa-efecto.
- No ofrecen indicaciones sobre la localización espacial del impacto.

V.8.4. Utilidades prácticas

Las listas de control o de chequeo es un método de identificación de impactos y son indicadas como evaluación preeliminar de alternativas de proyectos.

En el caso de emplear listas de control ponderadas, éstas pueden ser utilizadas como selección de alternativas.

El uso de las listas de control es indicado para aportar una amplia visión en el abordaje de problemas complicados.

Asimismo, estas listas están capacitadas para la identificación de efectos primarios, secundarios y de mayor orden. Para ello es necesario la agrupación previa de los factores a impactos de la lista de control. De este modo se ponen de manifiesto los impactos secundarios y terciarios y/o las interrelaciones del sistema ambiental.

V.9. Diagramas de redes de interacción

V.9.1. Principal aportación

Las redes de interacción son un procedimiento que pone de manifiesto las interacciones entre componentes ambientales y, por tanto, las relaciones causa-efecto de segundo, tercer y más alto grado, mediante la identificación de las interrelaciones entre las acciones causantes de los impactos y los factores medioambientales alterados. Las redes de interacción solucionan, por tanto, el problema que no resolvían las Matrices Causa-Efecto de Leopold.

V.9.2. Comentario crítico

Esta metodología permite dar una visión amplia al técnico de las relaciones entre los efectos y constituye una práctica herramienta para dar a conocer al público en general sobre las consecuencias producidas por la puesta en marcha de una actuación determinada.

El principal inconveniente que quizá aporten sea la escasa información que proporcionan acerca de los aspectos técnicos de la

predicción de impactos y sobre los medios a evaluar y comparar los impactos de las alternativas.

Por otro lado, es fundamental evitar en la medida de lo posible la subjetividad en la identificación de los efectos y la posible complicación de interpretación como consecuencia de la confección de redes excesivamente complejas.

Respecto al tratamiento de los efectos secundarios, puede decirse que es más que aceptable cuando éstos estén claramente definidos y no se den complejas interrelaciones. En caso contrario, la contemplación de los mismos puede ser inabordable y engañosa.

V.9.3. Ventajas e inconvenientes

VENTAJAS:

- Identifica efectos primarios, secundarios y terciarios (problema que no resolvían las matrices) y las relaciones causa-efecto que origina esa cadena.
- La metodología permite identificar de manera sencilla la existencia de esas interacciones y los impactos previstos asociados a posibles proyectos así como su naturaleza.
- Pueden ayudar a dar una visión amplia de problemas complicados. Permite al analista visualizar las conexiones antes mencionadas.
- Las redes también nos pueden ayudar a organizar el debate sobre los impactos previstos del proyecto.
- Las representaciones de los diagramas son especialmente útiles a la hora de comunicar al público interesado la información sobre un impacto ambiental.
- Los *digrafos* son útiles para representar las relaciones existentes entre los sistemas biofísico y socioeconómico.

INCONVENIENTES:

- La representación gráfica de estas redes es complicada y puede dar lugar a diagramas excesivamente extensos que disminuyen su valor práctico.
- La identificación de efectos antes mencionada, puede convertirse en una tarea subjetiva dado que se deja en manos de especialistas, pero sin un procedimiento normalizado para decidir las relaciones causa-efecto o su importancia relativa.
- La limitación principal es la mínima información que proporciona sobre los aspectos técnicos de la predicción de los impactos y sobre los medios para evaluar y comparar los impactos de las alternativas.
- Los *dígrafos* destacan por su complejidad visual y la cuestionada validez de las relaciones numéricas establecidas.
- No es recomendable para grandes actuaciones. Su comprensión en algunos casos puede resultar difícil.

V.9.4. Utilidades prácticas

Los diagramas de redes de interacción son una metodología de identificación de impactos ambientales válidas como método de evaluación preeliminar y detección de relaciones causa-efecto de las acciones impactantes y los factores objeto del impacto.

Son útiles en la comunicación de resultados a la población afectada e interesada, por su claridad en la exposición y facilidad de comprensión por parte de personas no técnicas. Ayudan a dar una visión amplia de problemas complicados.

Del mismo modo, las redes de interacción son útiles en la identificación de efectos de más de segundo orden (secundarios, terciarios, etc...), con las indiscutibles ventajas que este hecho aporta.

V.10. Método de Battelle-Columbus

V.10.1. Principal aportación

Como fundamental innovación del método de Battelle-Columbus, destaca la introducción del concepto de *función de transformación*. Dicha función transforma valores inconmensurables de la magnitud del impacto en unidades de calidad ambiental homogéneas y comparables entre sí. Esta aportación es de suma importancia, en la medida que permite el tratamiento conjunto de las magnitudes de las distintas variables, no posible sin su intervención, por estar en unidades no comparables.

V.10.2. Adecuación matemática

El uso de las funciones de transformación supone una ventaja considerable al ser introducidas en el modelo de Battelle-Columbus. Pero el empleo de estas funciones puede ser un arma de doble filo si no se utilizan con el debido rigor. Es decir, las funciones de transformación obedecen a un procedimiento de construcción que depende de numeroso factores. Entre ellos podemos citar:

- La profesionalidad, independencia y conocimiento del tema del equipo integrante del panel de expertos que diseña las funciones.
- La fiabilidad y exactitud de los instrumentos de medida utilizados en los experimentos.
- La correcta utilización de dichos instrumentos por parte de los técnicos en la toma de datos.
- Los procedimientos matemáticos usados en la construcción de las funciones de transformación y de la exactitud pretendida en su representación gráfica.

En III.6. queda reflejado el procedimiento que hay que seguir para la correcta elaboración de las funciones de transformación.

De este modo, no se puede pretender la obtención de unos resultados fiables si no se dispone de un conjunto de funciones de transformación elaboradas con un mínimo nivel de aceptación que respondan de manera adecuada a las relaciones magnitud-calidad ambiental del medio en el que se desarrolle la actividad objeto de estudio.

Suponiendo una correcta elección de estas funciones, el uso adecuado de ellas nos proporciona resultados en teoría proporcionales, presentando por lo tanto el modelo una adecuación matemática muy alta.

Por otra parte, la expresión que refleja el índice global de impacto se presenta de la siguiente manera:

$$IA_T = \sum_j P_j \times f(\sum_i (M_{ij})) = \sum_j P_j \times f(M_j)$$

Siendo: f = función de transformación

Los índices obtenidos mediante la aplicación del modelo Battelle-Columbus, son comparables entre sí, como resultado de la utilización de las ya mencionadas funciones de transformación manejando siempre resultados conmensurables y, por tanto, comparables. Consecuencia de ésto, se puede decir que es muy alta la adecuación matemática de la que goza el modelo.

V.10.3. Adecuación de la información

La información admitida por el modelo es sólo aquella que pueda ser transformada a unidades de calidad ambiental mediante una función de transformación. por tanto, no pueden ser incluidas en el modelo variables como la reversibilidad o la frecuencia (caso de introducirse generalizando el método, estas variables no pueden llegar a ser más que quasi-proporcionales, por lo que la esquisitez matemática ya no sería tal).

La cantidad de información admisible está, por lo tanto, limitada, en favor de una mayor adecuación matemática.

V.10.4. Adecuación conceptual

Suponiendo coherentes y de correcta construcción (concavidad, convexidad, condiciones de contorno,...) las funciones de transformación y, además, que se tienen en cuenta los pesos asignados a los diferentes factores del medio mediante la ponderación de éstos, se llega a la conclusión de que el modelo de Battelle-Columbus presenta una muy alta adecuación conceptual.

Por otro lado, hay que decir que pese a las ventajas que presenta el modelo de Battelle, éste no considera las interacciones dinámicas (efectos inducidos, secundarios,...) ni identifica las acciones o los elementos responsables de las modificaciones, dato que sí aportaban las Matrices Causa-Efecto de Leopold. Battelle sólo determina la variación de calidad ambiental de los elementos, sin especificar la naturaleza de los impactos.

Se puede decir que éste modelo es, por lo tanto, de buen diseño conceptual y alto rigor matemático, adecuado para el tratamiento de información de tipo proporcional. Asimismo, es de una alta adecuación matemática y conceptual, estando limitada la adecuación de información en pro de un aumento de la primera.

V.10.5. Ventajas e inconvenientes

VENTAJAS:

- Permite la evaluación sistemática de impactos ambientales de un proyecto cuantitativamente, ya que se opera con unidades conmensurables.
- Permite alertar sobre la posibilidad de impactos extremos.
- Es útil su aplicación en estudios que requieran una valoración cuantitativa, aunque adaptando el modelo; es decir,

para medir el impacto que sobre el medio natural originan los proyectos.

- También es ventajoso para planificar a medio y largo plazo, proyectos con el mínimo impacto ambiental posible.

INCONVENIENTES:

- La metodología es válida, pero para otros proyectos deben ajustarse los índices ponderales e incluso variar los componentes.
- La naturaleza de los impactos no está explícita (sólo se determina variación de calidad ambiental de los elementos).
- Los elementos o las acciones responsables de las modificaciones no son identificados.
- No permite considerar interacciones dinámicas porque los efectos inducidos y secundarios no son considerados.
- Con la introducción de banderas rojas mayores y menores, los autores del modelo admiten implícitamente que el resultado final no es un perfecto reflejo de la realidad, (el resultado final de la calidad puede ser aceptable pero, sin embargo, puede haber sido destruido irreversiblemente algún elemento).

V.10.6. Utilidades prácticas

Se trata de un método aplicado a la valoración de impacto ambiental. Se emplea en la selección de alternativas de proyectos y es útil en la comunicación de resultados a la población no experta.

Es un método que incorpora una serie de ventajas respecto a los anteriormente tratados. Entre ellas destaca la obtención de un índice global de impactos, utilizando para ello la ponderación de factores y la homogeneización de los impactos en unidades de calidad ambiental.

Asimismo, posee mecanismos para alertar de impactos extremos (banderas rojas), pudiendo darles una consideración por separado para evitar la destrucción parcial o total de algunos de los factores del medio.

V.11. Metodología propuesta por Vicente Conesa

V.11.1. Principales aportaciones

- Considera los efectos económicos, aspecto no tenido en cuenta por los métodos anteriormente expuestos.
- Considera la importancia de los impactos desagregándola en subimportancias, con lo que su valor final es más fiable y más objetivo.
- Relaciona las importancias y magnitudes totales del conjunto de efectos sobre cada uno de los factores ambientales, en vez de relacionar las importancias y magnitudes de cada efecto producido por cada acción sobre cada factor, lo que es mucho más adecuado conceptualmente.
- La importancia del efecto de una acción i sobre el conjunto de los factores ambientales se define como $I_i = \sum_j P_j \times I_{ij}$, en contraposición con la definición habitual $I_i = \sum_j I_{ij}$. De esta manera se consideran los distintos pesos de los diferentes factores ambientales.
- La expresión del índice global de impacto, denominado *impacto ambiental total* es:

$$IA_T = \sum_j P_j \times \sum_j I_{ij} / I_{m\acute{a}x} \cdot (f(\xi_j (M_{ij})^2))^{1/3} = \sum_j P_j \times (I_j / I_{m\acute{a}x} \times (f(M_j))^2)^{1/3} = \frac{\sum_j P_j \times V_j}{\sum_j P_j \times V_j}$$

siendo:

ξ = ley de composición interna.

f = función de transformación, concepto que se toma del modelo de Battelle-Columbus.

En vez de realizar la agregación de las magnitudes de los impactos sobre un factor ambiental determinado mediante una suma, se hace mediante una ley de composición interna (ξ), que será suma o no según los casos.

- La definición de la función de valoración:

$$V_j = (I_j / I_{m\acute{a}x} \times (f(M_j))^2)^{1/3}$$

no es arbitraria. Puede reescribirse de la forma $CA_I^{1/3} \times CA_M^{2/3}$, siendo CA_I la importancia del impacto sobre el factor en unidades de calidad ambiental y CA_M la magnitud del impacto sobre ese factor también en unidades CA . Los exponentes $1/3$ y $2/3$ no son sino las elasticidades de la función de valoración V con respecto a las variables CA_I y CA_M , respectivamente (la elasticidad de una función respecto a una variable independiente, es el porcentaje de variación de esa función con respecto al porcentaje de variación de la variable independiente). En consecuencia, la función de valoración, por un lado mantiene las elasticidades constantes, y por otro considera mayor la debida a la magnitud (valor cuantitativo), que la debida a la importancia (valor cualitativo).

V.11.2. Adecuación matemática

El modelo desarrollado por Vicente Conesa, al estar basado en la metodología del modelo de Battelle-Columbus, recoge el concepto de *función de transformación* con las ventajas que esta incorporación conlleva.

También recoge un *índice global de impacto*, que responde a la expresión:

$$IA_T = \sum_j P_j \times V_j$$

Este índice proporciona resultados comparables entre sí, por lo que puede resultar de gran utilidad en la comparación y selección de alternativas de proyecto.

El cálculo del impacto final previsto IA_T , puede llevarse a cabo de otra manera que, aunque más intuitiva, carece del suficiente rigor matemático (no adecuación matemática del modelo). Se reduce a establecer el IA_F de la actuación como la suma algebraica del impacto total IA_p , como consecuencia de la ejecución del proyecto o desarrollo de la actividad, sin contemplar la introducción de las medidas correctoras y del impacto positivo total IA_{MC} , consecuencia de los efectos de las acciones beneficiosas debidas a las medidas correctoras. En este caso $IA_F = IA_p + IA_{MC}$. No obstante, la disminución en la adecuación matemática, se hace notar que los sesgos introducidos en el resultado final no son importantes en la mayor parte de los casos, por lo que puede ser un método valorativo a tener en cuenta.

Por otro lado, hay que decir que el método expuesto por V.Conesa, presenta funciones subjetivas como es la función de valoración comentada anteriormente:

$$V_j = (I_j / I_{m\acute{a}x} \times (f(M_j))^2)^{1/3}$$

El empleo de este tipo de funciones unido a que el modelo admite variables independientes ordinales, cuasi-proporcionales y proporcionales hace que la adecuación matemática resultante sea baja, hecho que como se comentará más adelante proporcionará una mayor adecuación de la información.

V.11.3. Adecuación de la información

El modelo admite toda clase de información. Son utilizadas además de las variables proporcionales, las ordinales y las cuasi-proporcionales.

Como consecuencia de que el modelo admite la posibilidad de incluir la mayor cantidad de información, la adecuación matemática disminuye, y lo hace a costa de un aumento de la adecuación de la información. Por tanto, se puede decir que la adecuación de la información en el modelo de V.Conesa es muy alta.

V.11.4. Adecuación conceptual

El modelo considera los diferentes pesos asociados a los distintos factores del medio. Esta asignación de pesos se puede realizar mediante un panel de expertos, técnica tratada en este trabajo.

Por otro lado, la consideración de los aspectos económicos, se tienen en cuenta de dos modos:

- Sobre los efectos ambientales incluidos en el medio socioeconómico que, por tanto, están sometidos a evaluación.
- Como valor monetario de las medidas correctoras, en una casilla independiente en la matriz de evaluación. Este valor monetario incidirá decisivamente en la adopción final o no de esas medidas correctoras y, por tanto, su importancia es manifiesta.

Asimismo, el modelo relaciona las importancias y magnitudes totales del conjunto de efectos sobre cada uno de los factores ambientales, en vez de relacionar las importancias y magnitudes de cada efecto producido por cada acción sobre cada factor, lo que es mucho más adecuado conceptualmente.

En base a todo lo anterior, estimamos que se trata de un modelo muy adecuado conceptualmente, y que permite la inclusión de información de tipo cualitativa y cuantitativa simultáneamente. Sacrifica, sin embargo, el rigor matemático, aunque a favor de la consideración de esa mayor cantidad de información.

V.11.5. Ventajas e inconvenientes

VENTAJAS:

- Permite incorporar impactos importantes, separándolos de los de menor relevancia y trascendencia.

- Metodología de carácter generalista, adaptable a diferentes tipos de proyectos.
- Detección de relaciones causa-efecto.
- Centra la atención del evaluador en los puntos de interés más sobresalientes en cada caso.
- Permite la obtención de un índice global de impactos.
- Contempla los aspectos económicos.
- Permite realizar una evaluación cuantitativa y cualitativa.
- Con la valoración absoluta se detectan factores que aunque poseen poca trascendencia ambiental (poco peso ponderal), han podido ser destruidos irreversiblemente.

INCONVENIENTES:

- No detecta las relaciones de segundo orden en adelante.
- No ofrece indicaciones sobre la localización espacial de los impactos.
- Es un método estático en el que no es posible establecer una relación temporal entre los efectos acontecidos en una fase determinada.
- Emplea funciones subjetivas de valoración que disminuyen la adecuación matemática del modelo.

V.11.6. Utilidades prácticas

La metodología propuesta por V.Conesa es una de las más completa para la evaluación de impactos ambientales por reunir características de otros métodos como las matrices de Leopold o la metodología propuesta por los Laboratorios Battelle-Columbus.

Del mismo modo que el modelo de Batelle-Columbus posee mecanismos de alerta de impactos extremos (banderas rojas) y de la consecución de un índice global de impacto a través de la ponderación de los factores del medio.

En su desarrollo incorpora la consideración de los aspectos económicos, la realización de un programa de vigilancia ambiental y ejecución de medidas correctoras.

Es, por tanto, una completa metodología aplicada a la evaluación de impacto ambiental apta para la selección de alternativas, detección de relaciones acusa-efecto y comunicación de resultados a la población.

V.12. Metodología propuesta por Domingo Gómez Orea

V.12.1. Principales aportaciones

- Incorporación del *diagrama de flujos* que refleja el esquema de la metodología orientado al mejor conocimiento de las interrelaciones de las acciones del proyecto y los factores del medio, éste es, de los efectos ambientales.
- Incorporación de un *diagrama de barras* que expresa un programa de tiempos, mostrando los solapamientos y paralelismos entre las tareas, así como el consumo relativo de tiempos.
- Realiza una clasificación de los datos iniciales en función del espacio y del tiempo.
- La definición de la función de valoración $V_{ij} = 0.7 \times CA_{neta} + 0.3 \times I_{ij\ norm.}$, es lineal, de carácter subjetivo, y otorga un mayor peso relativo a la magnitud, 70% (valor cuantitativo), que a la importancia, 30% (valor cualitativo).

V.12.2. Adecuación matemática

Respecto a la adecuación matemática, se puede decir que la metodología propuesta por Gómez Orea incorpora el uso de las *funciones de transformación*, proporcionalizando mediante su utilización las magnitudes inconmensurables.

Asimismo, la metodología recoge la utilización de un índice global de impacto, el cual permite expresar el resultado del estudio en una única expresión y la comparación de resultados entre distintos índices. El índice global de impacto se corresponde con la expresión:

$$IA = \sum_j P_{nj} \times V_j$$

El empleo de funciones subjetivas para el cálculo de la valoración del impacto del tipo:

$$V_j = 0.7 \times CA_{neta} + 0.3 \times I_{ij\ norm.}$$

hacen que la adecuación matemática sea baja, hecho influido por la admisión del modelo de variables independientes ordinales y cuasi-proporcionales.

V.12.3. Adecuación de la información

De la misma manera que la metodología propuesta por V.Conesa, este modelo presenta la característica de admitir todo tipo de información. En él son admitidas variables tanto proporcionales como ordinales y cuasi-proporcionales.

Este hecho hace que la adecuación matemática disminuya en la medida que aumenta la adecuación de la información, que en este modelo se puede calificar como de muy alta.

V.12.4. Adecuación conceptual

Los diferentes pesos asociados a los factores del medio son considerados en este modelo mediante la ponderación de los mismos a través de paneles de expertos.

El modelo admite un análisis tanto cuantitativo como cualitativo. Además, proporciona la inclusión de aspectos económicos en la

valoración, incluyendo el coste de ejecución y mantenimiento en las medidas correctoras y compensatorias.

Como consecuencia el modelo posee una adecuación conceptual muy alta.

V.12.5. Ventajas e inconvenientes

VENTAJAS:

- Permite la obtención de índice global de impactos
- Adaptable a diferentes tipos de proyectos.
- Pondera los efectos mediante la asignación de pesos.
- Considera los factores económicos en las medidas correctoras y compensatorias.
- Realiza una evaluación cualitativa y cuantitativa.
- Prevee efectos de sinergismos mediante la aplicación de una ley de composición interna.
- Permite detectar las relaciones de más de segundo orden, mediante el empleo de grafos de relación causa-efecto.
- Es un método dinámico en el que se tiene en cuenta el tiempo mediante un programa de tiempos, expresado a través de un *diagrama de barras* que refleja los paralelismos y solapamientos entre las tareas, consumo relativo de tiempos y responsable del equipo de trabajo para cada tarea.
- Asimismo, clasifica los datos iniciales en función del espacio.

INCONVENIENTES:

- Emplea funciones subjetivas de valoración que disminuyen la adecuación matemática del modelo.
- En la evaluación cualitativa, el modelo no contempla la valoración relativa en base a la importancia **I** de los efectos que cada acción de la actividad produce sobre cada factor del medio. Debido a este motivo, la metodología carece de

la identificación de las acciones más agresivas mediante la suma ponderada por columnas, ni la identificación de los factores ambientales más impactados, mediante la suma ponderada por filas.

- De modo análogo al punto anterior, en la valoración cualitativa no tiene en cuenta los efectos permanentes ni calcula las importancias finales ni totales realizadas en la metodología de V.Conesa, dando mayor trascendencia a la valoración cuantitativa.

V.12.6. Utilidades prácticas

Gómez Orea aporta una metodología aplicada a la evaluación de impactos que junto con la propuesta por Vicente Conesa constituyen las dos metodologías más aceptadas y frecuentemente utilizadas en los estudios de impacto ambiental.

Esta metodología contempla la ponderación de factores ambientales mediante la asignación de pesos y la identificación de efectos primarios, secundarios y de mayor orden. Del mismo modo acompaña un diagrama de flujos y un programa de tiempos del proceso metodológico, siendo la única metodología que los incorpora.

Junto con la propuesta por V.Conesa dispone de mecanismos de alerta de impactos extremos (banderas rojas), de un índice global de impacto, consideración de los aspectos económicos y medidas correctoras y de un programa de vigilancia ambiental.

Es muy útil, al igual que la anterior, en la selección de alternativas, identificación de relaciones causa-efecto y comunicación de resultados a la población.

La metodología de G.Orea, como bien se ha dicho antes, forma junto a la metodología propuesta por V.Conesa, uno de los mejores y completos instrumentos disponibles en la actualidad para la realización de los estudios de impacto ambiental.

V.13. Comparación entre las metodologías de V.Conesa y G.Orea

Respecto al cálculo de las importancias (I), es Vicente Conesa quien concede a su cálculo un mayor número de atributos, de manera que son hasta once los utilizados por éste (naturaleza, intensidad, extensión, momento, persistencia, reversibilidad, sinergia, acumulación, efecto, periodicidad y recuperabilidad), frente a los siete que recoge la expresión de cálculo utilizada por G.Orea (signo, extensión, intensidad, momento, persistencia, reversibilidad y medidas correctoras).

Por otro lado, es necesario resaltar que en cálculo de la función de valoración, de carácter altamente subjetivo, Gómez Orea utiliza una función lineal y concede un peso relativo del 70% al cálculo de la magnitud en unidades conmensurables, y un 30% al peso relativo de la importancia (valor más de mayor carga subjetiva que el anterior), mientras que V.Conesa concede mayor peso a la magnitud (2/3), respecto a la importancia (1/3), a través de las elasticidades definidas por dicha función de valoración, de construcción exponencial.

Respecto al proceso de homogeneización de las magnitudes en unidades conmensurables, tanto Conesa como Orea siguen caminos distintos. Por un lado, V.Conesa introduce en las funciones de transformación el valor total resultante de la intervención de las distintas acciones impactantes sobre cada factor ambiental:

$$M_{2j} = \sum M_{ij} \rightarrow CA_{2j}$$

$$CA_{\text{neta}} = CA_{2j} - CA_{1j}$$

mientras que G.Orea introduce en las funciones de transformación el valor de la magnitud correspondiente a la intervención de cada acción sobre cada factor ambiental:

$$\begin{aligned}
 M_{2ij} &\rightarrow CA_{2ij} \\
 CA_{ij\text{ neta}} &= CA_{2ij} - CA_{1j} \\
 CA_{\text{neta}} &= \sum_j CA_{ij\text{ neta}}
 \end{aligned}$$

Por último, decir que en la introducción y cálculo de las medidas correctoras, es V.Conesa quien introduce una nueva etapa en el proceso del estudio, en la cual se contempla el cálculo de estas medidas y la contribución a la situación medioambiental que éstas producen. De esta manera, queda patente en el estudio las aportaciones de la situación con proyecto y sin medidas correctoras y la situación con proyecto y con medidas correctoras. Por el contrario, G.Orea no contempla dicha etapa, teniendo que introducirse el efecto de tales medidas de nuevo en el inicio del proceso para calcular un nuevo valor del impacto ambiental ocasionado por la actuación del proyecto con medidas correctoras.

En general, se puede decir que la metodología propuesta por Gómez Orea, es menos detallista y minuciosa en el procedimiento de cálculo de la evaluación, pasando por alto muchos aspectos de la evaluación cualitativa como antes se ha indicado, respecto a la evaluación efectuada por V.Conesa. Si bien, su cálculo pudiera resultar más rápido y agilizado que la de Conesa al prescindir de la minuciosidad de la valoración cualitativa y acometer más directamente la cuantitativa con la obtención del índice general de impacto, pero siempre renunciando a una mayor cantidad de información disponible en la valoración.

Cuadro- resumen comparativo de las metodologías propuestas por V.Conesa y G.Orea:

	V.CONESA	G.OREA
ATRIBUTOS CARACTERIZACION IMPACTO	- Naturaleza	- Signo
	- Intensidad	- Extensión
	- Extensión	- Intensidad
	- Momento	- Momento
	- Persistencia	- Persistencia
	- Reversibilidad	- Reversibilidad
	- Sinergia	- Medidas correctoras
	- Acumulación	
	- Efecto	
	- Periodicidad	
FUNCIÓN DE VALORACIÓN	- Recuperabilidad	
	$V_j = (I_j / I_{m\acute{a}x} \times (f(M_j))^2)^{1/3}$	$V_j = 0.7 \times CA_{neta} + 0.3 \times I_{ij\ norm.}$
CÁLCULO DE CA _{NETA}	$CA_{neta} = CA_{2j} - CA_{1j}$	$CA_{neta} = \sum CA_{ij\ neta}$
	tal que: $M_{2j} = \sum M_{ij} \rightarrow CA_{2j}$	tal que: $CA_{ij\ neta} = CA_{2ij} - CA_{1j}$ $M_{2ij} \rightarrow CA_{2ij}$
CONTRIBUCIÓN AMBIENTAL MEDIDAS CORRECTORAS	- Permite cuantificación de la contribución de las medidas correctoras en udades. CA.	- No permite cuantificación de la contribución por separado de las medidas correctoras en udades. CA.
VALORACIÓN CUALITATIVA	- Valoración absoluta - Valoración relativa	- No realiza valoración relativa.

V.14. Cuadro sinóptico de las utilidades prácticas de las metodologías propuestas para los EsIA

	MATRIZ DE LEOPOLD	SUPERP. TRANSP.	LISTAS DE CONTROL	REDES DE INTERACCION	BATTELLE-COLUMBUS	V. CONESA	G. OREA
SELECCIÓN DE ALTERNATIVAS	•	•	• ⁽¹⁾		•	•	•
FÁCIL IDENTIFICACIÓN DE IMPACTOS IMPORTANTES	•	•					
ÚTILES COMO EVALUACIÓN PRELIMINAR	•	•	•	•			
IDENTIF. DE IMPACTOS EN VARIAS FASES TEMPORALES	• ⁽⁸⁾						
IDENTIF. RELACIONES CAUSA-EFECTO	•			•		•	•
LOCALIZACIÓN GEOGRÁFICA DEL IMPACTO		•					
ÚTILES EN LA COMUNICACIÓN DE RESULTADOS		•		•	•	•	•
UBICACIÓN ESTACIONES DE CONTROL DE IMPACTOS		•					
IDENTIF. EFECTOS SECUNDARIOS, TERCARIOS, ...	• ⁽²⁾		• ⁽⁴⁾	•			
MECANISMOS DE ALERTA IMPACTOS DE EXTREMOS					•	•	•
ÍNDICE GLOBAL DE IMPACTO	• ⁽⁵⁾				•	•	•
CONSIDERACIÓN FACTORES ECONÓMICOS						•	•
PROGRAMA DE TIEMPOS DEL PROCESO METODOLÓGICO							•
DIAGRAMA DE FLUJOS DEL PROCESO METODOLÓGICO							•
PONDERACIÓN DE FACTORES	• ⁽³⁾	• ⁽⁶⁾	• ⁽¹⁾		•	•	•
PLANIFICACIÓN Y ORDENACIÓN DEL TERRITORIO			• ⁽⁷⁾				
VISIÓN AMPLIA DE PROBLEMAS COMPLICADOS	•		•	•			
CONSIDERACIÓN MEDIDAS CORRECTORAS						•	•
PROGRAMA DE VIGILANCIA AMBIENTAL						•	•

- (1) Mediante la utilización de las Listas de Control Ponderadas.
 (2) Mediante la utilización de una Matriz por Etapas o Matriz de Impactos Cruzados.
 (3) Previa definición de los criterios utilizados para la asignación de pesos.
 (4) Mediante la agrupación previa de los factores e impactos de la lista de control, para demostrar impactos secundarios y terciarios y/o interrelaciones del sistema ambiental.
 (5) De muy baja adecuación matemática. Sólo de carácter orientativo.
 (6) Mediante la integración de elementos con distinto peso (ver III.3.B.).
 (7) Es el método más indicado por su sencillez y claridad de expresión.
 (8) Mediante una relación de matrices representativas de cada fase temporal.

APÉNDICES

I. Paneles de expertos

Un equipo de trabajo, es decir, un grupo de profesionales expertos en diferentes materias, actúa como panel de expertos cuando cada miembro del equipo, además de ser especialista en una materia concreta, opera sin tener en cuenta, ni a los demás miembros del equipo, ni cualquier tipo de problemática al margen de su campo de actuación. Cada miembro defiende únicamente sus propios intereses, sin tener en cuenta el de los demás.

Los paneles de expertos intentan ser una copia a escala reducida de la sociedad implicada en el desarrollo de la colectividad y en el entorno por ella afectado.

La sociedad la componen un conjunto de individuos de carácter heterogéneo, que perciben los problemas de manera distinta, y que podemos agrupar en grupos de interés. Cada panelista representará cada uno de los grupos, siendo en muchos casos elegidos por ellos.

Cada panelista funciona de manera egoísta, actuando únicamente desde su punto de vista y desde su propio interés. Dado que actúa como elemento aislado, no precisa de reuniones, ni de intercambio de opiniones con el resto de los panelistas. Puede limitarse su intervención a la cumplimentación de un cuestionario.

II. Método Delphi

II.1. Descripción del método

El método Delphi (Helmer, 1966; Cetron, 1969; Dalkey, 1972) fue diseñado por los investigadores de la Rand Corporation. Desde su creación ha sido ampliamente aplicado en muy diversos campos, pero su utilización en estudios de impacto ambiental es más reciente.

Es una forma de consulta sistematizada a un panel de expertos que, basándose en el anonimato, evita el desplazamiento del resultado hacia las posturas de los miembros más agresivos del panel.

Consiste en someter un cuestionario preparado al efecto a un panel de expertos, cada uno de cuyos miembros responde individual y anónimamente; el coordinador analiza las respuestas y prepara una síntesis de ellas que envía a cada panelista para que haga una nueva respuesta a la vista de dicha síntesis; este ciclo se repite hasta que se considere que la iteración no va a mejorar la convergencia de las opiniones de los panelistas.

El Delphi es un método que explicita y refina opiniones autorizadas, opiniones de expertos. El esquema consta de las siguientes etapas:

1. SELECCION DE UN PANEL DE EXPERTOS
2. RESPUESTA ANONIMA E INDIVIDUALIZADA AL CUESTIONARIO
3. ANALISIS Y RESUMEN
4. RESULTADOS

En síntesis, se opera de la siguiente manera:

- a) *Fase de Brain-Storm*: (tormenta de ideas), el equipo de trabajo. Operando como equipo interdisciplinar, establece los elementos u objetivos del estudio en cuestión (alternativas posibles, factores del medio susceptibles de ser impactados por el proyecto o actividad estudiada, etc. En esta fase, ni se buscan soluciones, ni se tienen en cuenta limitaciones.

- b) *Primera fase de encuesta*: el equipo trabaja en panel. Se remite a cada panelista un cuestionario, que rellena de manera individual, sin tener en cuenta a los demás miembros del panel. Se ordenan y valoran los elementos establecidos en la fase de Brain Storm.
- c) *Primera fase de explotación*: el coordinador del panel, recibe los cuestionarios cumplimentados, los procesa y envía los resultados a cada uno de los panelistas, a los que se les pide rellenen el cuestionario de nuevo.
Se tendrán en cuenta puntuaciones medias, opiniones extremas, justificación de las mismas, etc. Los panelistas actúan de manera individual, pero de algún modo están siendo afectados o inducidos por las opiniones de los demás.
- d) *Segunda fase de encuesta*: se remite a cada panelista el mismo cuestionario y los resultados del anterior.
- e) *Segunda fase de explotación*: el coordinador recibe los nuevos cuestionarios cumplimentados, repitiendo los puntos 2 y 3 cuantas veces estime oportuno hasta conseguir, o el consenso de todos, o conclusiones sobre las que no es posible seguir avanzando, con respecto a la unificación de criterios.

El proceso iterativo supone admitir que cada etapa va a producir mejores resultados que la anterior, que se dará una cierta convergencia y que ésta se dirigirá hacia valores representativos de la realidad. La suposición ha sido contrastada por los propios autores del método mediante una serie de experimentos cuyos resultados fueron (Dalkey, 1972):

- La ronda inicial produce respuestas en general.
- En las rondas siguientes la dispersión disminuye, hay convergencia.
- En la mayor parte de los casos, la respuesta conjunta (definida como mediana de las respuestas individuales finales), resulta más ajustada a la realidad.

El cuestionario y el resumen que se confecciona después de cada ronda, suelen tomar formas semejantes a las que aparecen en los cuadros siguientes:

Cuestionario del significado de los elementos del medio en relación con la actividad A											
	Nulo					Muy grande					
1. Geología.....	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
2. Clima.....	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
3. Morfología.....	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
4. Suelos.....	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
5. Agua.....	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
6. Vegetación.....	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
7. Fauna.....	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
8. Culturales.....	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
9. Paisaje.....	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
10. Procesos.....	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
11. Accesibilidad.....	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10

Cuando el tratamiento de la información vaya a hacerse mediante escalas ordinales, puede emplearse el mismo cuestionario o bien utilizar una técnica que consiste en proporcionar a los panelistas un conjunto de tarjetas, cada una de las cuales, lleva el nombre de un elemento, y en pedirles que las ordene según su importancia. Si se pretende emplear escalas métrico-ordinales (doble ordenación) se entregan, además, otras tarjetas espaciadoras que no llevan nombre, en número fijo o tantas como deseen, para que el panelista pueda señalar diferencias de importancia.

II.2. La selección del panel

La expresión “panel de expertos”, puede interpretarse como referencia a personas cualificadas, técnica o científicamente, buenos conocedores del problema en cuestión. Y esta interpretación es correcta, siempre que se admita que los mejores conocedores del problema en un territorio concreto son aquéllos que viven en él y acreditan interés e implicación en los problemas de la comunidad que lo habita.

Por ello, es fundamental asegurar una adecuada representación de todos los entes o comunidades locales que les atañe de manera particular el problema y que intervengan de una manera u otra en la toma de decisiones.

II.3. Caracteres propios del método

En la denominación o en la descripción de las etapas de que consta el método, se encuentran caracteres que diferencian al Delphi de otros enfoques:

1. En primer lugar, las opiniones se expresan individualmente y son conocidas por los demás miembros del panel como anónimas. Este carácter de anónimo de la formulación de las opiniones que parece tener algunas ventajas frente a la constitución de grupos, donde suelen surgir problemas por la presencia de personalidades prestigiosas o "agresivas" y por la derivación hacia temas irrelevantes que se traducen en estimaciones menos precisas que las conseguidas por el método Delphi, según ha podido comprobarse experimentalmente (Dalkey, 1969). El panelista, al expresar su opinión y al conocer la de los demás anónimamente, no se siente coaccionado a cambiarla por otras razones que no sea el conocimiento de las otras.
2. La opinión conjunta del panel se obtiene estadísticamente. Como la respuesta al cuestionario consiste en asignar valores en un intervalo o en situar en una escala ordinal, el resultado final puede establecerse recurriendo a alguna de las medidas de la tendencia central (media, moda, mediana...).

En suma, el método Delphi constituye una excelente herramienta para controlar la participación pública y para transformar en datos cuantitativos una información expresada en términos cualitativos: el hecho de explicitar de modo sistemático opiniones autorizadas no puede verse sino como una valiosa ayuda en los procedimientos de integración y de toma de decisiones.

II.4. Críticas al método

No debe ocultarse, sin embargo, que existen críticas desfavorables al método. Por su particular relevancia en nuestro caso, debe citarse la efectuada por el South Yorkshire Country Council (1979), dentro de la crítica general al método de valoración ambiental diseñado para la Comunidad Económica Europea; se indica en primer lugar que el método Delphi fue diseñado para su utilización en las ciencias políticas y en las técnicas de predicción y que no ha sido usado de forma habitual para determinar pesos.

Se señala también que sus pretendidas ventajas no dejan de ser discutibles: las reuniones en grupo pueden evitar malentendidos personales, la opinión de la mayoría es igualmente coactiva por escrito que oralmente, el consenso estadístico suele ser menos verdadero que la opinión de los especialistas.

Esta crítica a su vez, es criticable. En todo caso, el punto más claro a favor del método Delphi está en asegurar la participación pública en el señalamiento de objetivos, a través de una buena selección de expertos, que a este respecto no tienen por qué identificarse con especialistas técnicos; pero evidentemente, establecer el peso a dar al carácter de transparencia, por ejemplo, en la calidad del agua, es otra cuestión y el panel debe formarse precisamente con especialistas en el tema.

III. Técnicas para llegar a una asignación de pesos. Ponderación de los factores ambientales

El establecimiento de pesos es el verdadero problema de los métodos de ponderación. Son muchos los procedimientos ensayados y empleados para definirlos, pero en todo caso hay una cuestión previa, la conveniencia de atribuir pesos.

El objetivo de la ponderación es llegar a expresar, en términos cuantitativos, la importancia de los distintos elementos para acoger o ser afectados por una determinada actuación. Una cuestión que se plantea con anterioridad a la concesión de los valores es quién debe realizar la valoración.

Muchas de las técnicas utilizadas hasta ahora se han basado en valoraciones realizadas por equipos de expertos en las actividades que se contemplan y en los elementos descriptivos del territorio. Sin embargo, cada vez es más fuerte la tendencia a contar con la opinión pública en las técnicas de valoración; es decir, en la determinación de la importancia de cada elemento y cada objetivo ha de contar con la intervención de una muestra representativa de la sociedad, que en muchos casos deberá ser una muestra de la población instalada en la zona en que se realiza el estudio.

A continuación se exponen diversas técnicas para llegar a una asignación de pesos, mediante el uso de *paneles de expertos*. Éstas, las podemos enumerar en las siguientes:

- *Colocación de una escala ordinal.*
- *Método escalar.*
- *Ordenación por rangos.*
- *Ordenación por pares.*
- *Ordenación más comparación por pares.*
- *Doble ordenación.*

III.1. Colocación de una escala ordinal

En este método, n jueces o expertos colocan los m elementos a ponderar en una escala ordinal, dando cada uno el valor 1 al *peor* elemento y m al *mejor*. Se suman los valores datos a cada elemento por los expertos, obteniéndose:

$$R_i = \sum_{j=1}^n R_{ij}$$

siendo:

R_i = suma de los n valores dados a los elementos i por los expertos.

R_{ij} = valor que el experto j concede al elemento i .

El peso o valor asignado al elemento e será:

$$W_i = R_i / \sum_{i=1}^m R_{ij}$$

En el caso de situaciones de igualdad en la ordenación de los elementos, se les atribuye el puesto intermedio correspondiente.

Ejemplo: ponderación de cinco elementos a partir de las opiniones de cuatro jueces o expertos.

Opiniones				
Elemento n.º	1	2	3	4
1	2	1	3	3.5
2	1	2.5	1	2
3	5	4	4	3.5
4	3	5	2	1
5	4	2.5	5	5

$$R_1 = 2 + 1 + 3 + 3.5 = 9.5$$

$$R_2 = 1 + 2.5 + 1 + 2 = 6.5$$

$$R_3 = 5 + 4 + 4 + 3.5 = 16.5$$

$$R_4 = 3 + 5 + 2 + 1 = 11.0$$

$$R_5 = 4 + 2.5 + 5 + 5 = 16.5$$

$$R_1 + R_2 + R_3 + R_4 + R_5 = 60.0$$

Pesos asignados:

$$W_1 = 9.5 / 60.0 = 0.158$$

$$W_2 = 6.5 / 60.0 = 0.108$$

$$W_3 = 16.5 / 60.0 = 0.275$$

$$W_4 = 11.0 / 60.0 = 0.183$$

$$W_5 = 16.5 / 60.0 = 0.275$$

En lugar de sumar los órdenes se recurre otras veces al sumatorio de inversos, al módulo, a eliminar valores extremos, etc.

III.2. Método escalar

En éste método, establecido previamente un panel de expertos, son asignados a cada uno de los elementos por parte de los panelistas, un valor o lugar ordinal sobre una escala predeterminada admitiéndose empates. Dicha escala puede oscilar entre diversos valores, siendo lo normal que varíe entre 0 y 10.

Este método valora cada elemento de forma independiente, o sea, sin tener en cuenta su relación o dependencia con los otros elementos del sistema.

Se parte de un panel configurado por n elementos a ordenar y m participantes o panelistas. El valor de la escala que el individuo i asigna al elemento e, será E_{ei} . Así, el valor ponderal relativo que el individuo i asigna al elemento e, se obtiene por la expresión:

$$V_{ei} = E_{ei} / \sum_{e=1}^n E_{ei}$$

El valor ponderal final resulta de la operación:

$$V_e = \sum_{i=1}^m V_{ei} / \sum_{i=1}^m \sum_{e=1}^n V_{ei}$$

A continuación se expone el proceso de ordenación de cinco factores del medio físico atmosférico, mediante la consulta a un panel de cuatro expertos. La escala varía de 0 a 10.

Matriz de ordenación escalar

Factor	1	2	3	4	5	ΣE_{ei}
Panelista	Nivel de calidad del aire	Nivel de ruidos	Nivel de olores	Nivel de polvo	Nivel de visibilidad	
1 Sr. Luque	7	10	9	7	4	37
2 Sr. Lanti	6	8	9	5	6	34
3 Sr. Forcada	8	9	10	6	7	40
4 Sra. Gálvez	7	7	5	6	9	34
1 Sr. Luque	7/37=0.19	10/37=0.27	9/37=0.24	7/37=0.19	4/37=0.11	
2 Sr. Lanti	6/34=0.18	8/34=0.23	9/34=0.26	5/34=0.15	6/34=0.18	
3 Sr. Forcada	8/40=0.20	9/40=0.22	10/40=0.25	6/40=0.15	7/40=0.17	
4 Sra. Gálvez	7/34=0.20	7/34=0.20	5/34=0.15	6/34=0.18	9/34=0.26	
ΣV_{ei}	0.77	0.92	0.90	0.67	0.72	3.98
V_e	0.77/3.98=0.19	0.92/3.98=0.23	0.90/3.98=0.22	0.67/3.98=0.17	0.72/3.98=0.18	1

III.3. Ordenación por rangos

La ordenación por rangos, consiste en ordenar jerárquicamente los elementos objeto de estudio por parte de los miembros integrantes de un panel de control.

Se pide a cada participante o panelista que ordene jerárquicamente los elementos o factores objeto de ponderación. Si n es el número de elementos a valorar, se asigna al primero de la jerarquía el rango $n-1$, al segundo el rango $n-2$ y así sucesivamente.

El valor ponderal de un elemento se obtiene mediante la siguiente expresión:

$$V_e = \sum_{i=1}^m R_{ei} / \sum_{e=1}^n \sum_{i=1}^m R_{ei}$$

siendo:

m : número de individuos del panel.

R_{ei} : rango que el individuo i atribuye al elemento e .

n : número de elementos.

Este procedimiento sirve para medir un elemento en relación con los otros elementos definidos al mismo nivel de abstracción.

Factor Panelista	Nivel de vida	Calidad de vida	Patrimonio artístico	Nivel del centro cultural-artístico
1 Sr. Ibáñez	2	3	1	0
2 Sr. Parras	0	1	3	2
3 Sr. Ramírez	3	2	1	0
4 Sr. Rodríguez	1	3	0	2
5. Srta. Alcántara	3	1	2	0
$\sum R_{ei}$	9	10	7	4
V_e	9/30=0.30	10/30=0.33	7/30=0.23	4/30=0.13

En el siguiente cuadro se expone un ejemplo de ponderación de cuatro elementos del sistema socio-cultural, a partir de las opiniones de cinco expertos.

Donde: $\sum_{e=1}^n \sum_{i=1}^m R_{ei} = 30$

III.4. Ordenación por pares:

En el método de comparación por pares, el número de veces en que cada elemento es elegido como “mejor” en sus enfrentamientos dos a dos con los demás, y el número de veces que un elemento es considerado como “mejor que los otros” son tabulados por cada experto.

A cada panelista se la presentan los elementos por pares y se le pide que elija uno de cada par. Al valor ponderal del elemento e para el individuo i es:

$$V_{ei} = F_{ei} / P$$

siendo:

F_{ei} : frecuencia con que el elemento e ha sido elegido por el individuo i .

P : número de decisiones de preferencia, es decir, el número de juicios hechos por cada panelista: $n(n-1)/2$, siendo n el número de elementos.

El valor ponderal total de cada elemento viene dado por la expresión idéntica a la utilizada por el método escalar.

$$V_e = \sum_{i=1}^m V_{ei} / \sum_{i=1}^m \sum_{e=1}^n V_{ei} \quad \sum_{i=1}^m V_{ei}$$

Como ejemplo, se expondrá la ponderación de cinco elementos a partir de las opiniones de cuatro jueces o expertos.

Matriz de ordenación de elementos, de peor a mejor (1 a 5), contemplando situaciones con igualdad:

Opiniones				
Elemento n ^o	A	B	C	D
1	2	1	3	3.5
2	1	2.5	1	2
3	5	4	4	3.5
4	3	5	2	1
5	4	2.5	5	5

Matriz de las frecuencias con que cada experto j considera cada elemento i como "mejor que otros":

Opiniones				
Elemento n ^o	A	B	C	D
1	1	0	2	2
2	0	1	0	1
3	4	3	3	2
4	2	4	1	0
5	3	1	4	4

Matriz de pesos individuales:

Opiniones				
Elemento n ^o	A	B	C	D
1	0.050	0.000	0.100	0.100
2	0.000	0.050	0.000	0.050
3	0.200	0.150	0.150	0.100
4	0.100	0.200	0.050	0.000
5	0.150	0.050	0.200	0.200

$$\sum_{i=1}^m V_{ei} = 1.900$$

Pesos asignados:

$$W_1 = (0.050 + 0.000 + 0.100 + 0.100) / 1.900 = 0.132$$

$$W_2 = (0.000 + 0.050 + 0.000 + 0.050) / 1.900 = 0.053$$

$$W_3 = (0.200 + 0.150 + 0.150 + 0.100) / 1.900 = 0.316$$

$$W_4 = (0.100 + 0.200 + 0.050 + 0.000) / 1.900 = 0.184$$

$$W_5 = (0.150 + 0.050 + 0.200 + 0.200) / 1.900 = 0.316$$

III.5. Ordenación más comparación por pares:

En esta técnica se evalúa la proporción en que la primera categoría aventaja a la segunda, ésta a la tercera y así sucesivamente, expresando esta valoración como fracción de la unidad. La última fase consiste en repartir valores de 0 a 100 entre las diferentes categorías.

A modo de ejemplo pueden suponerse tres elementos:

$$\begin{aligned} B &= 1 &= 1 \\ C &= _ B = 0.5 \\ A &= _ C = 0.25 \\ \Sigma &= 1.75 \end{aligned}$$

$$B = 1/1.75 \times 100 = 57 \text{ puntos}$$

$$C = 0.5/1.75 \times 100 = 29 \text{ puntos}$$

$$A = 0.25/1.75 \times 100 = 14 \text{ puntos}$$

Una variante refinada de esta técnica es la desarrollada por el Instituto Battelle (Whitman y col., 1971), que se ajusta a las líneas generales del método Delphi (Apéndice 2) y que consta de las siguientes etapas:

- Se elija un grupo de expertos para la evaluación a los que se explica detalladamente el concepto de ponderación y el uso de las ordenaciones y los pesos.
- Cada uno de los expertos ordena los elementos, componentes o parámetros que tienen que ser evaluados.

- Posteriormente, cada uno de ellos asigna el valor 1 al primer elemento de la lista. Compara el segundo elemento con el primero para determinar cuánto ventaja éste a aquel. Estos valores se expresan como cifra decimal entre 0 y 1.
- Continúan las comparaciones por pares hasta que toda la lista haya sido evaluada (compara el tercer elemento con el segundo, el cuarto con el tercero, etc.).
- Refiere a la unidad de los cálculos parciales y expresa los resultados como tanto por ciento de la suma de los valores atribuidos a cada elemento.
- Se halla el promedio de los resultados de cada experto.
- Se comunica a los expertos el resultado global aplicado a un ejemplo. Si desearan cambiarlo, se vuelve a la etapa tercera.
- Se repite el experimento con otro grupo de expertos para aumentar la fiabilidad de los resultados.

III.6. Doble ordenación:

Otero (1979), propuso la aplicación de una técnica por la que se puede llegar a una acotación de los pesos W_1, W_2, \dots, W_m , a asignar a los m elementos considerados, derivadas de dos ordenaciones sucesivas y del establecimiento de una restricción adicional que contribuye a la definición del problema:

- En primer lugar se ordenan los m elementos e_1, e_2, \dots, e_m según su importancia o significado.
- Se procede, después, a una segunda ordenación, relativa a las diferencias de importancia entre los elementos.
- Se establece la restricción adicional:

$$W_1 = k \times W_m \quad (W_1 = \text{peso mayor}, W_m = \text{peso menor})$$

El procedimiento conduce a la determinación de las series extremas de pesos, es decir, a una acotación del intervalo de variación de los pesos mediante el manejo de la restricción $W_1 = k \times W_m$, y

de la diferencia máxima de importancia (d) entre dos elementos consecutivos en la ordenación.

Su formulación es la siguiente:

- Dados m pesos W_j ($j=1,2,\dots,m$) hallar sus valores extremos, sujetos a las condiciones:

$$\sum_{j=1}^m W_j = 1 ; W_j \geq 0$$

$$W_1 \geq W_2 \geq \dots \geq W_m$$

$$W_s - W_{s-1} \geq W_t - W_{t-1} \geq \dots \text{ (cierta ordenación de las diferencias entre pesos consecutivos)}$$

$$W_1 \leq k \times W_m \quad (k \geq 1)$$

Ejemplo: ponderación de cinco elementos:

- Orden de los pesos:
 $W_1 \geq W_2 \geq W_3 \geq W_4 \geq W_5$
- Orden de las diferencias de pesos:
 $W_1 - W_5 \geq W_2 - W_3 \geq W_1 - W_2 = W_3 - W_4 = 0$
- Fijación de k: se toma $k = 4$.
- Series extremas de pesos: las diferencias máxima y mínima pueden combinarse de la siguiente manera: (00d), (0d0d) dentro de la ordenación establecida:

	3	2	3	1	
W_1		W_2		W_4	W_5
	0	0	0	d	
	0	d	0	d	

Número de orden de las diferencias.

De donde se pueden deducir las distintas series de pesos:

- Primera serie:

$$W_1 = W_2 = W_3 = W_4 = W_5 + d$$

$$W_5 + 4(W_5 + d) = 1$$

$$W_5 + d \leq 4W_5$$

$$W_5 = 1/17$$

$$d = 3/17$$

$$\text{serie: } (4, 4, 4, 4, 1) \times 1/17$$

- Segunda serie:

$$W_3 = W_4 = W_5 + d$$

$$W_1 = W_2 = W_3 + d = W_5 + 2d$$

$$W_5 + 2d(W_5 + d) + 2(W_5 + 2d) = 1$$

$$W_5 + 2d \leq 4W_5$$

$$W_5 = 1/14$$

$$d = 3/28$$

$$\text{serie: } (8, 8, 5, 5, 2) \times 1/28$$

IV. Relación de acciones susceptibles de causar impactos (V. Conesa, 1997)

IV.1. Acciones que modifican el suelo

- POR NUEVAS OCUPACIONES:
 - Clasificación del suelo en planes urbanísticos.
 - Determinación de usos.
 - Sistemas de comunicación e infraestructuras.
 - Establecimiento de zonas verdes.
 - Equipamiento comunitario.
 - Alteración de la cubierta terrestre.
 - Movimiento de tierras y voladuras.
 - Parcelaciones.
 - Vertidos.

- Introducción de flora.
 - Ordenación de cultivos.
 - Concentración parcelaria.
 - Modificación del trazado de vías pecuarias.
 - Saneamiento de tierras.
 - Embalses y red de riego.
 - Pavimentaciones y recubrimiento de superficies.
 - Explotación de canteras.
 - Establecimiento de escombreras y vertederos.
 - Generación de nuevas zonas industriales y urbanizaciones.
 - Deforestación y forestación.
 - Oscilación del nivel de aguas en embalses.
 - Puesta en regadío.
 - Barreras y vallados.
 - Impermeabilización del suelo.
 - Extracciones minerales.
 - Extracción de arena del fondo marino.
 - Erosión.
 - Alteración del litoral.
 - Escolleras y diques.
 - Alteración del drenaje.
 - Labores culturales.
 - Estabilización del suelo.
- **POR DESPLAZAMIENTO DE LA POBLACIÓN:**
 - Desplazamiento de la actividad a zonas de atracción (carreteras de circunvalación, polos de desarrollo, polígonos industriales,...).
 - Desplazamiento por revalorización del suelo rústico en zonas periurbanas o entorno de actividades industriales.
 - Desplazamiento por desaparición de actividades en zonas rurales marginales.

IV.2. Acciones que implican emisión de contaminantes

- A LA ATMÓSFERA:
 - Emisiones gaseosas (SO_2 , NO_x , C_nH_m , CO , Cl_2 , ClH , FH).
 - Emisiones de partículas (metálicas, minerales, polvo, cenizas).
 - Emisiones de compuestos orgánicos (COV, aromáticos, azufrados, hidrogenados).
 - Emisión de radiaciones ionizantes.
 - Emisión de contaminantes secundarios SO_x , NO_x , que se transforman en ácidos (lluvia ácida), clorofluocarbonos (disminución capa de ozono), oxidantes (O_3), radicales libres activos (RO^\cdot), productores de malos olores.
 - Manipulación de materias primas peligrosas (tóxicas, inflamables, radioactivas, explosivas, corrosivas).
 - Acciones productoras de ruidos.

- A LAS AGUAS:
 - Vertidos de sólidos en suspensión.
 - Vertidos de elementos que modifican el color.
 - Vertidos de componentes inorgánicos.
 - Vertidos de nutrientes.
 - Vertidos de residuos que demandan nitrógeno.
 - Vertidos de componentes orgánicos tóxicos.
 - Vertidos biológicos productores de enfermedades.
 - Fugas de aguas residuales de asentamientos urbanos.
 - Filtraciones precedidas del uso de fertilizantes, purines ganaderos y productos fitosanitarios.

- AL SUELO:
 - Vertidos incontrolados.
 - Riegos con aguas salinas.
 - Residuos forestales.
 - Filtraciones.

IV.3. Acciones derivadas del almacenamiento de residuos

- Dentro del núcleo de la actividad:
 - Fugas de aguas residuales industriales, agrícolas y urbanas.
 - Lixiviados de almacenamientos mineros, agrícolas e industriales.
 - Acciones físico-paisajísticas por presencia de depósitos de materiales de desecho y escombreras.
- VERTEDEROS:
 - Lixiviados de vertederos de residuos sólidos y radiactivos.
 - Tratamiento de fangos.
- TRANSPORTES:
 - Acciones derivadas del transporte de residuos.

IV.4. Acciones que dan lugar al deterioro del paisaje

- TOPOGRAFÍA:
 - Movimiento de tierras (cambios de las formas del relieve).
 - Inestabilidad de laderas.
 - Pérdida de suelo por inmersión u ocupación y destrucción de vegetación.
 - Pérdida de suelo por erosión.
 - Degradación de la geomorfología litoral por la construcción de diques.
 - Afloramiento de suelo y rocas por construcción de trochas, cortafuegos, pistas, terrazas y roturaciones.
 - Realización de quemas.
 - Modificación de la topografía (aterrazamientos, modificación de drenajes, vaguadas, etc.).

- **VEGETACIÓN:**
 - Por ocupación del suelo.
 - Por cambios de distribución.
 - Por aumento de la frecuentación.
 - Incremento del riesgo de incendios.
 - Por contaminantes (herbicidas, y atmosféricos).

- **NATURALIDAD:**
 - Visibilidad e intrusión visual de una nueva obra.
 - Exceso de líneas rectas discordantes con formas onduladas del terreno.
 - Estructuras (pasos a nivel, túneles, puentes, acueductos, canales, presas, etc.), discordantes.
 - Nuevos viales y zonas de servicio.
 - Denudación de las superficies.
 - Incremento de la frecuentación.
 - Señalizaciones y pantallas acústicas.
 - Incremento de los niveles sonoros indeseables.
 - Aparición de nieblas junto a embalses.
 - Aparición de la ceja en embalses por oscilación en la lámina de agua.
 - Grandes extensiones excavadas y pavimentadas.
 - Grandes superficies recubiertas de plásticos reflectantes (invernaderos).
 - Contaminación del espejo del agua en lagos, embalses y puertos.
 - Alteración temporal de las características visuales de la zona (polvo).

- **SINGULARIDAD:**
 - Desvíos de caudales de agua y embalsamientos.
 - Desviación puntual o lineal de zonas de interés geológico.
 - Vistas singulares obstruidas.
 - Destrucción de acantilados y franja litoral de interés geomorfológico.

- Desecación de puntos de agua superficial.
- Modificación, ocultación o destrucción de estructuras singulares.

IV.5. Acciones que repercuten sobre la infraestructura

- Trazado y características en la red viaria y de transportes.
- Acciones que emanen de planes infraestructurales en general.
- Edificaciones fuera de ordenación.
- Trazado de redes de abastecimiento.
- Conexión red de comunicaciones.
- Redes de servicios.
- Concentración parcelaria.
- Saneamientos de tierras.
- Modificación del trazado de vías pecuarias.
- Redes de riegos.
- Accesos y viales forestales.
- Traspases.
- Construcción de embalses, puertos y otras obras públicas.
- Aves que ponen en peligro el tráfico aéreo.

IV.6. Acciones que modifican el entorno social, económico y cultural

- Actividades educativas.
- Actividades sociales, deportivas y comerciales.
- Adquisición y distribución de tierras.
- Concentración parcelaria.
- Acciones que producen sonido y vibraciones.
- Acciones que dan lugar a malos olores.
- Necesidad de mano de obra.
- Incremento de la inversión.
- Legislación apropiada.

- Acciones socioeconómicas propias de cada actividad.
- Acciones ligadas a la demografía.
- Acciones que dan lugar a incremento de tráfico.
- Acciones con mayor riesgo de accidentes.
- Servicios médicos sanitarios.
- Turismo.
- Restauración.
- Nivel de accidentes.
- Delincuencia.
- Nivel de comunicación.
- Acciones que implican desarrollo de las actividades financieras.
- Variación esperanza de vida.
- Estado sanitario en general.
- Población sanitariamente protegida.
- Infraestructuras sanitarias.
- Nivel de vida.
- Nivel de seguridad económica.
- Seguridad ciudadana.
- Seguridad funcional (tráfico, accidentes de trabajo, etc.).
- Nivel de educación, lectura y educación.
- Libertad política, social y religiosa.
- Justicia distributiva respecto a sexo, raza, procedencia social y funcional.
- Conservación de la naturaleza.
- Autorrealización (empleo, participación, turismo, ocio).
- Prestigio.
- Acciones que dan lugar al deterioro del patrimonio artístico, cultural y natural.

IV.7. Acciones que implican sobreexplotación de recursos

- MATERIAS PRIMAS:
 - Salinización del agua por sobreexplotación de acuíferos próximos al mar.

- Operaciones que implican mayor consumo de materias primas, sin respetar criterios ecológicos.
- Acciones derivadas de sobreexplotaciones mineras.
- **CONSUMOS ENERGÉTICOS:**
 - Consumos energéticos en general a un ritmo por encima del sostenible.
- **CONSUMO DE AGUA:**
 - Extracción de recursos acuíferos subterráneos por encima de la recarga media anual.
 - Acciones que dan lugar a grandes consumos de agua.
 - Extracciones de recursos acuíferos superficiales por encima del ritmo de consumo sostenible.
- **TÉCNICAS AGROPECUARIAS:**
 - Pastoreo con excesiva carga de ganado y/o empleando técnicas inadecuadas.
 - Prácticas de cultivo esquilmanes o con intensidad de cultivo por encima de la capacidad de uso agrario.

IV.8. Acciones que implican subexplotación de recursos

- **AGROPECUARIOS:**
 - Abandono de la agricultura en espacios periurbanos, que son ocupados por actividades marginales.
 - Falta de industrias agrarias que propicia el declive agrícola.
 - Falta de carga pastante en praderas y espacios agrícolas, con disminución de productividad.
- **FAUNÍSTICOS:**
 - Acciones que dan lugar a la falta de depredadores y producen aumento desmesurado de población faunística.

- Falta de caza que implica crecimiento de la población cinegética.

IV.9. Acciones sobre el medio biótico

- EMIGRACIÓN, DISMINUCIÓN O ANIQUILACIÓN:
 - Emisión de contaminantes atmosféricos, principalmente lluvias ácidas.
 - Emisión de comtaminantes del suelo y del agua.
 - Prácticas que puedan dar lugar a incendios.
 - Acciones que emanen de obras que destruyan la cubierta vegetal.
 - Acciones que emanen de actividades recreativas y cinegéticas.
 - Emisión de contaminantes portadores o introductores de microorganismos patógenos o parásitos.
 - Efecto barrera.
 - Presencia humana en general.
 - Ordenación de cultivos.
 - Accesos, viales forestales y cortafuegos.
 - Especies introducidas.
 - Acciones que alteran la cubierta vegetal.
 - Acciones que modifican el hábitat.
 - Pavimentaciones y recubrimientos en grandes superficies.
 - Acciones que producen ruidos y vibraciones.

V. Relación de factores ambiental susceptibles de ser impactados (V. Conesa, 1997)

V.1. Medio físico inerte

V.1.1. ATMÓSFERA, AIRE Y CLIMA

- **Capacidad de dispersión de la atmósfera.**

- **Índice de calidad del aire.**

- Aerosoles.
- Gases.
 - Compuestos de azufre.
 - Óxidos de nitrógeno.
 - Hidrocarburos reactivos.
 - Monóxido de carbono.
 - Anhídrido carbónico.
- Otras sustancias primarias.
 - Metales pesados.
 - Sustancias minerales.
 - Compuestos halogenados.
 - Compuestos orgánicos.
- Nivel de polvo.
- Nivel de olores.

- **Formas de energía.**

- Radiaciones ionizantes.
- Nivel de ruido (confort sonoro).

- **Microclima y confort climático.**

- Régimen térmico.
- Régimen pluviométrico.
- Régimen de humedad.
- Régimen de nubosidad.
- Régimen de brumas y nieblas.

- Régimen de visibilidad.
- Régimen de nieve.
- Régimen de heladas.
- Granizo.
- Régimen de vientos.
- Índices de confort climático.
- Evapotranspiración.
- Régimen de vaporización de embalses.
- Modificación del ciclo del carbono.
- Modificación del ciclo del hidrógeno.

• **Ecosistema aire.**

V.1.2. TIERRA Y SUELO

• **Geo-edafología.**

- Geología.
- Geomorfología.
- Geotecnia.
- Edafología.

• **Relieve y formas.**

- Topografía.
- Litología.

• **Características.**

- Físicas.
- Químicas.
- Biológicas y microbiológicas.

• **Recursos.**

- Minerales.
- Culturales.

• **Calidad.**

- Agraria.

- Agrológica.
- Componentes orgánicos.
- Del suelo.
- Del subsuelo.

• **Elementos singulares.**

• **Ecosistema del suelo.**

V.1.3. AGUA (superficial, subterránea y marina)

• **Índice de calidad del agua**

- Características físicas.
 - pH.
 - Conductividad.
 - Temperatura y estratificación térmica.
 - Turbidez.
 - Aspecto.
 - Dureza.
 - Evaporación.
 - Sólidos disueltos, salinización y lixiviados.
- Características químicas.
 - Oxígeno disuelto.
 - Reducción del permanganato.
 - Nitrógeno amoniacal permanganato.
 - Cloruros.
 - Presencia de detergentes.
 - Plaguicidas.
 - Grasas y aceites.
 - Sulfatos y nitratos.
 - Cianuros.
 - Sodio.
 - Calcio.
 - Magnesio.
 - Fosfatos.
 - Nítricos.

- Eutrofización.
- Características microbiológicas.
 - Coliformes.
 - Otras bacterias y virus.

• **Recursos y utilización.**

- Cantidad de los recursos hídricos.
- Régimen hídrico.
- Recarga y balance hídrico.
- Temperatura.
- Distribución.
- Consumo.
- Utilización.

• **Ecosistema agua.**

V.1.4. PROCESOS

• **Aire (contaminación secundaria).**

- Calidad fotoquímica.
- Nivel de acidificación (lluvia ácida).
- Espesor de la capa de ozono.

• **Tierra y suelo.**

- Erosión.
- Estabilidad.
- Inundación.
- Salinización.
- Pérdida de suelo.
- Asientos.
- Compactación.
- Absorción.
- Acumulación de fangos.
- Acumulación de residuos.

• **Agua.**

- Eutrofización.
- Índice de escorrentía.
- Índice de drenaje.
- Posibilidad de inundaciones.
- Aparición de manantiales.
- Cambio de flujo de los caudales.
- Dinámica de cauces.
- Afecciones a zonas húmedas.
- Descarga de acuíferos.
- Interrupción de flujos subterráneos.
- Velocidad.
- Capacidad de autodepuración.
- Corrientes marinas.
- Aceites y cuerpos flotantes.
- Transporte de sólidos

V.2. Medio Físico biótico

V.2.1. FLORA

• **Interés.**

- Estabilidad.
- Diversidad.
- Abundancia.
- Rareza.
- Representatividad y endemismo.
- Singularidad.
- Regeneración natural.
- Reversibilidad.

• **Densidad.**

- Udades. de vegetación.
- Biomasa.
- Porcentaje de cubierta vegetal.
- Poblaciones.

• **Ecosistema.**

V.2.2. FAUNA

• **Calidad.**

- Estabilidad.
- Rareza.
- Representatividad y endemismo.
- Sensibilidad.
- Singularidad.

• **Abundancia.**

- Diversidad.
- Abundancia.

• **Ecosistema.**

- Ciclos de reproducción.
- Movimiento de especies.
- Rutas migratorias.
- Pautas de comportamiento.

V.2.3. PROCESOS

• **Flora.**

- Redes de alimentación.
- Especies amenazadas o en peligro.
- Productividad.
- Alteraciones fitoplancton.
- Alteración hábitat.
- Repoblaciones.
- Corredores.

• **Fauna.**

- Especies amenazadas o en peligro.
- Productividad.
- Cadenas tróficas.
- Perturbaciones.
- Riesgo de atropellos.

- Efecto barrera.
- Corredores, pasos y rutas.
- Hábitat.
- Recursos cinegéticos.
- Recursos pesqueros.
- Invasión de nuevas especies.

V.3. Medio físico perceptual

V.3.1. PAISAJE

- **Valor testimonial.**

- **Índice de calidad intrínseco y extrínseco.**

- Calidad subjetiva.
- Proximidad a núcleos de población.
- Tamaño a núcleos de población próximos.
- Accesibilidad a puntos de observación.
- Cuenca visual.
- Intervisibilidad.
 - Potencial de vistas.
 - Incidencia visual.
- Componentes paisajísticos.
 - Topografía.
 - Fisiografía.
 - Escala.
 - Exposición.
 - Formaciones vegetales.
 - Cubierta vegetal.
 - Usos del suelo.
 - Actuaciones humanas.
 - Motivos acuáticos.
 - Intrusiones.

• **Singularidades.**

- Componentes singulares naturales.
- Fragilidad.

V.3.2. PROCESOS

• **Catalogación administrativa.**

- Paisaje protegido.
- Paisaje reservado.
- Elemento singular.
- Plan especial de protección.

• **Interacción con el medio.**

- Monumentos históricos.
- Afloramientos rocosos.
- Yacimientos arqueológicos.
- Componentes singulares del paisaje.
- Trochas cortafuegos.
- Pistas.
- Terrazas.
- Cursos de agua y láminas.
- Estructuras artificiales.
- Denudación de superficies.
- Dinámica litoral.
- Desarmonías.
- Otros valores estéticos.

V.4. *Medio rural (usos del suelo)*

V.4.1. RECREATIVO AL AIRE LIBRE

• **Cinegético.**

- Caza.
- Pesca.

- **Ocio y recreo.**
 - Actividades sociales.
 - Pic-nic.
 - Baño.
 - Acampada.
 - Excursionismo.

- **Deportivo.**
 - Escalada.
 - Fluvial y náutico.
 - Senderismo.
 - Ciclo-cross.

- **Turístico.**

- **Zonas verdes.**

V.4.2. PRODUCTIVO

- **Forestal.**
 - Tala.
 - Producción.

- **Prados y pastizales.**

- **Agrícola de secano.**

- **Agrícola de regadío.**

- **Ganadero extensivo.**

- **Modificación de parcelas.**

V.4.3. SUJETO A CONSERVACIÓN

- **Espacios naturales protegidos.**

- **Zonas húmedas.**
- **Parajes de interés.**
- **Parques nacionales.**
- **Ecosistemas especiales.**

V.4.4. VIARIO RURAL

- **Vías pecuarias.**
- **Vías comunicación.**
 - Caminos.
 - Sendas.
 - Atajos.

- **Troyas.**
- **Descansaderos.**

V.4.5. PROCESO DE PÉRDIDA DE SUELO

- **Urbano.**
- **Servicios y equipamientos en general.**
- **Comercial.**
- **Turístico.**
- **Industrial.**
- **Minas, canteras y extractivas.**
- **Inundación de embalses.**

- **Cambio estructura y régimen de tenencia.**
- **Modificaciones del planteamiento.**

V.5. Estructura de núcleos habitados

V.5.1. ESTRUCTURA DE NÚCLEOS.

- **Vertical.**
- **Horizontal.**
 - Distribución espacial.
 - Índice de uniformidad.
- **Distribución en el espacio.**
- **Jerarquía de núcleos.**
- **Interacciones.**

V.5.2. ESTRUCTURA URBANA Y EQUIPAMIENTOS.

- **Morfología.**
 - Trama urbana.
 - Patrimonio edificado.
- **Zona urbana.**
 - Residencial.
 - No residencial permanente.
 - Desarrollo de segunda vivienda.
- **Servicios y equipamientos.**
 - Docente.
 - Sanitario.
 - Hostelería.
 - Deportivo.
 - Turístico.

- **Comercial.**
- **Verde.**
- **Industrial.**
- **Situación urbanística.**
- **Patrimonio medioambiental.**

V.5.3. INFRAESTRUCTURA Y SERVICIOS.

- **Redes de transporte y accesibilidad.**
 - Autopistas y autovías, carreteras y caminos.
 - Densidad de la red viaria.
 - Accesibilidad de la red viaria.
 - Ferrocarril.
 - Líneas aéreas.
 - Líneas de navegación.
 - Riesgo de accidentes.
- **Redes de abastecimientos.**
 - Eléctricas.
 - Agua.
 - Gas.
 - Otras energéticas.
- **Redes de saneamiento.**
 - Alcantarillado.
 - Drenaje.
 - Grandes colectores.
 - Depuradoras.
 - Emisarios submarinos.
 - Pozos absorbentes.

• **Redes de comunicación.**

- Telefonía.
- TV.
- Radio.
- Satélites de comunicación.
- Equipamientos de comunicaciones.

• **Equipamientos de infraestructura.**

- Red de servicios comunitarios.
- Vertederos de RSU.
- Vertederos de residuos especiales.

V.6. Medio socio-cultural

V.6.1. FACTORES CULTURALES.

• **Educativos.**

- Nivel cultural.
- Nivel de educación.
- Formación profesional y ocupacional.
- Recursos didácticos.
- Recursos científicos.
- Valores lingüísticos.

• **Estilo de vida.**

- Estilo de vida en general.
- Tradiciones.
- Enclaves.
- Romerías.
- Ferias.
- Procesiones.

V.6.2. SERVICIOS COLECTIVOS.

- Bibliotecas.
- Equipamientos sociales.
- Transportes públicos urbanos.

- Clubes culturales.
- Asociaciones.

V.6.3. ASPECTOS HUMANOS

• **Calidad de vida.**

- Calidad de vida en general.
- Bienestar.
- Seguridad.
- Accesibilidad.
- Molestias.
- Condiciones de circulación.
- Desarmonías.
- Sensaciones.
- Hábitat próximo.
- Riesgos catastróficos.

• **Salud.**

- Condiciones sanitarias.
- Nivel de salud.
- Proximidad a centros sanitarios.
- Enfermedades infecto-contagiosas.

• **Relaciones sociales.**

• **Aceptación social.**

• **Integración social.**

V.6.4. PATRIMONIO

• **Valores histórico-artísticos.**

• **Valores histórico-arquitectónicos.**

• **Patrimonio literario y cultural.**

- **Monumentos.**
- **Edificaciones singulares.**
- **Restos arqueológicos.**
- **Restos geológicos monumentales.**
- **Otros valores medioambientales.**

V.7. Medio económico

V.7.1. POBLACIÓN

- **Demografía.**
 - Población total de hecho y de derecho.
 - Densidad de la población.
 - Índices de concentración y dispersión.
 - Crecimiento absoluto.
 - Características demográficas.
- **Dinámica poblacional.**
 - Movimientos migratorios.
 - Movimientos inmigratorios.
- **Hábitat.**
- **Estructura ocupacional.**
 - Estructura de la población activa.
 - Estructura de la población ocupada.
 - Estructura de la población no ocupada.
 - Estacionalidad.
 - Nivel de empleo.

V.7.2. ECONOMÍA

• **Renta.**

- Nivel de renta.
- Distribución de la renta.
- Cambios en el valor del suelo.

• **Actividades y relaciones económicas.**

- Nivel de productividad.
- Nivel de consumo.
- Estabilidad económica.
- Estructura de la propiedad.
- Compra y venta de terrenos.
- Economía individual.
- Grado de especulación.
- Comercialización de productos.
- Beneficios económicos.
- Consumo de energía.
- Incremento de nuevas industrias y servicios.
- Actividades económicas afectadas.
- Actividades económicas inducidas.
- Áreas de mercado.

• **Finanzas y sector público.**

- Ingresos y gastos para la administración.
- Economía local.
- Economía comarcal o provincial.
- Economía nacional.
- Inversión pública.
- Fondos estructurales de la UE.
- Finanzas locales.
- Expropiaciones e indemnizaciones.
- Tasas e índices comerciales.
- Presión fiscal.

VI. Indicadores de impacto *(Gómez Orea, 1994)*

FACTOR	INDICADOR	UNIDAD
Contaminación por monóxido de carbono	Nivel de inmisión de CO- personas afectadas	Ppm
Contaminación por hidrocarburos	Nivel de inmisión de HC- personas afectadas	Ppm
Contaminación por óxidos de nitrógeno	Nivel de inmisión de NO _x - personas afectadas	Ppm
Confort sonoro	Leq-personas afectadas	dB(A)
Capacidad agrológica del suelo	Supref. equivalente de clase agrológica I	%
Relieve y carácter topográfico	Superf. con relieve alterado	%
Relieve y carácter topográfico	Variación de la pendiente media	%
Caudales fluviales	Variación del caudal instantáneo	%
Drenaje superficial	Alteración de la red superficial de drenaje	%
Drenaje agrícola: drenes subterráneos	Alteración de drenes agrícolas	%
Erosión	Erosión potencial media	Kg/m ² año
Erosión	Parcelas agrícolas erosionadas	%
Vegetación natural	Superf. equiv. de alto valor de conservación	%
Hábitats faunísticos	Superf. equiv. de hábitats faunísticos	%
Movilidad de especies	Superf. de hábitats faunísticos aislados	%
Unidades de paisaje	Superf. equiv. De alta fragilidad	%
Lugares o monumentos histórico-artísticos	Monumentos histórico-artísticos equivalentes	%
Empleo	Tasa de actividad	%
Renta	Variación de la renta per cápita	%
Aceptabilidad social del proyecto	Población en contra del proyecto	%
Aceptabilidad social del proyecto	Alegaciones	%
Valor del suelo rústico	Suelo aceptado revalorizable	%
Estructura de las parcelas	Reducción del tamaño de la parcela	%
Actividades económicas afectadas	Descenso de facturación de sectores afectados	%
Actividades económicas inducidas	Incremento de facturación en sectores afectados	%
Caminos y sendas	Variación relativa de longitud de viarío rural	%
Uso agrícola	Producción agrícola	%
Uso ganadero	Producción ganadera	%

Continuación

FACTOR	INDICADOR	UNIDAD
Uso forestal	Producción forestal	%
Espacios de ocio	Superf. equiv. de espacios de ocio	%
Espacios de ocio	Grado de saturación del espacio urbano	m ² /hab.
Parques y jardines	Nivel dotacional en parques y jardines	m ² /vivienda
Equipamientos y servicios dotacionales	Niveles dotacionales comparativos	Eqp./1000 hab.
Comunicaciones: teléfonos/telégrafos	Comunicaciones-población afectada	%
Infraestructura hidráulica	Infraestructura hidráulica-Población afectada	%
Infraestructura eléctrica	Infraestructura eléctrica-Población afectada	%
Infraestructura energética	Infraestructura energética-Población afectada	%
Componentes singulares naturales	Componentes singulares naturales equivalentes	%

VII. Matriz de Leopold

ACCIONES		ELEMENTOS AMBIENTALES	
CATEGORÍA	DESCRIPCIÓN	CATEGORÍA	DESCRIPCIÓN
A. Modificación del régimen	a) Introducción de fauna exótica.	1. Tierra.	a) Recursos minerales
	b) Controles biológicos.		b) Materiales
	c) Modificación de hábitat.		c) Suelos
	d) Alteración de la cubierta del suelo.		d) Morfología terreno
	e) Alteración de la hidrología subterránea.		e) Campos de fuerza
	f) Alteración del drenaje.		f) Rasgos físicos singulares
	g) Control del río y modificación del caudal.	2. Agua	a) Superficial
	h) Canalización.		b) Océano
	i) Riego.		c) Subterránea
	j) Modificación del clima,		d) Calidad
	k) Quemadas.		e) Temperatura
	l) Explanación y pavimentado.		f) Recarga
	A. Características físicas y químicas	3. Atmosfera	g) Nieve, hielo y heladas
			a) Calidad
			b) Clima
			c) Temperatura

ACCIONES		ELEMENTOS AMBIENTALES		
CATEGORÍA	DESCRIPCIÓN	CATEGORÍA	DESCRIPCIÓN	
	m) Ruido y vibraciones.	4. Procesos	a) Avenidas b) Erosión c) Depósitos d) Solución e) Adsorción f) Compactación y asentamiento g) Estabilidad h) Tensión Movimientos del aire	
B. Transformación del suelo y construcción	a) Urbanización.	1. Flora	a) Árboles	
	b) Parcelas y edificios industriales.		b) Arbustos	
	c) Aeropuertos.		c) Herbáceas	
	d) Autopistas y puentes.		d) Cultivos	
	e) Carreteras y vías.		e) Microflora	
	f) Ferrocarriles.		f) Plantas acuáticas	
	g) Cables y elevadores.		g) Especies en peligro	
	h) Tendidos eléctricos.		h) Barreras	
	i) Barreras.		i) Corredores	
	j) Dragado y alineado de canales.		2. Fauna	a) Aves
	k) Revestimiento de canales.			b) Animales terrestres
	l) Canales.			c) Peces y crustáceos
	m) Presas y embalsamientos.			d) Organismos benéficos
	n) Muelles, espigones, marinas y terminales portuarias.			e) Insectos
	o) Estructuras mar adentro.			f) Microfauna
p) Instalaciones de recreo.	g) Especies en peligro			
q) Voladuras y barrenas.	h) Barreras			
r) Excavar y rellenar.	i) Corredores			
s) Túneles e instalaciones subterráneas.				
a) Voladuras y barrenas.	1. Usos del suelo	a) Naturaleza y espacios abiertos		
b) Excavación superficial.		b) Humedales		
c) Excavaciones bajo superficie.		c) Bosques		
d) Excavaciones de pozos.		d) Pastos		
e) Dragados.		e) Agricultura		
f) Clareo y otras talas.		f) Residencial		
		g) Comercial		
	C. Factores culturales			

ACCIONES		ELEMENTOS AMBIENTALES		
CATEGORÍA	DESCRIPCIÓN	CATEGORÍA	DESCRIPCIÓN	
	g) Pesca y caza comercial.			
C. Extracción de recursos		2. Recreo.	a) Caza b) Pesca c) Navegación en bote d) Baños e) Camping y excursionismo f) Picnics g) Instalaciones de recreo	
		3. Estética e interés humano	a) Vistas panorámicas b) Cualidades naturales c) Cualidades de espacio abierto d) Composición de paisaje e) Rasgos físicos f) Parques y reservas g) Monumentos h) Especies raras o exclusivas i) Sitios históricos j) Presencia de marginados	
		4. Estatus cultural	a) Pautas culturales b) Salud y seguridad c) Empleo d) Densidad de población	
		5. Instalaciones fabricadas y actividades	a) Construcciones b) Redes de transporte c) Redes de servicios d) Eliminación de residuos e) Barreras f) Corredores	
		a) Agricultura. b) Ganadería y pastoreo. c) Estabulación. d) Ordeños y derivados. e) Generación de energía.		a) Salinización de recursos hídricos b) Eutrofización c) Insectos vectores y enfermedades d) Cadenas tróficas

ACCIONES		ELEMENTOS AMBIENTALES	
CATEGORÍA	DESCRIPCIÓN	CATEGORÍA	DESCRIPCIÓN
D. Producción	f) Tratamiento del mineral.	D. Relaciones ecológicas	e) Salinización de materiales
	g) Industria metalúrgica.		f) Invasiones de maleza
	h) Industria química.		g) Otros
	i) Industria textil.		
	j) Automóviles y aeronaves.		
	k) Refinado de petróleo.		
	l) Alimentación.		
	m) Madera.		
	n) Pasta y papel.		
	o) Almacenaje de productos.		
F. Renovación de recursos	a) Control de erosión.		
	b) Sellado de minas.		
	c) Restauración de minería a cielo abierto.		
	d) Paisajismo.		
	e) Dragado de dársenas.		
	f) Relleno y drenaje de marismas.		
F. Renovación de recursos	a) Reforestación.		
	b) Conservación y gestión de la naturaleza.		
	c) Aplicación de fertilizantes.		
	d) Recargas de acuíferos.		
	e) Reciclado de residuos.		
G. Cambios en el tráfico	a) Ferrocarril.		
	b) Automóvil.		
	c) Camiones.		
	d) Buques.		
	e) Aeronaves.		
	f) Transporte fluvial.		
	g) Navegación de recreo.		
	h) Senderos.		
	i) Teleféricos y elevadores.		
	j) Comunicaciones.		
k) Oleoductos.			
	a) Vertidos al mar.		
	b) Vertederos.		
	c) Acumulación de restos.		
	d) Depósitos subterráneos.		
	e) Eliminación de chatarra.		
	f) Escapes de pozos.		

ACCIONES		ELEMENTOS AMBIENTALES	
CATEGORÍA	DESCRIPCIÓN	CATEGORÍA	DESCRIPCIÓN
	g) Acumulación en pozos profundos.		
	h) Vertidos de aguas de refrigeración.		
H. Acumulación y tratamiento de residuos	i) Emisiones de los residuos municipales.		
	j) Vertidos de efluentes líquidos.		
	k) Balsas de estabilización y oxidación.		
	l) Fosas sépticas.		
	m) Emisiones de chimeneas y escapes.		
	n) Lubricantes usados.		
	a) Fertilizantes.		
I. Tratamientos químicos	b) Deshielo químico.		
	c) Control de malas hierbas.		
	d) Control de insectos.		
	a) Explosiones.		
J. Accidentes	b) Derrames y escapes.		
	c) Fallos operativos.		
K. Otros.			

VIII. Listas de control simples

Lista de control del USDA para tratar los impactos ambientales, (US Department of Agriculture, 1990, añadido B, págs. 1-7):

TEMA	Puede ser		Comentarios
	Si	No	

308

Formas del terreno. ¿Producirá el proyecto:

- Pendientes o terraplenes inestables?
- Una amplia destrucción del desplazamiento del suelo?
- Un impacto sobre terrenos agrarios clasificados como de primera calidad o únicos?
- Cambios en las formas del terreno, orillas , cauces de cursos?

- Destrucción, ocupación o modificación de rasgos físicos singulares?
- Efectos que impidan determinados usos del emplazamiento a largo plazo?

Aire/climatología. ¿Producirá el proyecto:

- Emisiones de contaminantes aéreos que excedan los estándares estatales o que provoquen deterioro de la calidad del aire ambiental?
- Olores desagradables?
- Alteración de los movimientos del aire, humedad o temperatura?
- Emisiones de contaminantes aéreos peligrosos?

Agua. ¿Producirá el proyecto:

- Vertidos a un sistema público de aguas?
- Cambios en las corrientes o movimientos de masa de agua dulce o marina?
- Cambios en los índices de absorción, pautas de drenaje o el índice o cantidad de agua de escorrentía?
- Alteraciones en el curso o en los caudales de las avenidas?
- Represas, control o modificaciones de algún cuerpo de agua igual o mayor a 4 has.?
- Vertidos en aguas superficiales o alteraciones de la calidad del agua considerando, pero no sólo la temperatura y la turbidez?
- Alteraciones de la dirección o volumen del flujo de aguas subterráneas?
- Alteraciones de la calidad del agua subterránea?
- Contaminación de las reservas públicas de agua?
- Infracción de los estándares de estatales de calidad de cursos de agua, si fueran de aplicación?
- Instalándose en un área inundable fluvial o litoral?
- Riesgo de exposición de personas o bienes a peligros asociados al agua tales como las inundaciones?

- Instalaciones en una zona litoral estatal sometida al cumplimiento de un Plan de Gestión de zonas costeras del estado?
- Impacto sobre o construcción de un humedal o llanura de inundación interior?

Residuos sólidos. ¿Producirá el proyecto:

- Residuos sólidos o basuras en volumen significativo?

Ruido. ¿Producirá el proyecto:

- Mayor exposición de la gente a ruidos elevados?
- Aumento de los niveles sonoros previos?

Vida vegetal. ¿Producirá el proyecto:

- Cambios en la diversidad o productividad o en el número de alguna especie de plantas?

IX. Listas de control modificadas

Ejemplo muestra de una lista de control modificada para proyectos de pequeños embalses en Oregón, (Canter, 1997):

Instrucciones: responder a las preguntas siguientes marcando una X en el sitio apropiado ya sea SÍ o NO; considerar la actividad, la construcción, la explotación, así como los impactos indirectos. Usar la sección explicación para clarificar puntos o añadir información.

A. MEDIO BIÓTICO NATURAL

1. ¿Podría la actividad propuesta afectar a algún factor natural o a un recurso hídrico adyacente o próximo a las áreas de actividad?

Si la respuesta es SÍ, especifique qué factor natural se afecta:

	Directo	Indirecto	Sinérgico	Corto plazo	Largo plazo	Reversible	Irreversible	Severo	Moderado	Insignificante
Hidrología superf.	x				x		x			x
Calidad agua sup.	x				x		x	x		
Suelo/erosión	x				x		x	x		
Geología	x				x		x	x		
Clima	x				x		x	x		

2. ¿Podría la actividad afectar a la vida animal o a los peces?

Hábitat natural	x				x		x	x		
Ecología de peces	x				x		x	x	x	

3. ¿Podría la actividad afectar a la vegetación natural?

Si la respuesta es Sí, especifique qué vegetación y su efecto posible.

B. RIESGOS AMBIENTALES.

1. ¿Podría implicar la actividad que se propone el uso, almacenaje, escape de, o eliminación de alguna sustancia potencialmente peligrosa?

Si la respuesta es Sí, especifique qué sustancia y su efecto posible.

2. ¿Podría la actividad propuesta ser susceptible de sufrir riesgos ambientales debido a su situación?

Si la respuesta es Sí, especifique qué tipo.

3. ¿Podría la actividad propuesta ser susceptible de sufrir riesgos ambientales debido a su situación?

Si la respuesta es Sí, especifique qué tipo.

C. CONSERVACIÓN Y USO DE LOS RECURSOS.

1. ¿Podría la actividad propuesta afectar o eliminar tierra adecuada para la producción agraria o maderera?

Si la respuesta es SÍ, especifique Has. y clase de suelo que se verán afectados:

Área inundable	x	x	x	x
----------------	---	---	---	---

(si el proyecto pudiera repercutir en la inundación)

2. ¿Podría la actividad propuesta afectar a la pesca comercial o a los recursos de acuicultura o a la producción?

Si la respuesta es SÍ, especifique qué tipo se afecta.

3. ¿Podría la actividad propuesta afectar al uso potencial o a la extracción de un recurso mineral o energético indispensable o escaso?

Si la respuesta es SÍ, especifique qué recursos se afectan y en qué cantidad aproximada.

D. CANTIDAD Y CALIDAD DE AGUA.

1. ¿Podría la actividad propuesta afectar a la calidad de los recursos hídricos que se encuentran dentro, adyacentes o cerca del área de actividad?

Si la respuesta es SÍ, especifique qué recursos hídricos se afectan y en qué cantidad diaria aproximada.

Calidad y cantidad	x	x	x	x
--------------------	---	---	---	---

2. ¿Podría la actividad propuesta provocar un deterioro de la calidad de alguna zona o cuenca del recurso hídrico?

Si la respuesta es SÍ, especifique qué recurso hídrico se podría afectar.

Riego mediante captación de flujo	x		x	x		x
Tóxico para humanos y animales	x		x	x		x

E. CALIDAD DEL AIRE/MEDIO ATMOSFÉRICO.

- ¿Podría la actividad propuesta afectar a la calidad del área del proyecto, a las inmediatamente adyacentes a la atmósfera regional?

Si la respuesta es SÍ, especifique qué posible sustancia afectaría a la calidad del aire.

Medio atmosférico	x		x	x		x
-------------------	---	--	---	---	--	---

F. RUIDO/MEDIO SONORO.

- ¿Podría la actividad propuesta generar ruido?

Si la respuesta es SÍ, especifique qué fuente de ruido.

X. Listas de control de cuestionario

Lista de control de cuestionario de los impactos potenciales sobre la salud de actuaciones hidráulicas y proyectos de regadío, (World Health Organization Regional Office for Europe, 1983,pág. 13):

A. IMPACTOS DIRECTOS SOBRE LA POBLACIÓN EN LA ZONA DE PROYECTO

- ¿Se introducirán nuevas enfermedades o nuevas cepas de enfermedades por la emigración de los trabajadores de la construcción o por los nuevos colonos?. ¿Afectará esto a los nuevos colonos o a los residentes previos a ambos?

- ¿Se expondrán las comunidades desplazadas a nuevas enfermedades para las que se tienen poca o nula inmunidad?
- ¿Empeorarán los problemas de higiene y sanidad por culpa de los alimentos, los residuos o el ciclo del agua?
- ¿Las viviendas y las instalaciones sanitarias serán sobreutilizadas, mal usadas o sin uso del todo, produciendo condiciones que conduzcan a enfermedades hídricas y a la propagación de enfermedades contagiosas vía fecal-oral?
- ¿Se contaminará el agua o el suelo con excrementos, favoreciendo la propagación de enfermedades contagiosas?
- ¿La introducción de trabajadores emigrantes provocará un aumento en las enfermedades venéreas entre los trabajadores y entre los residentes?
- ¿Estarán expuestos los nuevos colonos y las comunidades desplazadas a cambios físicos, sociales y culturales que conduzcan a daños psicológicos o traumas?. Aquí se pueden incluir cambios en los estilos de vida y empleo.
- ¿Los cambios en el abastecimiento de alimentos conducirán a posibilidad de desnutrición, deficiencias nutricionales o efectos tóxicos?
- ¿Contaminarán los efluentes, las emisiones o las sustancias liberadas intencionadamente en el medio (por ejemplo: pesticidas) el aire, el agua o el suelo generando una amenaza para la salud humana?
- ¿Aumentará el riego los riesgos de contacto humano con enfermedades de origen, base o asociadas al agua?
- ¿Aumentará el tráfico y en consecuencia el riesgo de accidentes asociados debido a la actuación?
- ¿Las industrias y las actividades similares atraídas al área por el crecimiento inducido, provocarán contaminación del aire, el suelo, el agua o ruido con lo subsecuentes impactos sobre la salud humana?

B. IMPACTOS INDIRECTOS A TRAVÉS DE VECTORES DE ENFERMEDADES

- ¿Se introducirán nuevos vectores en el área aguas arriba como resultado de los cambios hidrológicos?
- ¿Se introducirán nuevos vectores en el área a través de vehículos, animales, plantas trasplantadas, suelo, etc.?
- ¿Se infectarán o reinfectarán los vectores existentes debido al contacto con humanos infectados que vengan a la zona?
- ¿Se alterará la predominancia y distribución de vectores existentes infectados debido a los cambios en la disponibilidad de hábitats adecuados para la cría y supervivencia?. Estos cambios pueden ser el resultado de cambios hidrológicos (velocidad del agua, temperatura, profundidad, agua estancada), cambios morfológicos (ptes. en las orillas, cubierta, etc.), cambios climáticos (lluvia, humedad, etc.). Pueden afectar a áreas infectadas en la actualidad o a áreas no infectadas.

C. IMPACTOS DIRECTOS SOBRE LOS TRABAJADORES

- ¿Se expondrán los trabajadores emigrantes a las enfermedades endémicas locales para las que tienen pocas o ningunas defensas?
- ¿Se expondrán los trabajadores emigrantes a la presión psicológica o traumas debido a los cambios en las condiciones de vida y trabajo?
- ¿Se expondrán los trabajadores a las amenazas físicas a su seguridad o peligros químicos o físicos para la salud?
- ¿Se expondrán los trabajadores a entrar en contacto con el agua y por ello con las enfermedades sociadas con ella durante su trabajo?
- ¿Se expondrán los trabajadores a ataques de animales peligrosos durante su trabajo?

- ¿Se proporcionarán adecuadas provisiones de alimentos para evitar la desnutrición y minimizar la expansión de enfermedades?

D. IMPACTOS SOBRE LOS SERVICIOS SANITARIOS

- ¿Se verán desbordados los servicios sanitarios como consecuencia de los efectos sobre la salud de los residentes y de los trabajadores?

XI. Listas de control de proyectos de embalsamiento

Listas de control de factores ambientales biofísicos y culturales de proyectos de embalsamiento, (Canter, 1997):

CATEGORÍA	SUBCATEGORÍA	FACTOR
	<i>Población</i>	Cultivos Vegetación Mamíferos herbívoros Mamíferos carnívoros Aves de caza de tierras altas Aves rapaces
Terrestre	<i>Hábitat, uso del suelo</i>	Bosque de tierra baja ¹ Bosque de tierra alta ² Espacios abiertos (sin bosque) ³ Zona baja Uso del suelo
	<i>Calidad del suelo, erosión del suelo</i>	Erosión del suelo Química del suelo Extracción mineral
	<i>Relaciones críticas de la comunidad</i>	Diversidad de especies

CATEGORÍA	SUBCATEGORÍA	FACTOR
	<i>Población</i>	Vegetación natural Vegetación de la zona húmeda Zooplancton Fitoplancton Pesca deportiva Pesca comercial Organismos intermareales Bentos, epibentos Aves acuáticas
	<i>Hábitat</i>	Corriente de agua ⁴ Lago de agua dulce ⁵ Pantano de río ⁶ Pantano no en río ⁷
Acuático	<i>Calidad de agua</i>	pH Turbidez Sólidos en suspensión Temperaturas del agua Oxígeno disuelto Demanda bioquímica de oxígeno Sólidos disueltos Nitrógeno inorgánico Fósforo inorgánico Salinidad Hierro y manganeso Sustancias tóxicas Plaguicidas Coliformes especiales Capacidad de autodepuración
	<i>Cantidad de agua</i>	Variación del caudal de la corriente Pérdida de la cuenca hidrológica
	<i>Relaciones críticas de la comunidad</i>	Diversidad de especies
Atmósfera	<i>Calidad</i>	Monóxido de carbono Hidrocarburos Óxidos de nitrógeno Partículas
	<i>Climatología</i>	Dispersión

CATEGORÍA	SUBCATEGORÍA	FACTOR
Interfase humana	<i>Ruido</i>	Ruido
	<i>Estéticos</i>	Anchura y alineamiento Variedad del tipo de vegetación Animales domésticos Fauna autóctona Apariencia del agua Olor y sólidos flotantes Olor y calidad visual Ruido
	<i>Histórico</i>	Conjuntos internos y externo históricos
	<i>Arqueológico</i>	Conjuntos internos y externos arqueológicos

1. “Bosque de tierra baja” representa la consideración de los 11 parámetros siguientes: asociaciones de especies, porcentaje de árboles maderables, porcentaje de cubierta del piso inferior, diversidad del piso inferior, porcentaje de cubierta vegetal, diversidad de cubierta vegetal, número de árboles superiores a 40 cm o (45 cm) [16 in o (18 in)] dbh/acre, porcentaje de árboles superiores o iguales a 40 cm o (45 cm) [16 in o (18 in)] dbh/acre, frecuencia de inundación, cantidad de orilla y calidad de la orilla.
2. “Bosque de tierra alta” representa la consideración de los 10 parámetros siguientes: asociaciones de especies, porcentaje de árboles maderables, porcentaje de cubierta del piso inferior, diversidad del piso inferior, porcentaje de cubierta vegetal, diversidad de cubierta vegetal, número de árboles superiores o iguales a 40 cm o (45 cm) [16 in o (18 in)] dbh/acre, porcentaje de árboles superiores o iguales a 40 cm o (45 cm) [16 in o (18 in)] dbh/acre, cantidad de orilla y distancia media a la orilla.
3. “Espacios abiertos (sin bosque)” representa la consideración de los 4 parámetros siguientes: uso del suelo, diversidad del uso del suelo, cantidad de orilla y distancia media a la orilla.
4. “Corriente de agua” representa la consideración de los 8 parámetros siguientes: sinuosidad, media de la anchura mínima del agua, turbidez, sólidos disueltos totales, tipo de sustancias químicas, diversidad de peces y diversidad del bentos.
5. “Lago de agua dulce” representa la consideración de los 10 parámetros siguientes: profundidad media, turbidez, sólidos disueltos totales, tipo de sustancias químicas, desarrollo de la orilla, inundación primaveral por encima de la línea de vegetación, piscicultura, piscicultura deportiva, diversidad de peces y diversidad de bentos.
6. “Pantano de río” representa la consideración de los 6 parámetros siguientes: asociaciones de peces, porcentaje de cubierta de bosque, porcentaje inundado anualmente, diversidad de la cubierta vegetal, porcentaje de cubierta vegetal y días sometidos al desbordamiento del río.
7. “Pantano (no en río)” representa la consideración de los 5 parámetros siguientes: asociaciones de especies, porcentaje de cubierta de bosque, porcentaje inundado anualmente, diversidad de la cubierta vegetal y porcentaje de la cubierta vegetal.

BIBLIOGRAFÍA

AYALA CARCEDO, F.J.: (1982). *"Evaluación y corrección de impactos ambientales"*. Instituto Tecnológico Geominero de España. Ministerio de Industria, Comercio y turismo.

BOE: Real Decreto 1131 de 30 de septiembre de 1988, por el que se aprueba el Reglamento para la ejecución del Real Decreto Legislativo 1302/86, de 28 de junio de Evaluación de Impacto Ambiental.

BOE: Real Decreto Legislativo 1302 de 28 de junio de 1986, de Evaluación de Impacto Ambiental.

BOJA: núm. 166, de 28 de diciembre de 1995. Decreto 292/1995, de 12 de diciembre, por el que se aprueba el Reglamento de Evaluación de Impacto Ambiental de la Comunidad Autónoma de Andalucía.

BOJA: núm. 3, de 11 de enero de 1996. Decreto 297/1995, de 19 de diciembre, por el que se aprueba el Reglamento de Calificación Ambiental.

BOJA: núm. 69, de 18 de junio de 1996. Decreto 153/1996, de 30 de abril, por el que se aprueba el Reglamento de Informe Ambiental.

BOJA: núm. 79, de 31 de mayo de 1994. Ley 7/94 de 18 de mayo, de Protección Ambiental en Andalucía.

CANO SEVILLA, Francisco: (1992). *"Metodología en impacto ambiental"*. Cuadernos de bioestadística y sus aplicaciones informáticas. Universidad de Navarra.

CANO SEVILLA, Francisco: 1992. *"Modelos notables de valoración del impacto ambiental"*. Cuadernos de bioestadística y sus aplicaciones informáticas. Universidad de Navarra.

CLAVER FARIAS, Ignacio: (1984). *"Guía para la elaboración de estudios del medio físico: contenido y metodología"*. CEOTMA. Madrid.

CONESA FERNÁNDEZ-VÍTORA, Vicente: (1995). *"Auditorías medioambientales. Guía metodológica"*. Ediciones Mundiprensa. Madrid.

CONESA FERNÁNDEZ-VÍTORA, Vicente: (1995). *"Guía metodológica para la evaluación de impacto ambiental"*, (3ª ed.). Ediciones Mundiprensa. Madrid.

CONESA FERNÁNDEZ-VÍTORA, Vicente: (1997). *“Instrumentos para la gestión medioambiental de la empresa”*. Ediciones Mundiprensa. Madrid.

DOCE: Journal núm. L 175, de 5 de julio de 1985. Directiva 337 de 27 de junio de 1985, relativa a la evaluación de las repercusiones de determinados proyectos públicos y privados sobre el medio ambiente.

ESTEVAN BOLEA, M^a Teresa: (1981). *“Las evaluaciones de impacto ambiental. Criterios y Metodologías”*. Boletín informativo del medioambiente. Madrid.

ESTEVAN BOLEA, M^a Teresa: (1984). *“Evaluación del impacto ambiental”*, (1^a ed.). Fundación Mapfre. Madrid.

ESTEVAN BOLEA, M^a Teresa: (1989). *“Evaluación del impacto ambiental”*, (2^a ed.). Fundación Mapfre. Madrid.

FUNDACIÓN UNIVERSIDAD Y EMPRESA: (1984). *“Guía metodológica para la realización de estudios de impacto ambiental de campos de golf en las Islas Canarias”*. Monografías de la Viceconsejería de Medio Ambiente. Gobierno de Canarias.

GALINDO FUENTES, Agustín: (1995). Tesis: *“Elaboración de los estudios de impacto ambiental”*. WWW.agustin@mexnet.com.

GARCÍA ÁLVAREZ, Antonio: (1988). *“Guía práctica de evaluación de impacto ambiental (proyectos y actividades afectados)”*. Ediciones Amarú. Salamanca.

GARRIDO CARRILLO, José Antonio: (1998). *“Tratamiento informatizado de la valoración del impacto ambiental de un vertedero de residuos sólidos sanitariamente controlado. Aplicación a un vertedero concreto”*. Trabajo profesional fin de carrera. ETSIAM. UCO.

GÓMEZ OREA, Domingo: (1988). *“Evaluación del impacto ambiental de proyectos agrarios”*. Ministerio de Agricultura Pesca y Alimentación (MAPA). Estudios monográficos nº 6. Madrid.

GÓMEZ OREA, Domingo: (1991). *“IMPRO: un modelo informatizado para la evaluación de impacto ambiental”*. Editorial Agrícola Española, S.A. Madrid.

GÓMEZ OREA, Domingo: (1994). *"Evaluación del impacto ambiental de proyectos agrarios"*. Ministerio de Agricultura Pesca y Alimentación (MAPA). Madrid.

MORENO JIMÉNEZ, José M^a et al: (1999). *"Metodología científica en valoración y selección ambiental"*. Facultad de Económicas. Universidad de Zaragoza.

PEINADO LORCA, Manuel: (1998). *"Avances en la evaluación de impacto ambiental y en coauditoría"*. Editorial Trotta. Serie medioambiente.

W. CANTER, Larry: (1998). *"Manual de evaluación de impacto ambiental"*. Ediciones Mc. Graw-Hill. Madrid.