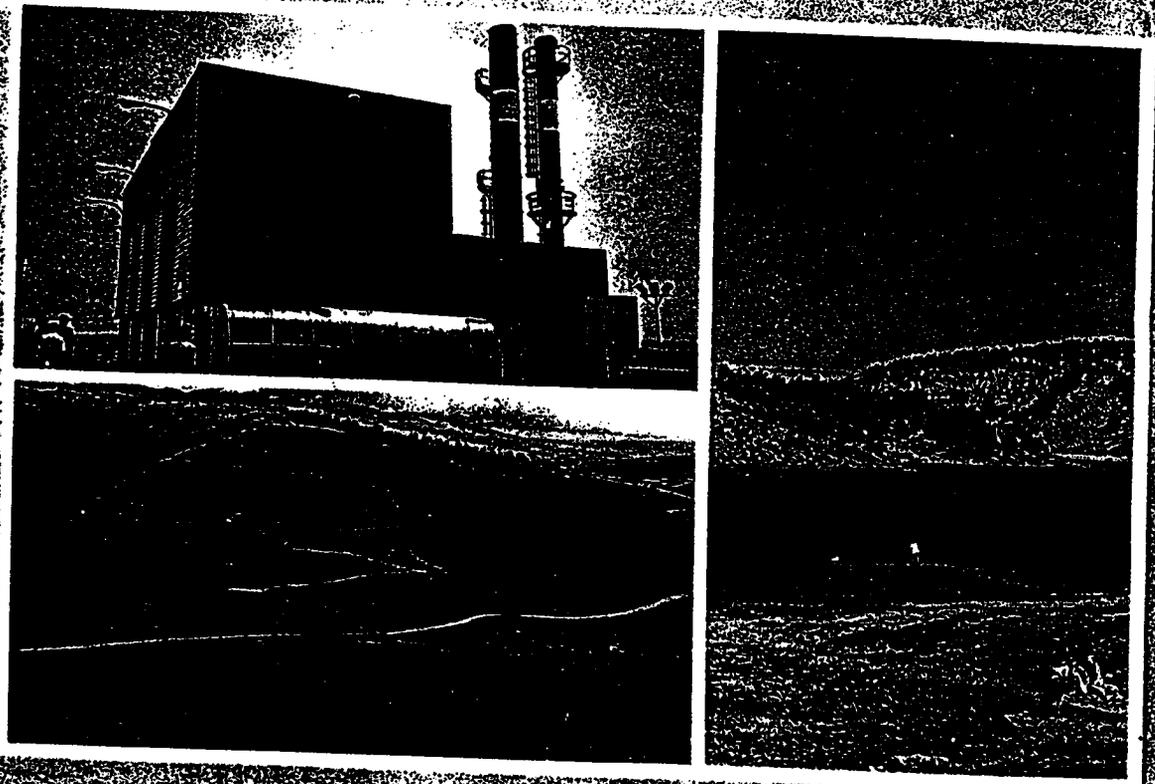




Instituto Tecnológico
GeoMinero de España

EVALUACION Y CORRECCION DE IMPACTOS AMBIENTALES

Sales Tecnología GeoAmbiental



MINISTERIO DE INDUSTRIA, COMERCIO Y TURISMO
Secretaría General de la Energía y Recursos Minerales

01276

© INSTITUTO TECNOLÓGICO GEOMINERO DE ESPAÑA, salvo ilustraciones y tablas con referencia a una fuente específica, en cuyo caso la autorización para su reproducción debe pedirse a la fuente original. Ríos Rosas, 23 - 28003 MADRID. Tel. (91) 441 65 00. Télex 48054-IGME, E. Fax (91) 442 62 16.

El presente texto recoge las conferencias del «Curso de Evaluación y Corrección de Impactos Ambientales» del ITGE, impartido en 1990 y 1991 e incluido en el Programa Master en Ingeniería Geológica y Ambiental del ITGE y la E.T.S. de Ingenieros de Minas. El Equipo Organizador de este Curso ha sido el siguiente:

Dirección: Francisco Javier Ayala Carcedo
Dr. Ingeniero de Minas (Ingeniería Geológica).
ITGE.

Comité Científico-Técnico:
Daniel Baretino Fraile
Ingeniero de Minas
ITGE

Ernesto Gallego Valcarce
Licenciado en Ciencias Geológicas
ITGE

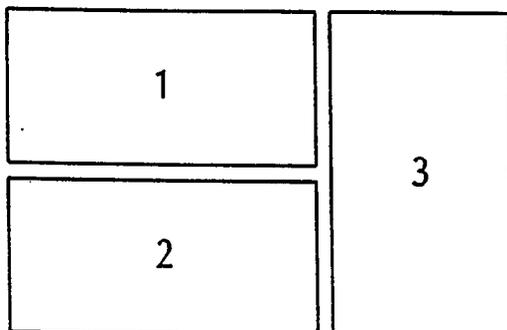
Lucas Vadillo Fernández
Ingeniero de Minas
ITGE

Secretaría Científico-Técnica:
M.ª Nieves Hidalgo Castro (1991)
Licenciada en Ciencias Biológicas
ITGE
Jesús F. Jordá Pardo (1990)
Licenciado en Ciencias Geológicas
ITGE

La coordinación de esta edición ha corrido a cargo de:

Daniel Baretino Fraile, ITGE.
Ernesto Gallego Valcarce, ITGE.
M.ª Nieves Hidalgo Castro, ITGE.
Jesús F. Jordá Pardo, ITGE.
Lucas Vadillo Fernández, ITGE.

FOTOS PORTADA:



1. Incineradora de Residuos.
2. Impacto visual y probable erosión en la construcción de una carretera.
3. Parque Natural de la Sierra de la Demanda. Laguna Negra de Neila (Burgos).

F. J. Ayala Carcedo

NIPO: 241-92-010-1
I.S.B.N.:84-7840-148-2
Depósito Legal: M-36289-1992
Imprime: Gráficas Monterreina, S.A.

PRESENTACION

Los últimos veinticinco años han contemplado una eclosión de la conciencia ambiental a nivel social e individual, hasta incorporar el respeto a la Naturaleza, especialmente en los países ricos, al sistema de valores.

Las causas de este hecho son complejas. Cabe destacar ante todo la difusión por los medios de comunicación, especialmente la televisión, de los impactos ambientales localizados, regionales o globales. Estos impactos, progresivamente mayores por el crecimiento demográfico y del nivel de vida, han producido un consumo mayor de materias primas y una mayor producción de residuos. También, en especial en los países industrializados en transición a sociedades de servicios e información, a menudo fuertemente importadores de materias primas (y exportadores en definitiva de impactos ambientales), la variación de la estructura del consumo, el tiempo libre y la sociedad del automóvil han tenido gran importancia en la mayor valoración del Ambiente Natural. No es probablemente casual el hecho de que haya sido precisamente en ellos donde primero ha eclosionado la conciencia ambiental. Quizá en ellos, el espectacular aumento de la demanda no consuntiva de la Naturaleza propia de sociedades urbanas con tiempo libre, presionando sobre unos espacios naturales vírgenes progresivamente escasos, ha conducido necesariamente a una gran apreciación del Medio Ambiente Natural, en una dinámica puramente económica de oferta-demanda, y consecuentemente a su protección.

En definitiva, y aunque resulte paradójico, la conciencia ambiental, proteccionista, debe bastante al desarrollo socioeconómico.

El resultado de esta emergencia de la conciencia ambiental, ha sido la producción de una voluminosa legislación, en especial en los países ricos. Por lo que respecta a la CEE, el cambio del enfoque correctivo al preventivo-correctivo, se materializó en la Directiva de 1985 de Evaluación de Impacto Ambiental y su asunción por las legislaciones de los países de Europa Occidental. Este hecho, de gran trascendencia para la conservación del Ambiente Natural, supone un reto para los proyectos de ingeniería de los sectores industriales afectados por estas Evaluaciones. Una de las vertientes de este reto, quizá la más importante, es la formativa. Esta es la razón para la organización del Curso cuyas conferencias configuran este libro.

El Curso es evidentemente introductorio, buscando proporcionar una formación general que debe ser profundizada para cada uno de los sectores industriales afectados. Se exponen sucesivamente la problemática ambiental, los tipos de impactos ambientales, las técnicas de evaluación y corrección y la problemática específica de los sectores industriales afectados por el procedimiento de Evaluación del Impacto Ambiental. Todo ello dentro del correspondiente marco legal. Se dan así los elementos científicos e ingenieriles, que en un trabajo pluridisciplinar son necesarios para la Evaluación del Impacto Ambiental, y las técnicas de Ingeniería Ambiental de Prevención y Corrección que deben incorporarse al proyecto de ingeniería. Se hace hincapié asimismo en la necesaria vinculación del Ambiente y el Territorio a través de la Ingeniería Territorial, que debe diseñar y gestionar los usos ambientalmente admisibles del Territorio.

Con este trabajo, el ITGE, Organismo Autónomo del Ministerio de Industria, Comercio y Turismo, tan directamente afectado por esta problemática, quiere contribuir a la preparación de los profesionales, licenciados e ingenieros, cuya actividad será clave para preservar el Ambiente del Planeta.

*Francisco Javier Ayala Carcedo.
Director del Curso General de Evaluación y Corrección de Impactos Ambientales
y Director del Área de Ingeniería Geo-Ambiental del I.T.G.E.*

AGRADECIMIENTOS

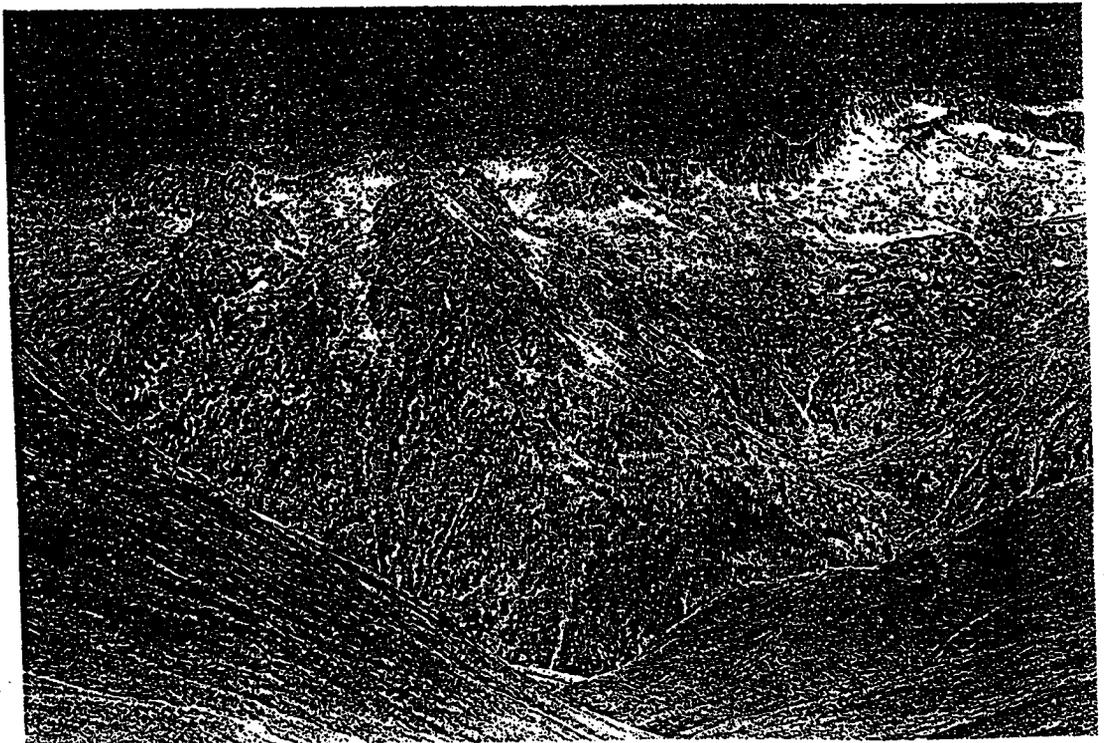
Los coordinadores de esta edición desean agradecer la colaboración prestada a todas las personas y entidades que han hecho posible la realización del presente libro, en especial a Fátima Camacho Serna y Asunción Ferrer Gijón, por su trabajo de tratamiento de textos, a Federico Ramírez Trillo, por su trabajo de delineación y a Francisco López Santiago, Ingeniero Técnico de Minas (ITGE).

INDICE

PRESENTACION	3	LA EVALUACION DE IMPACTO AMBIENTAL DESDE UNA OPTICA ECOLOGISTA	105
		Santiago Martín Barajas	
I. CONCEPTOS BASICOS DE MEDIO AMBIENTE	7	EVALUACION Y CUANTIFICACION DE IMPACTOS SOBRE EL PATRIMONIO HISTORICO Y ARQUEOLOGICO	109
CONCEPTOS BASICOS DE ECOLOGIA	9	Hortensia Larrén Izquierdo	
M.ª Nieves Hidalgo Castro			
DINAMICA DE LOS ECOSISTEMAS NATURALES	17		
Angel Jaramillo Gómez			
II. IDENTIFICACION Y EVALUACION DE IMPACTOS AMBIENTALES	25	III. LEGISLACION AMBIENTAL	121
CONCEPTO DE IMPACTO AMBIENTAL Y SU EVALUACION	27	ADMINISTRACION AMBIENTAL EN LA CEE, ESTADO Y COMUNIDADES AUTONOMAS EN RELACION CON LAS EVALUACIONES DE IMPACTO AMBIENTAL	123
José Luis Sanz Contreras		Fernando Fuentes Bodelón	
IDENTIFICACION Y EVALUACION DE IMPACTO AMBIENTAL SOBRE LA GEA	39		
Daniel Baretino Fraile		IV. TECNICAS GENERALES DE CORRECCION Y RESTAURACION ...	131
LOS PROYECTOS DE INGENIERIA Y LA CORRECCION DE IMPACTOS AMBIENTALES .	51	RESTAURACION ECOLOGICA	133
Carlos López Jimeno		Luis Ramón Otero del Peral	
ESTUDIOS DE IMPACTO AMBIENTAL Y PARTICIPACION SOCIAL	59	RESTAURACION PAISAJISTICA	137
Tomás Rodríguez Villasante		Paloma Fernández Fernández	
IDENTIFICACION Y EVALUACION DE IMPACTOS AMBIENTALES SOBRE LA FLORA Y LA FAUNA	69	DEPURACION DE EFLUENTES GASEOSOS ...	147
Domingo Gómez Orea y Teresa Villarino Valdivieso		Juan Francisco Llamas Borrajo	
BASES CARTOGRAFICAS PARA LA EVALUACION DE IMPACTOS AMBIENTALES	81	DEPURACION DE EFLUENTES LIQUIDOS ...	155
Ernesto Gallego Valcarce y María Bascones Alvira		Juan Francisco Llamas Borrajo	
LOS PELIGROS NATURALES EN LAS EVALUACIONES DE IMPACTO AMBIENTAL EN OBRAS CIVILES	95	TRATAMIENTO Y ELIMINACION DE RESIDUOS TOXICOS Y PELIGROSOS	165
Francisco Javier Ayala Carcedo		Antonio Sánchez Trujillano	
		RUIDOS	171
		Francisco Cadarso González	

V. PROBLEMAS ESPECIFICOS DE PROYECTOS SOMETIDOS A EVALUACION DE IMPACTO AMBIENTAL...	179	ALMACENAMIENTO Y ELIMINACION DE RESIDUOS TOXICOS Y PELIGROSOS	241
INDUSTRIAS QUIMICAS, PETROQUIMICAS Y SIDERURGICAS	181	Antonio Sánchez Trujillano	
José María Puig Mediavilla		IMPACTO AMBIENTAL EN PROYECTOS AGRICOLAS. PROBLEMAS ESPECIFICOS	249
PROBLEMAS ESPECIFICOS DE INDUSTRIAS SOMETIDAS A EVALUACION DE IMPACTO AMBIENTAL: MINERIA A CIELO ABIERTO ...	197	Miguel Donézar Díez de Ulzurrun	
Lucas Vadillo Fernández		IMPACTO AMBIENTAL POR CENTRALES TERMICAS	259
PROBLEMAS ESPECIFICOS DE PROYECTOS SOMETIDOS A EVALUACION DE IMPACTO AMBIENTAL: VIAS DE TRANSPORTE	215	Alberto Carbajo José	
Rosa María Matas López y Pedro Pérez del Campo		PROBLEMAS ESPECIFICOS DE LAS EVALUACIONES DE IMPACTO AMBIENTAL DE CENTRALES NUCLEARES: ENFOQUE ECOLOGICO	275
PROBLEMAS ESPECIFICOS DE PROYECTOS SOMETIDOS A EVALUACION DE IMPACTO AMBIENTAL: GRANDES PRESAS, PUERTOS Y OBRAS EN EL LITORAL	227	Agustina Sterling Carmona	
Máximo Hernández Ruiz		RESIDUOS RADIATIVOS	291
		Agustina Sterling Carmona	

I. CONCEPTOS BASICOS DE MEDIO AMBIENTE



Macizo de la Madaleta (Pirineos). (Foto: D. Baretino)

CONCEPTOS BASICOS DE ECOLOGIA

Hidalgo Castro, María Nieves (*)

RESUMEN

Ecología es la ciencia que estudia los ecosistemas, es decir, las relaciones de los seres vivos entre sí y su entorno. Las especies se distribuyen dentro de los ecosistemas dependiendo de su interacción con otras especies y de las condiciones físicas, químicas y ambientales del medio en que habitan. Se agrupan en comunidades y éstas están sometidas a cambios, siendo sustituidas por otras, dentro de una dinámica de sucesión, característica de cada ecosistema, hasta alcanzar una etapa clímax, de gran estabilidad, en la que se ejerce un cierto control sobre el medio físico.

El hombre comenzó siendo un elemento más de los ecosistemas, pero su desarrollo y expansión, unido a los avances tecnológicos y al crecimiento económico, han supuesto la alteración e incluso la destrucción de muchos de los ecosistemas existentes y, asimismo, la eliminación de gran número de especies, cuya pérdida es totalmente irreparable, amenazando la supervivencia de otras muchas. Hasta el momento, la tendencia ha sido tratar de reparar los daños sobre la biosfera una vez realizados, sin tener en cuenta que es más efectivo prevenirlos o aminorarlos desde el principio. Lo anteriormente comentado supone graves repercusiones en la forma de vida actual a nivel político, social y económico, corriendo así el riesgo de hipotecar recursos necesarios en el futuro.

Palabras clave: Ecología, Ecosistema, Sucesión ecológica, Especie.

1. INTRODUCCION

La relación del hombre con el medio es la historia del desarrollo.

En el Paleolítico la relación era de dependencia, el hombre se limitaba a ejercer una actividad depredadora nómada, poco importante y fuertemente ligada a la estacionalidad. Si las condiciones del medio resultaban adversas, se desplazaba a otro lugar donde hubiera menos dificultades para su supervivencia, si bien podía modificar levemente su entorno (uso de cuevas, fuego, pieles para cubrirse, etc.). La relación del hombre con su entorno era muy estrecha, ya que una falta de conocimiento podría significar graves problemas (por ejemplo, muerte por envenenamiento al no conocer ciertas especies o movimientos migratorios de animales que habitualmente cazaban).

En el Neolítico, el hombre se vuelve ganadero y agricultor, pasa a ser sedentario y comienza la modificación

de forma activa de su entorno más próximo (por ejemplo, el fuego se emplea en agricultura para roturar grandes superficies, se cortan distintas especies leñosas, etc.).

Durante varios milenios predomina un fuerte sistema agrario. Los avances se suceden (regadío, minería, modificación de cauces fluviales, introducción de especies, etc.) pero no suponen grandes costos ecológicos al tratarse básicamente de una economía agraria y artesanal.

En el S. XIX empiezan a aparecer cambios trascendentales a partir de la Revolución Industrial. Hay una explosión demográfica que implica un mayor consumo de recursos naturales, una intrusión del medio urbano en zonas agrícolas y una mayor necesidad de conseguir del medio materias primas imprescindibles para el mantenimiento de la producción industrial.

Aunque los grandes cambios comienzan a partir del S. XIX, hay que retroceder un poco en el tiempo para destacar algunos aspectos.

En el S. I de nuestra era, Plinio el Viejo (Cayo Plinio Secundo) empleó las palabras «Historia Natural» para dar título a su obra de 37 volúmenes, que fue el resultado de una consulta de unas 2.000 obras de su época y anteriores, muchas de las cuales se perdieron posteriormente. Con historia natural se englobaba todo el saber acerca de la geología, fauna y flora y alrededor de la Edad Media se consolidó como una disciplina esencialmente descriptiva.

El siguiente gran paso tuvo lugar en el Renacimiento al comenzar a hacerse colecciones de animales, vegetales y minerales con cierto método, apareciendo los primeros herbarios y jardines botánicos.

En el S. XVII continúan con fuerza las interpretaciones teológicas de los fenómenos orgánicos e inorgánicos. Por ejemplo, el zoólogo y botánico Ray publicó una obra titulada «La sabiduría de Dios manifiesta en la Creación» (1691), o el botánico Corew publica «Cosmología Sacra» unos años más tarde (1701). Este enfoque y planteamiento de la ciencia natural siguió hasta comienzos del S. XIX aunque, como es evidente, con distintos avances. De todas formas, se siguen realizando experimentos y observaciones, pero de forma aislada y puntual, sin profundizar en los fenómenos naturales y sin buscar relaciones entre los distintos fenómenos.

En el S. XVIII se suceden un gran número de expediciones científicas con eminente cariz botánico, muchas de

(*) Lda. en Ciencias Biológicas. Area de Ingeniería Geoambiental. Instituto Tecnológico Geominero de España. C/ Ríos Rosas, nº 23. 28003 Madrid.

ellas impulsadas desde España, básicamente hacia el Nuevo Mundo, como por ejemplo:

- Iturriaga (1754-1756)
- Ruiz y Pavón en los Virreinos de Perú y Chile (1777-1778)
- Mutis en Nueva Granada (1783-1808)
- Malaspina (1789-1794)
- Sessé y Mociño en Nueva España (1787-1794)

Asimismo, destacan otros importantes viajes naturalísticos que continuaron hasta finales del S. XIX, como los realizados por A. Von Humboldt, Darwin, etc., cuyos frutos fue un aumento del conocimiento naturalístico de distintas partes del mundo.

Al mismo tiempo que se va avanzado en el conocimiento científico, la ciencia con base teológica va perdiendo fuerza y se han abandonado muchas de las ideas clásicas que se venían siguiendo años atrás y que trataban de explicar la existencia de los seres vivos y los procesos físicos y biológicos. Por ejemplo, Bonnet opina que el mundo se formó antes de lo que afirman algunos textos bíblicos y esto es apoyado por Lamarck al decir que los fósiles no son rocas con formas caprichosas, sino vestigios de seres vivos de tiempos pretéritos; Darwin formula su Teoría de las especies; se da importancia a la descripción y, sobre todo a la distribución de las especies (Buffon y Humboldt). Lentamente la ciencia biológica se fue sistematizando.

A partir del S. XVIII varía la visión que el hombre tenía del mundo en general, de la naturaleza de forma específica y de sí mismo más concretamente, al aparecer la idea de la evolución por medio de la selección natural. El universo deja de ser estático y con las ideas evolucionistas se concibe el mundo como algo continuo, con cierta componente de direccionalidad, con diversidad y adaptación de las poblaciones.

La primera teoría coherente de evolución, aunque con algunos errores, la propuso Lamarck, y constaba de cuatro principios:

- Existe en los organismos un impulso interno hacia la perfección.
- Los organismos son capaces de adaptarse al ambiente.
- Existe generación espontánea.
- Hay herencia de los caracteres adquiridos.

Posteriormente, Darwin se preguntó acerca de la diversidad de las especies y su origen:

- Las especies cambian, unas aparecen y otras se extinguen.
- La evolución es gradual y continua, sin saltos bruscos.
- Los individuos semejantes están emparentados y poseen un antepasado común.
- El cambio en las especies se debía a la selección, que consta de dos fases:
 - Producción de variabilidad.
 - Supervivencia en la lucha por la existencia.

En el presente siglo, al redescubrir las leyes genéticas de Mendel (resumidamente decía que los factores que contienen la información hereditaria son unidades discretas transmitidas a la descendencia por cada progenitor, y son unidades que se preservan puras y se mezclan en cada generación), Hugo de Vries afirmó que las nuevas especies se originaban por mutación, de forma súbita, y no por actuación de la selección natural sobre una variación continua.

Es decir, la evolución a través de la selección natural consta de dos etapas:

- Producción de variabilidad genética (por recombinación, mutación).
- Regulación de esta variabilidad por selección (la evolución favorece cualquier variación que confiera a un individuo ventaja en su competencia sobre otros individuos, ya sean de su especie o de otra).

2. ECOLOGIA

Es en la segunda mitad del S. XIX (1869) cuando se emplea por primera vez la palabra ecología. Tiene su origen en el término griego *oikos*, que significa morada, habitación o casa. El primero en utilizarla fue el biólogo alemán Haeckel para definir el estudio de las relaciones de un organismo con su ambiente.

La ecología como ciencia con configuración propia tiene una existencia relativamente breve. Todos los distintos conocimientos acumulados a lo largo de la historia han servido para ir creando la base de lo que sería la ecología. Pero los primeros descubridores y estudiosos de los distintos aspectos de las ciencias naturales no se pueden considerar como ecólogos, ya que no poseían una concepción integradora, sino que se dedicaban a aspectos puntuales y aislados, sin buscar las relaciones del fenómeno estudiado con su entorno y con otros fenómenos. Sólo se puede decir que la ecología comenzó cuando empezaron a trabajar juntos científicos de distintas ramas o especialidades.

La ecología acuática tuvo un desarrollo anterior a la ecología terrestre. En 1887 Forbes publica su obra «El lago como microcosmos» y en el mismo siglo Hensen estudia el plancton. De todas formas, limnólogos y oceanógrafos siguieron trabajando separadamente hasta mediados del presente siglo.

En la actualidad, además de las ramas anteriormente mencionadas, la ecología se ha desglosado en muchas otras: ecología etológica, de poblaciones, etc.

La ecología es una ciencia integradora y multidisciplinar, que necesita aglutinar y manejar una gran cantidad de datos para empezar a interpretar, relacionar y conocer. Utiliza como herramientas instrumentales y de apoyo otras ciencias: Química, Física, Etología, Fisiología, Botánica, Zoología, Demografía, Matemáticas, Genética, Sociología, Sistemática, Geoclimatología, Geografía, Geología, Edafología, etc., es decir, combina distintas materias pertenecientes a diversos campos científicos, algunas de ellas muy anteriores a su constitución como ciencia con entidad propia.

Hay poca uniformidad a la hora de emplear un vocabulario propio. En muchas ocasiones es reiterativo (medio ambiente) o poco claro al nombrar un mismo concepto

por varias palabras distintas (ecosistema=sistema ecológico=sistema natural), ya sea por palabras que de un autor a otro cambian su sentido, porque hay muchas definiciones para un mismo concepto o por confusión (naturalista, ecólogo, ecologista, biólogo, ambientalista). En resumen, es una ciencia en movimiento constante y expansión, y su vocabulario es un reflejo de este movimiento y del avance en conocimientos y nuevas técnicas empleadas.

Su definición varía según el autor o enfoque que se prefiera seguir pero, en general, se coincide en decir que es la ciencia que estudia la relación de los seres vivos con su entorno o, más resumidamente, es la ciencia de los ecosistemas.

Esto último quiere decir que la base y el objeto principal de su estudio es el ecosistema.

3. EL ECOSISTEMA

El término ecosistema se puede definir como una entidad con unas características determinadas que resulta de la reacción de un medio abiótico y un conjunto biótico (distintas especies de animales y vegetales con un distinto grado de organización). Es el resultado de un proceso a lo largo del tiempo, durante el cual van apareciendo más especies, han desaparecido otras y otras permanecen. Los individuos del componente biótico, ya sean vegetales, hongos o animales (los tres reinos biológicos que se consideran actualmente) son asignados a la especie que corresponda. La especie es el grupo de individuos o poblaciones naturales que se cruzan entre sí, hallándose aisladas reproductivamente de otros grupos. Este aislamiento reproductivo implica un aislamiento genético con otras especies, sólo pudiendo intercambiar información genética de forma ilimitada los elementos de una misma especie y, por ello, cada especie evoluciona de forma independiente con respecto a otras.

Las especies tienen importancia por varias razones:

- Para permitir la continuidad de los procesos vitales.
- Para la mejora de otras especies necesarias para el hombre.
- Muchas son recursos por descubrir.
- Muchas tienen un papel indicador de ciertos procesos.
- Son necesarias para mantener la diversidad.

Las especies no se distribuyen al azar dentro de un ecosistema, ya que dependen de sus interacciones con otras especies y de las condiciones físicas y químicas de su hábitat. El intervalo donde se encuentra se denomina nicho, y cada especie tiene su nicho particular, definido por unos factores físicos (humedad, temperatura), biológicos (tipo de nutrientes y cantidad, depredadores que actúan sobre ella) y etológicos (ciclos estacionales y diarios, organización, etc.). Si dos especies necesitan los mismos recursos para sobrevivir dentro de un mismo ecosistema, esas especies ocuparán nichos distintos. Además, cada especie, mediante su actividad y metabolismo, irá determinando qué factores externos formarán parte de su nicho, pues una de las capacidades de las poblaciones es modificar el entorno en el que se encuentran.

El aumento de una población depende del potencial de reproducción de cada individuo que, aunque se considera constante, no lo es ya que varía en función de:

- Variaciones en el medio ambiente natural.
- Variaciones según la edad del individuo.
- Variaciones según la densidad, pues afecta a la natalidad.

Esto quiere decir que varía según cada especie y para un conjunto dado de condiciones físicas y biológicas. Asimismo, una población puede fluctuar por motivos migratorios y es importante la competencia intraespecífica por el alimento, reproducción, etc. y las relaciones con otras especies: comensalismo (asociación entre individuos de dos especies distintas en las que una resulta beneficiada, por ejemplo: tiburón y rémora), amensalismo (una especie perjudica a otra u otras, por ejemplo: sustancias alelopáticas en vegetales), simbiosis (individuos de dos especies se benefician mutuamente, por ejemplo: protozoos en el tubo digestivo de las termitas para digerir la celulosa), parasitismo (los individuos de una especie viven a expensas de los individuos de otra especie), depredación y competencia (distintas especies necesitan las mismas materias primas del medio).

Las poblaciones funcionan como sistemas autónomos, regulando su densidad según sus propias características y las de su ambiente, pero por la complejidad y variedad de los nichos, la regulación se suele deber a más de un solo factor. La estructura por edades, por su parte, puede variar geográficamente por efecto de una densidad diferencial o por el efecto de una variación en un factor regulador abiótico y, por último, también difiere en los distintos estados de desarrollo del ecosistema.

El medio ambiente puede modificarse por distintas causas, y para que una especie persista en un medio que sufre cambios, ya sean éstos constantes o puntuales, debe tener la suficiente variabilidad genética heredable para adaptarse. Una especie sólo podrá tener éxito en un ambiente si su variabilidad le permite cambiar al mismo tiempo que dicho ambiente, y desaparecerá o se extinguirá si su variabilidad es inadecuada y no le permite responder a los cambios.

Las comunidades (agrupaciones de individuos de diversas especies que viven en un territorio determinado) están sometidas a tres mecanismos dentro de un ecosistema: selección (sobreviven los individuos mejor adaptados a las condiciones del medio), evolución (proceso de cambios acumulados y adaptación de las sucesivas generaciones de los organismos a partir de un ancestro común) y competencia (consiste en la lucha por un recurso) y estos tres mecanismos propician la sucesión de unas comunidades por otras.

En sentido estricto, los ecosistemas en sí mismos no evolucionan, ya que la evolución sólo actúa sobre individuos o grupos de individuos relacionados. Pero al existir interrelaciones entre especies, hay especies que coevolucionan o evolucionan paralelamente (por ejemplo, los sistemas depredador-presa o parásito-simbionte), constituyendo cada una de ellas un factor de selección para la otra.

De todas maneras, a pesar de lo comentado en el párrafo anterior, un ecosistema no es una entidad estática, ya

que sus comunidades son dinámicas, siempre están cambiando de composición y función en respuesta a las modificaciones que se van produciendo. Este proceso recibe el nombre de sucesión ecológica y consiste en una serie de cambios no aleatorios que presentan las comunidades, al irse sustituyendo por otras. Va evolucionando el ecosistema por sí solo en el tiempo, habiendo autoorganización, y permite llegar a las comunidades a una estabilidad, logrando el mejor uso posible de su medio ambiente físico.

Las comunidades de las primeras etapas de la sucesión reciben el nombre de comunidades pioneras, y consiste en un grupo de especies que, generalmente, se presentan juntas en unas condiciones determinadas. Se caracterizan por un bajo número de especies en las que muy pocas son dominantes y a las que pertenecen casi todos los individuos. Poseen dos capacidades: la de colonizar, ya que nada más llegar a un lugar comienzan a modificar el medio mediante su actividad metabólica, y la de competir con otras especies. La esperanza de vida de los individuos es corta y, por ello, dedican gran proporción de los recursos que obtienen del medio a la reproducción. Esta forma de estrategia para la supervivencia se llama de tipo R, y es la idónea para ecosistemas poco evolucionados, con condiciones ambientales rigurosas y con perturbaciones frecuentes que no pueden ser soportadas por la mayoría de las especies.

En estadios posteriores de la sucesión, aumenta el número de especies y éstas tienen una distribución de individuos con abundancia parecida entre sí. El hábitat comienza a ser estable, los individuos de las distintas especies que componen el ecosistema tienen períodos de vida largos y bajas tasas de reproducción, pues ya no requieren colonizar rápidamente el medio y sólo tratan de mantenerse en él, por lo que dedican gran parte de sus recursos a la supervivencia y permanencia en el ecosistema y, además, las especies han desarrollado mecanismos de defensa y compiten con otras especies. Este tipo de estrategia para sobrevivir se llama de tipo K.

A lo largo del tiempo, desde que aparecen las comunidades pioneras hasta que se alcanza un ecosistema estable o comunidad clímax, se aprecian diferentes cambios:

- Varía la composición de las especies.
- Hay mayor número y disponibilidad de nichos que están en función de la historia y evolución del sistema y de las distintas rutas de flujo energético a través de él.
- Hay un cambio en la diversidad, en el sentido de que aumenta.
- Va incrementándose la complejidad estructural.
- Aumenta la materia orgánica tanto viva como muerta (aumenta la biomasa).

Asimismo, según va transcurriendo la sucesión, el sistema se va complicando, se van alargando los ciclos y aumenta el tiempo de permanencia de las distintas entradas que tiene el ecosistema, baja la productividad neta al recibir menos luz y también disminuye la tasa de renovación. Globalmente, se aprecia una diversificación de funciones y un alto número de relaciones interespecíficas, que se irán

haciendo cada vez más intrincadas al evolucionar y aumentar el número de especies.

Al llegar a la comunidad clímax, el ecosistema se auto-perpetúa y es capaz de mantener la comunidad. Ocurre cuando no aparece ninguna otra combinación de especies capaz de competir con ella o reemplazarla.

En resumen, la sucesión consiste en una estrategia que incrementa el control del ecosistema sobre el medio físico en el sentido de protegerse de las perturbaciones ambientales. Con esto se logra una modificación del medio controlado por las distintas comunidades, apareciendo así un microclima.

Según el lugar, la sucesión ecológica tiene una velocidad u otra. Su estabilidad depende del tiempo que ha pasado desde el último cambio físico importante. Pero en cualquier momento de la historia de un ecosistema puede haber un cambio. El ser una comunidad clímax no implica inmovilidad, ya que hay comunidades con cambios cíclicos. Por otra parte, si un ecosistema maduro se altera seriamente, aparecen nuevas combinaciones, la distribución de las abundancias relativas tiende a volver al nivel característico de las primeras etapas de la sucesión, con bajo número de especies, y esto se debe a que una alteración modifica la organización. Al degradarse un ecosistema, aparece una fase llamada etapa de sustitución o serial, que es una fase de la serie dinámica en la sucesión. Con la degradación hay una simplificación de la estructura de los ecosistemas, se acortan las redes tróficas y se favorece la aparición de especies de pequeño tamaño que se reproducen rápidamente.

El clima influye de manera decisiva en las perspectivas futuras de un ecosistema. De hecho, en un clima más bien constante, un ecosistema puede alcanzar un alto de estado de madurez, mientras que si el clima fluctúa durante largos períodos de tiempo, incluso se destruyen ecosistemas. Además, las oscilaciones climáticas han afectado a los cambios evolutivos en el sentido de que los han potenciado o han hecho que ocurran a mayor velocidad que en zonas climáticas estables.

Cada ecosistema está conectado con la biosfera por medio de entradas y salidas, como pueden ser las sustancias orgánicas e inorgánicas, la energía y los gases, que se transportan por procesos físicos (gravedad), biológicos (migración de animales), etc., ya que es un sistema abierto, autorregulado, que es capaz de llevar a cabo una retroalimentación de la información acerca de la producción del sistema para controlar las entradas que compensen sus salidas y lograr así un cierto grado de estabilidad u homeostasis, término definido por Cannon como la capacidad que poseen los seres vivos para mantener determinados parámetros, dentro de márgenes estrechos, independientemente de los cambios que su entorno puede experimentar. De esta manera consigue funcionar como un todo, mientras que sus distintos componentes por separado no resultan ser autosuficientes.

Hay gran diversidad de ecosistemas, tanto en cuanto a composición como en cuanto a tamaño, pero todos poseen una serie de características estructurales y funcionales por las que sus distintos elementos se relacionan entre ellos mismos y su entorno:

- Flujo de energía: De toda la energía que llega a la Tierra procedente del Sol, sólo es utilizada parte de la radiación de la zona del visible por los pigmentos de los organismos fotosintéticos, que la irán pasando al resto de los eslabones tróficos. Es un flujo unidireccional y no cíclico, ya que a medida que hay circulación de energía a través de los distintos niveles tróficos, ésta se va perdiendo en forma de calor como subproducto de reacciones metabólicas y parte se exporta a otros ecosistemas por medio de vectores: viento, corrientes de agua, etc. Asimismo, hay que tener en cuenta que hay variabilidad en la eficiencia de la transferencia de la energía de un nivel al siguiente.
- Circulación de nutrientes: Es un flujo cíclico.
- Tienen una dimensión en el espacio y en el tiempo, pues ocupan un área en un momento determinado.
- Se interrelacionan con otros ecosistemas a través de procesos geológicos, climáticos y biológicos.

Los nutrientes y la energía se mueven dentro del ecosistema por medio de las cadenas tróficas. Gracias a estos ciclos se distribuyen los elementos esenciales, necesarios para la supervivencia de los organismos que forman parte del ecosistema, teniendo cada eslabón de la cadena una especialización bioquímica fundamental para la no interrupción de la red trófica. La relación entre las especies puede representarse mediante redes tróficas, por donde se distribuye la energía del ecosistema y se organizan en jerarquías de niveles.

Las especies tienden siempre a ampliar su área de distribución, es decir, las distintas localidades en las que se encuentra una especie, independientemente de las barreras físicas (geográficas, como en el caso de islas; topográficas, como en el caso de montañas; o climáticas), biológicas o las cada vez más frecuentes barreras antrópicas (ciudades, cultivos, grandes vías de comunicación, obras de ingeniería, etc.). Esta distribución permite que se puedan distinguir grandes tipos de ecosistemas, calificados como terrestres y acuáticos.

Para hablar de la fisonomía de los ecosistemas terrestres se alude a la vegetación que poseen y a sus características: color, forma, estructura, historia de su origen, mecanismos de dispersión, etc., todo ello condicionado por factores ambientales (luz, temperatura, disponibilidades de agua en el suelo, condiciones de evaporación, contenido en dióxido de carbono y oxígeno, sustancias nutritivas) factores físicos y bióticos, y así se diferencian una serie de ecosistemas terrestres. En cuanto a los ecosistemas acuáticos, éstos se dividen en marinos y dulceacuicolas, diferenciando en ambos casos distintos tipos que dependen de los individuos que en ellos viven.

En los ecosistemas y en su distribución hay una gran influencia climática, con multitud de factores relacionados (por ejemplo, la temperatura depende de la radiación solar y ésta es función de la latitud). Todos estos factores influyen en la acumulación, productividad y distribución de la biomasa de los distintos ecosistemas:

- Los ecosistemas tropicales son los de mayor producción.

- Los bosques acumulan menos de un cuarto de su biomasa en raíces y el resto en ramas y troncos.
- En el desierto y en la tundra la biomasa se acumula principalmente en raíces.
- Cuanto más cerca del Ecuador, mayor incremento de hojas y menor retención de materia orgánica y minerales.

4. EL HOMBRE Y EL MEDIO

Nadie podía suponer el alcance, repercusión e implicación de la ecología y sus distintos aspectos en la forma de vida actual. Se ha convertido en un elemento de presión y de importancia decisiva en política, sanidad, educación, economía, ocio, etc. El auge de su interés en la sociedad actual se debe a tres aspectos:

- Consideración de la naturaleza como una fuerza económica nada desdeñable.
- Crisis de ideologías.
- Evidencia y confirmación de los daños y amenazas a nivel mundial infligidos por el hombre.

Hasta hace muy poco tiempo, la naturaleza se consideraba y utilizaba como una fuente de recursos inagotables que estaba al servicio del hombre y sus necesidades, e incluso se ha pasado de la preocupación por los efectos del crecimiento económico sobre el ambiente a una preocupación de la presión ecológica que hay sobre las perspectivas económicas.

La raíz de los problemas ambientales estriba en que realmente se ha buscado crecimiento económico y no un desarrollo ordenado, y ese crecimiento, con una eficiencia a corto plazo y sin visión de futuro, asociado a una utilización del medio y sus recursos, ha producido:

- Pérdida de diversidad.
- Destrucción de hábitats naturales y eliminación de especies «sin aprovechamiento económico» para extraer o implantar especies «con mercado».
- Cultivos homogéneos, con simplificación genética (poca variedad y bajo número de especies).
- Necesidad de regular los flujos de entrada del ecosistema para conseguir más producción a costa de introducir energía para mantener la capacidad productiva y estabilidad, tratando de compensar la pérdida de diversidad y las modificaciones estructurales y dinámicas.
- Extracción de recursos y energía.
- Utilización del medio como almacén de residuos.
- Ocupación del medio para la realización de las actividades humanas.

El crecimiento económico desproporcionado comenzó tras la Segunda Guerra Mundial, agravado al tratar de corregir los daños ocasionados por la contienda: reforestación, reconstrucción de ciudades, reestablecimiento de la agricultura y la industria, etc. La economía va asociada al uso de los ecosistemas por dos razones principales:

- Necesidad de cubrir las demandas crecientes y cada vez más diversificadas de recursos naturales.

— Necesidad de deshacerse de residuos.

Existen grandes problemas:

- Los daños infligidos al medio siempre han sido de responsabilidad diluida y es difícil definir el alcance de los daños y exigir correcciones a los culpables. No es fácil seguir el principio por el cual «Quien contamina, paga» (Polluter Pays Principle o P.P.P.). Los costes ecológicos, al igual que los culturales y sociales, actualmente tienen consideración económica y empiezan a condicionar muchas de las actividades humanas.
- Los daños no se paran en los límites artificiales en los que el hombre ha dividido el medio y sus efectos pueden aparecer a gran distancia de donde se produjeron, no estando la contaminación localizada en un punto al poderse extender.
- Desconocimiento de las dimensiones de fenómenos naturales, su estructura e interrelación existente entre los distintos subsistemas y, por consiguiente, no se puede pensar que un efecto sobre el medio tiene un carácter sectorial, ya que hay intercomunicación.
- Ausencia de instrumentos metodológicos y técnicas adecuadas.
- Dificultad de cuantificar fenómenos naturales sobre los que se quiere actuar y muchos efectos son, por lo tanto, ignorados o minimizados.
- Los fenómenos naturales no se han cuantificado económicamente.

La intervención humana en los ecosistemas ha cambiado la magnitud de la escala empleada y el tamaño de las repercusiones. No se puede decir que los problemas sean totalmente nuevos, lo que ocurre es que las condiciones de partida se han modificado. Por ejemplo, la pérdida de especies no es algo reciente. En épocas pasadas ha llegado a desaparecer el 98% de las especies existentes a lo largo de periodos de tiempo que duraban de 1 a 10.000 millones de años. Lo que sucede ahora es que se pierden especies en cuestión de años y además no cabe la posibilidad de regeneración, ya que antes el ambiente permitía la aparición de nuevas especies.

Hasta el momento se ha tratado de reparar daños, no de prevenirllos, ya que para ello se requiere una formulación ecológica conjunta de distintos países. Se busca lograr un desarrollo aunado con una conservación que no comprometa o hipoteque en el futuro seguir usando recursos necesarios actualmente, con un acceso equitativo de todo el mundo a los recursos y alcanzar un tipo de vida adecuado. La conservación no significa un rechazo de la actividad humana, consiste en un nuevo replanteamiento de la política ambiental ante un agotamiento de los recursos naturales y lograr una mayor información ambiental a todos los niveles por la creación de espacios naturales protegidos que sirvan como auténticos laboratorios científicos y aulas de divulgación.

Los recursos se dividen en renovables y no renovables, los primeros no se tienen por qué agotar si su explotación permite la regeneración y crecimiento natural y en cuanto a los no renovables su uso hace que disminuyan y la única

solución sería buscar sustitutos, reciclarlos tras su empleo, etcétera.

Asimismo, factores naturales que antes se consideraban gratuitos actualmente se venden o se utilizan para promocionar otros bienes de consumo no naturales. Por ejemplo: publicidad que se refiere a urbanizaciones en parajes con aire puro, ya que, en el curso de la evolución, las pautas de respuesta se van haciendo más refinadas y complejas. En el hombre, los instintos han pasado a un segundo plano, con predominio del sistema pensante y quedando el sistema innato persistiendo en forma de sentimientos, emociones, inclinaciones, afectos, etc., y hay apropiación de signos y símbolos de carácter natural para producir respuestas afectivas que hagan agradables diferentes aspectos a potenciales consumidores.

El hombre ha pasado de ser una de las muchas especies existentes a ser un factor interactuante de los ecosistemas, pues interviene en el flujo de energía y ciclos de nutrientes, altera procesos ecológicos y, asimismo, puede controlar su medio ambiente, población, comportamiento, herencia genética e incluso su evolución, convirtiéndose en un agente fundamental del funcionamiento de la biosfera. Por ejemplo, el hombre en la biosfera no detiene la radiación solar ni altera en gran medida la producción primaria de los vegetales pero, con la agricultura, altera el medio en gran medida al haber simplificado grandes zonas, disminuyendo la estabilidad ecológica y produciendo pérdidas de reservas genéticas. También ha alterado ciclos naturales, haciendo que exista desplazamiento de los mismos hacia otros equilibrios. Esto último, en principio, no suena demasiado alarmante, pero si lo es si se tiene en cuenta que las especies se han adaptado genéticamente durante millones de años de evolución a los ciclos antiguos.

La población humana ha crecido de forma espectacular y cada vez a mayor ritmo, pero no ha sido por un aumento de la natalidad sino por una disminución de su mortalidad. Esto desemboca en un problema de densidad, ya que el número de habitantes no es el problema, sino la capacidad de carga del medio, que es limitado.

El principal subproducto de la actividad humana que atañe de forma negativa e inmediata al medio es la contaminación. Es un grave problema la eliminación de los subproductos, que aumenta al avanzar la tecnología y el nivel de vida. Por ejemplo, un país con ingresos bajos por habitante (con menos de 360 dólares de 1978) produce 0'5 Kg de basura/persona/día, un país con renta media produce 1'5 Kg de basura y, por último, un país con renta alta produce de 2'75 a 4 Kg de basura/persona/día.

Muchas sustancias sintetizadas actualmente no existían en ecosistemas naturales y la evolución, por lo tanto, no los ha tenido en cuenta. La complejidad de los ecosistemas es importante al tratar de estudiar la dispersión y distribución de las sustancias tóxicas en las comunidades, pues a mayor complejidad hay más dificultad en seguir los diferentes pasos del transporte del contaminante. Asimismo, es conveniente conocer los procesos metabólicos con el mayor detalle y averiguar qué procesos pueden resultar acumuladores o concentradores de sustancias, ya que en muchas ocasiones es muy difícil, o casi imposible, saber dónde se van a acumular las sustancias tóxicas en las vías. La introducción de muchas sustancias tóxicas, como pueden

ser herbicidas o detergentes, en las redes tróficas, acaban muchas veces en el hombre. Además, los polucionantes simplifican la estructura de las comunidades animales y vegetales: baja la diversidad de especies, se modifican sus hábitats, se pierde variedad y muchas especies se acaban extinguiendo, con la consabida pérdida de material genético totalmente irrecuperable.

La preocupación ha comenzado al aparecer efectos de contaminación no esperados. Por ejemplo, los gases y humos no preocupaban porque se diluían en la atmosfera, los productos químicos eran arrastrados por las aguas de los ríos y los insecticidas y las emisiones radiactivas eran invisibles. Aunque algunos contaminantes sí desaparecen realmente, al

inmovilizarse o transformarse en sustancias inocuas, otros perduran por largos períodos de tiempo y en numerosas ocasiones vuelven a aparecer en formas más desastrosas. El primer suceso de alarma tuvo lugar a raíz de las lluvias radiactivas de la bomba H lanzada sobre las islas Bikini en 1954, al aparecer secuelas en la población muchos años más tarde. Asimismo, se ha comprobado que muchos residuos se incorporan a cadenas tróficas y van pasando de eslabón en eslabón. El resultado es que una sobreexplotación del medio revierte, por medio de distintos tipos de impacto, en el hombre quien, a su vez, tiene mayor capacidad de transformación del medio, rompiendo unos equilibrios que han tardado miles de años en establecerse.

BIBLIOGRAFIA

- ALLABY, M. (1984): *Diccionario del medio ambiente*. Ed. Pirámide, 421 pp.
- BIFANI, P. (1984): Desarrollo y medio ambiente. *Monografías de la Dirección General de Medio Ambiente*. M.O.P.U., 490 pp.
- BRAUN BLANQUET, J. (1979): *Fitosociología*. H. Blume Ediciones, 820 pp.
- COMISION MUNDIAL DEL MEDIO AMBIENTE Y DEL DESARROLLO (1988): *Nuestro futuro común*. Alianza Editorial, 460 pp.
- DARWIN, C. (Selección de Darwin, F.) (1984): *Autobiografía*. Vol. 1 y 2. Alianza Editorial nº 668 y 669, 490 pp.
- DUFFUS, J.H. (1983): *Toxicología ambiental*. Ed. Omega, 173 pp.
- FONT QUER, P. (1982): *Diccionario de Botánica*. Ed. Labor, S.A., 1244 pp.
- GONZALEZ BERNALDEZ, F. (1981): *Ecología y paisaje*. Ed. Blume, 250 pp.
- GONZALEZ BERNALDEZ, F. (1985): *Invitación a la ecología humana*. La adaptación afectiva al entorno. Tecnos, 159 pp.
- HUTCHINSON, G.E. (1981): *Introducción a la ecología de poblaciones*. Blume Ecología nº 15, 492 pp.
- KORMONDY E.J. (1985): *Conceptos de ecología*. Alianza Universidad nº 32, 278 pp.
- LACADENA, J.R., (1981): *Genética*. AGESA, 1303 pp.
- LOVELOCK, J.E. (1983): *Gaia*. Hermann Blume, 185 pp.
- MARGALEF, R. (1981): *Ecología*. Ed. Planeta, 252 pp.
- MARGALEF, R. (1981): *Perspectivas de la teoría ecológica*. Blume Ecología nº 1, 110 pp.
- MORIARTY, F. (1985): *Ecotoxicología. El estudio de los contaminantes en ecosistemas*. Ed. Academia S.L., 248 pp.
- RADL, E.M. (1988): *Historia de las teorías biológicas*. Alianza Universidad nº 553 y nº 554., 334 pp. y 425 pp.
- STRASBURGER, E., NOLL, F., SCHENCK, H. Y SCHIMPER, A.F.W. (1974): *Tratado de Botánica*. Ed. Marín, 798 pp.
- VARIOS AUTORES (1978): *Evolución. Investigación y Ciencia*, 168 pp.
- VARIOS AUTORES (1978): *Ecología, evolución y biología de poblaciones*. Selección de artículos de *Scientific American*. Ed. Omega, 319 pp.
- VARIOS AUTORES (1979): *El hombre y la ecosfera*. Selección de artículos de *Scientific American*. H. Blume Ediciones, 341 pp.
- VARIOS AUTORES (1988): *Elementos básicos para la educación ambiental*. Ayto. de Madrid, Concejalía de Medio Ambiente, 256 pp.

GLOSARIO

- ADAPTACION:** Proceso que permite que un individuo se habitúe a resistir determinadas condiciones y acomodarse a ellas. Implica modificaciones estructurales y/o funcionales fijadas genéticamente.
- ASOCIACION:** Unidad abstracta que reúne distintas especies, unas dominantes y otras subordinadas, que viven en un ambiente determinado y homogéneo.
- BIOCENOSIS=COMUNIDAD:** Colectividad de seres vivos que interaccionan, constituyentes de un biotopo.
- BIOMASA:** Cantidad de materia viva por unidad de superficie.
- BIOSFERA:** Parte de la Tierra y su atmósfera en la que viven los organismos.
- BIOTOPO:** Espacio natural o conjunto de factores abióticos en el que vive una comunidad o biocenosis.
- CLIMAX:** Etapa ideal y final de una sucesión, caracterizada por ser una estructura compleja, organizada y muy adaptada a las condiciones del medio, con biomasa máxima, tasa de renovación mínima y con gran variedad de especies con nexos de relación entre unas y otras.
- COMUNIDAD:** Ver BIOCENOSIS
- DIVERSIDAD:** Término que engloba tanto el número de especies como su abundancia relativa dentro de un ecosistema. Sirve para reconocer la estructura de un ecosistema en un momento determinado. En resumen, indica el número de componentes distintos que aparecen y cómo están representados y repartidos.
- ECOLOGIA:** Ciencia que estudia los ecosistemas, es decir, las relaciones que existen entre los seres vivos y su medio, dando una idea de su estructura y función y describiendo la materia, energía y organización que existe.
- ECOSISTEMA:** Sistema funcional en el que interactúan tanto sus componentes bióticos, con diversos grados de organización, como sus componentes abióticos, envueltos en un proceso dinámico de interacción continua.
- ESPECIE:** Conjunto de poblaciones naturales capaces de entrecruzarse si las condiciones lo permiten, existiendo entre ellas flujos de genes. Cada especie está aislada reproductivamente de otra y evoluciona de forma independiente.
- EVOLUCION:** Serie de transformaciones del material genético de las poblaciones, basadas principalmente en interacciones con su ambiente, es decir, consiste en una serie de cambios acumulativos fijados genéticamente.
- HABITAT:** Lugar que ocupa una especie en el biotopo o, dicho de otra manera, es el componente abiótico en el que vive un determinado organismo.
- NICHO:** Parte específica de un hábitat donde se encuentra una especie. Da información acerca de las costumbres, forma de alimentación, etc., de una especie.
- POBLACION:** Conjunto de individuos de una misma especie que viven en un área determinada.
- RED TROFICA:** Conjunto de niveles o etapas que forman una serie a través de los cuales, y por medio de sus organismos componentes, circula la energía.
- SUCESION:** Secuencia de cambios de forma seriada y ordenada a lo largo de tiempo que presentan las comunidades, en las que unas sustituyen a otras. Es el resultado debido a la modificación del medio por la comunidad, sufriendo los organismos y el medio una influencia y un ajuste recíprocos y continuos que finaliza en un ecosistema estable o comunidad clímax.

DINAMICA DE LOS ECOSISTEMAS NATURALES

Jaramillo Gómez, Angel (*)

RESUMEN

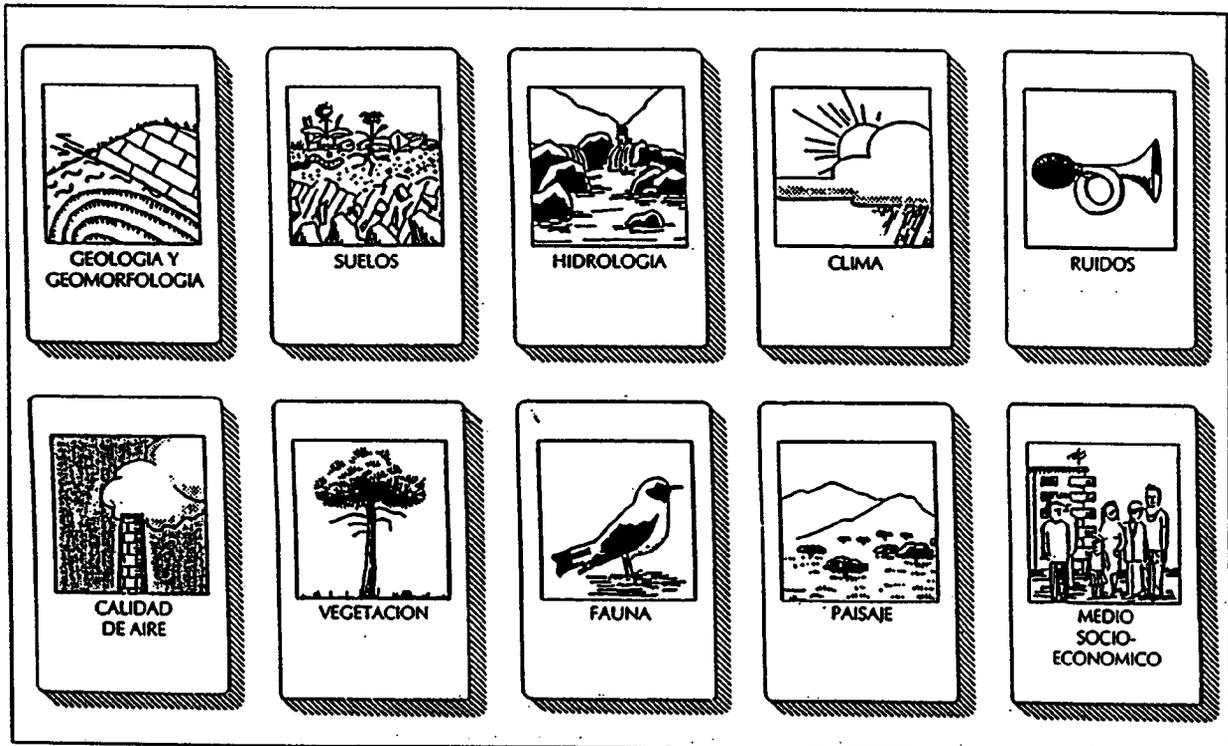
Para prever el impacto de cualquier actividad sobre el ecosistema, en cualquiera de sus componentes (biotopo y biocenosis), es indispensable conocer la dinámica de éste, cuyo eje fundamental son las complejas interrelaciones entre los componentes bióticos y abióticos.

El conocimiento del ecosistema en su estado proporcional se basa en el muestreo y la posterior clasificación y jerarquización de los datos obtenidos.

Palabras clave: Muestreo, Endemismo, Análisis del Medio, Previsión de Alteraciones, Indicadores, Medidas Correctoras, Programa de Vigilancia.

1. ECOSISTEMAS

En cualquier ecosistema es necesario distinguir dos partes: El biotopo y la biocenosis. Ambos se encuentran íntimamente relacionados. Cualquier alteración que se produzca sobre uno de ellos repercutirá ineludiblemente so-



Elementos a tener en cuenta en la definición de la situación preoperacional.

Sólo mediante el detallado análisis de los mencionados datos, podremos detectar qué elementos van a resultar afectados por la actuación. Igualmente y en consecuencia también los resultados del muestreo van a ser esenciales en la determinación de los Indicadores Biológicos y en el posterior diseño del Programa de vigilancia y control, tanto de los propios impactos como de las medidas correctoras propuestas.

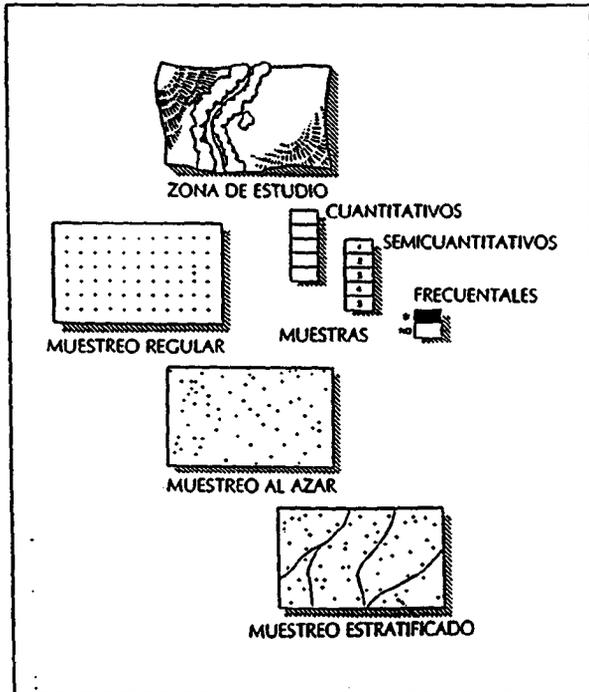
bre el otro y viceversa. Por todo ello es extremadamente difícil poder predecir de forma genérica las alteraciones que una actuación de este tipo produce sobre el conjunto del ecosistema.

Si bien esta exposición debería, consecuentemente, explicar el funcionamiento de ambas partes (biotopo y biocenosis) así como los muestreos a realizar en el conjunto del ecosistema, dado que en otras clases acuden especialistas

(*) Ldo. en Ciencias Biológicas. Secretaría de Estado para las Políticas del Agua y el Medio Ambiente. Ministerio de Obras Públicas y Transportes. Paseo de la Castellana, nº 67. 28071 Madrid.

de agua, atmósfera, etc., nos referimos únicamente al estudio del medio en estado preoperacional desde el punto de vista biocénótico, esto es, de los elementos vivos del ecosistema.

El estudio del medio en cualquier estudio de Impacto Ambiental es indispensable. Sin su conocimiento profundo va a ser imposible detectar impactos (tanto positivos



Tipos de diseños de muestreo y de realización del inventario para la vegetación.

vos como negativos) provocados por la actividad. Igualmente muchos elementos vivos pueden ser considerados como indicadores, lo que nos permitiría desarrollar planes de seguimiento y control sobre los efectos de la central, y aplicar las medidas correctoras más oportunas.

Pero no se trata solamente de realizar un exhaustivo inventario de fauna y flora, sino que además es necesario valorarlo. Así pues el análisis del medio biocénótico en estado preoperacional consta de dos partes:

- 1.º Realización del inventario
- 2.º Valoración del Inventario

1.1. Realización del inventario

1.1.a) Flora y Vegetación

Pueden realizarse distintos tipos de muestreo, entre los que destacan por ser los más comunes:

- Muestreo al azar: Cada punto del territorio tiene la misma posibilidad de ser muestreado, sin estar condicionado por puntos anteriores.
- Muestreo estratificado: Los muestreos se efectúan en unidades previamente establecidas de acuerdo con uno o varios factores determinados *a priori*.

- Muestreo regular: La determinación de puntos de muestreo se realiza mediante una malla a intervalos regulares.

1.1.b) Fauna

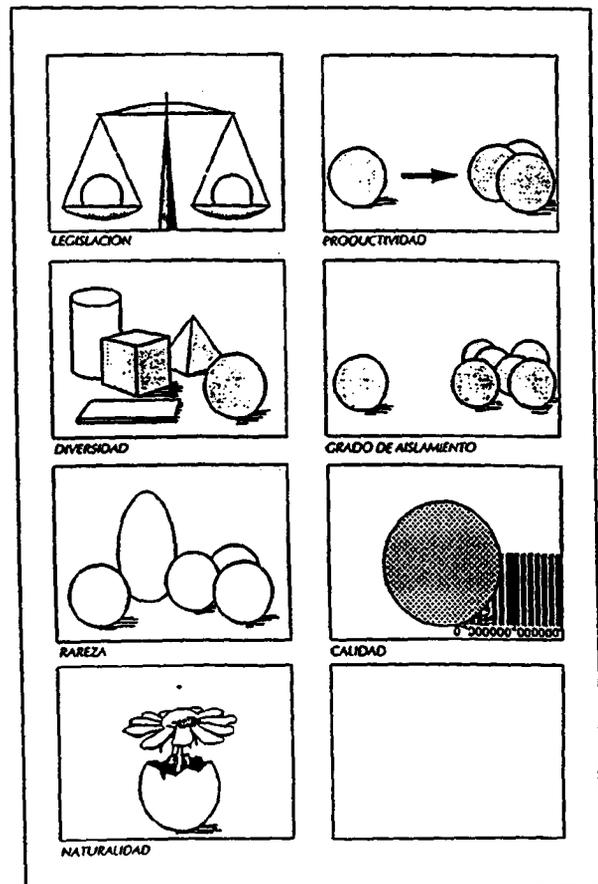
El estudio de las características zoológicas se encuentra fuertemente condicionado por tres aspectos:

- Dificultad taxonómica.
- Escala espacial de su distribución.
- Estacionalidad.

El estudio faunístico debe contemplar pues:

- Inventario de especies y comunidades.
- Identificación del dominio vital de las especies y especialmente de las amenazadas o de distribución geográfica reducida.
- Localización de áreas especialmente sensibles para las especies de interés o protegidas, como son las zonas nidificación o invernada.

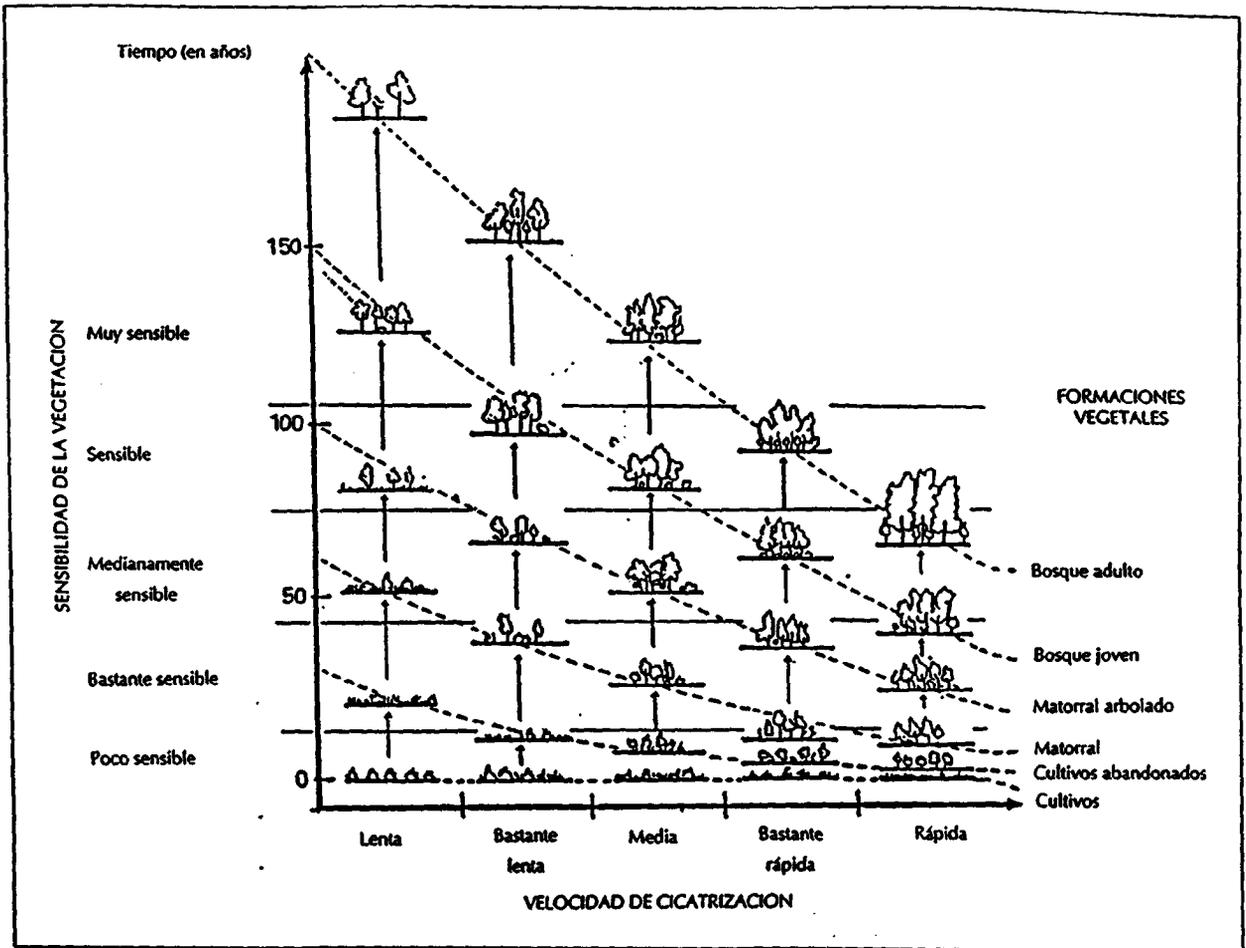
Respecto a la realización del inventario, éste puede realizarse por métodos directos (Visualización y caracterización del animal) a través de algunos de los tipos de muestreos explicados anteriormente, o por métodos indirectos (rastros, egagrópilas, huellas...) mediante transectos o



Entre los criterios más utilizados aplicables a la valoración del inventario se encuentran el legislativo, la diversidad, rareza, naturalidad, productividad, grado de aislamiento, calidad, etcétera.

PROVINCIA		TERMINO MUNICIPAL		SITUACION GEOGRAFICA		FECHA:	N.º	
						HORA:		
MODO DE LOCALIZACION: VISTA, OIDA, CAPTURADA, OTRAS.								
HABITAT	FRIO	CALOR	ALTITUD:		FISIOGRAFIA	LADERA, CUMBRE, VALLE	EXPOSICION	N, S, E, O, TV
CLIMA	VIENTO	CALMA	HIDROLOGIA	FUERA RIBERA	RIO, EMBALSE, LAGUNA MARISMA, ESTUARIO, CHARCA		VEGETACION DE RIBERA:	
	LLUVIA	NIEVE		DENTRO				
VEGETACION	BOSQUE, MATORRAL, PASTO, CULTIVO, SETO.							
ESPECIES DOMINANTES:					LITOLOGIA			
					SUELO: ARENA, ARCILLA, ROCA			
					ESTRUCTURA: ACANTILADOS, FARALLONES			
OTRAS CARACTERISTICAS				ESPECIE ANIMAL				
				NOMBRE CIENTIFICO				
FICHA 1.º				NOMBRE VULGAR				

PROVINCIA		TERMINO MUNICIPAL		SITUACION GEOGRAFICA		FECHA:	N.º	
						HORA:		
MODO DE LOCALIZACION: VISTA, CAPTURADA, OTRAS.								
HABITAT	RIO, EMBALSE, ESTUARIO, LAGUNA, ALBUFERA, FUENTE, RIA, CHARCA			PROFUNDIDAD		VELOCIDAD		ALTITUD
				CAUDAL		ANCHURA		T.º DEL AGUA
LECHO: LODO, FANGO, GRAVA, ROCA.				COMPOSICION: Si, Ca		EXPOSICION		
VEGETACION DE RIBERA:								
OTRAS CARACTERISTICAS				ESPECIE ANIMAL				
				NOMBRE CIENTIFICO				
FICHA 1.º				NOMBRE VULGAR				



Sensibilidad de la vegetación (Godron y Poissonet, 1973).

muestreos regulares. Estos últimos suelen presentar gran utilidad en vertebrados.

2. VALORACION DEL INVENTARIO

Existen diversos métodos para la valoración de un inventario y los criterios son igualmente variados. A continuación se citan algunos que se encuentran entre los más representativos y ampliamente utilizados.

Legislativo: Referente a aquellos aspectos en los que existen una legislación sectorial vigente, tal como los niveles de inmisión en calidad del aire, aguas, especies o espacios.

Diversidad: Parámetro que se puede definir como la probabilidad de encontrar un elemento distinto dentro de la población total. Se consideran pues el número de ele-

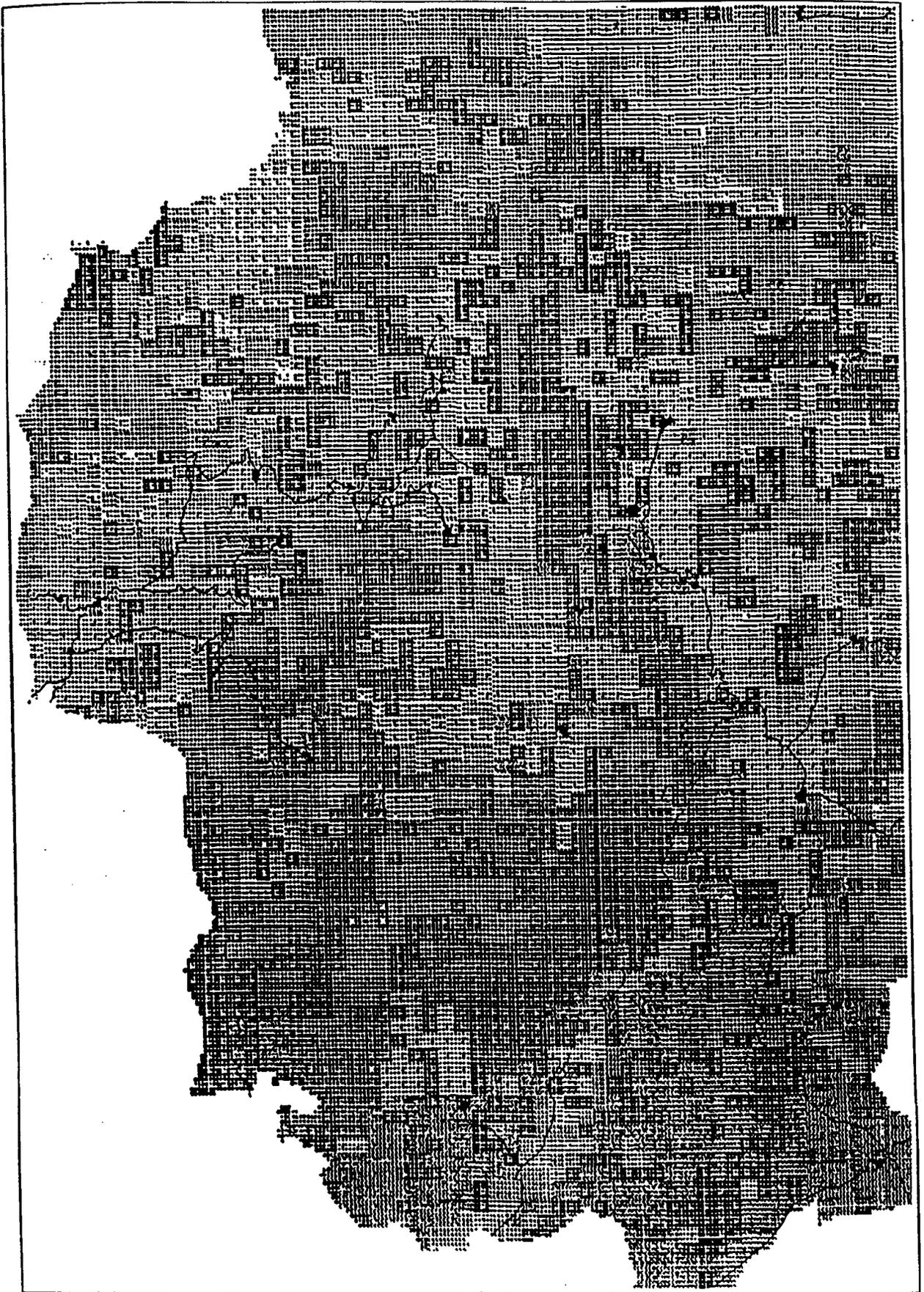
mentos distintos y la proporción entre ellos. Está condicionado por el tamaño del muestreo y el ámbito considerado. En general, se suele valorar como una característica positiva de alto valor, representación de ecosistemas complejos, maduros y bien desarrollados (madurez y reversibilidad).

Rareza: En función directa de la escasez o abundancia de un determinado recurso y viene condicionado por el ámbito (local, nacional, mundial). A mayor escasez del recurso mayor valor adquiere este parámetro.

Naturalidad: Estima el grado de conservación de una biocenosis y las alteraciones (negativas o positivas) en ella producidas o derivadas de la intervención humana.

Productividad: Representa la energía o biomasa fijada por unidad de superficie o tiempo.

Clases	TANSLEY y CHIPP (1926)	BRAUN-BLANQUET (1932)	HANSON y LOVE (1930)	BOCHER (1933)	HANSON (1934)	Número de Individuos por m ²
1	Rara (r)	Muy escasa	Muy escasa	Rara	Escasa	1-4
2	Ocasional (o)	Escasa	Escasa	Poco común	Poco frecuente	5-14
3	Frecuente (f)	No numerosa	Poco frecuente	Frecuente	Frecuente	15-29
4	Abundante (a)	Numerosa	Frecuente	Común	Abundante	30-99
5	Muy abundante (va)	Muy numerosa	Abundante	Muy común	Muy abundante	> 100



Cartografía tipo GRID (Ayuso y col., 1976).

Grado de aislamiento: Mide la posibilidad de dispersión de los elementos móviles del ecosistema y está en función de las características ecológicas y fisiológicas de la especie a considerar así como de la distancia en otras zonas potencialmente idóneas.

Calidad: Indica la desviación con respecto a unos parámetros previamente establecidos.

No obstante es importante considerar que la valoración del inventario debe realizarse de forma global, si bien este hecho no excluye la posibilidad de aparición de puntos rojos o impactos críticos.

3. INDICADORES DE IMPACTO

En 1987 Ramos definió como indicadores aquellos elementos del medio ambiente afectados, o potencialmente afectados, por un agente de cambio.

Así pues, un indicador que, evidentemente, para el caso de los estudios biocenóticos será un bioindicador es un índice que permite detectar, seguir y evaluar la cuantía de las alteraciones que se producen como consecuencia de un determinado proyecto.

Las condiciones que deben reunir estos indicadores de impacto son básicamente las siguientes:

- Representativos: que sean capaces de informar sobre la alteración de forma representativa.
- Excluyentes: que no exista superposición entre los distintos indicadores.
- Cuantificables: que pueda ser valorado en términos de magnitud y jerarquización.
- Fácil identificación.

De forma orientativa los indicadores más frecuentemente usados para estudiar los posibles impactos causados tanto en la fase de obras como de explotación.

3.1. Vegetación

- Superficie de las distintas formaciones vegetales afectadas por la actuación y valoración en dependencia de la escala espacial.

- Número de especies protegidas o endémicas y superficies afectadas.
- Superficie de las distintas formaciones afectadas por los impactos derivados (incendio, pisoteo...).
- Superficie de las distintas formaciones vegetales sensibles a los distintos procesos contaminantes especialmente sensibles.

3.2. Fauna

- Superficie de las distintas comunidades faunísticas directamente afectadas.
- Poblaciones de especies endémicas protegidas o de interés, afectadas.
- Número e importancia de lugares especialmente sensibles (zonas de reproducción, campeo, alimentación).
- Especies o poblaciones zoológicas afectadas por cambio de hábitat o alteraciones de las cadenas tróficas.

4. SOPORTE DEL INVENTARIO. ACTUALIZACION DE DATOS

Tradicionalmente los inventarios se han realizado como un mero documento escrito y sólo en ocasiones plasmado de forma gráfica sobre una cartografía convencional. En la actualidad van tomando importancia las técnicas informáticas y de cartografía digitalizada.

Estas técnicas presentan enormes ventajas si se empiezan a utilizar en el apartado de análisis del medio en estado preoperacional. Así si se plasman los datos y se realizan muestreos periódicos puede cruzarse cartografía tanto de biotopos como de biocenosis y obtenerse de forma rápida una relación causa efecto que evidentemente permitirá tomar decisiones en plazos muy cortos de tiempo acerca de medidas correctoras a aplicar, comprobar su eficacia y evitar daños innecesarios en todo el conjunto del ecosistema.

BIBLIOGRAFIA

- GARCIA GARCIA, L. (1990): El Impacto Ambiental en las cuencas mineras. *Gestión Municipal del Medio Ambiente*. León.
- HOSSNER, L. R. (Ed.) (1988): *Reclamation of surface-mined lands*. Boca Raton, Florida.
- HUYCK, L. M. Y REGANOLD, J. P. (1989): Environmental policies and issues surrounding holden mine tailings: a case study of an orphaned mine. *Environmental Impact Assessment Review*, nº 34, New York, pp. 97-123.
- INSTITUTO TECNOLOGICO GEOMINERO DE ESPAÑA (1985): *Revisión del inventario nacional de balsas y escombreras mineras*. ITGE, Madrid. (Inédito).
- INSTITUTO TECNOLOGICO GEOMINERO DE ESPAÑA (1986-1989): *Inventario nacional de balsas y escombreras mineras*. ITGE, Madrid. (Inédito).

VELAZQUEZ FERNANDEZ, A. E.; GIL SANTA MARTA, M^a L. Y GARCIA GARCIA, T. (Eds.) (1985): *Minería y Medio Ambiente: Actas de las Terceras Jornadas Culturales de Aller*. I.B. Príncipe de Asturias, Aller.

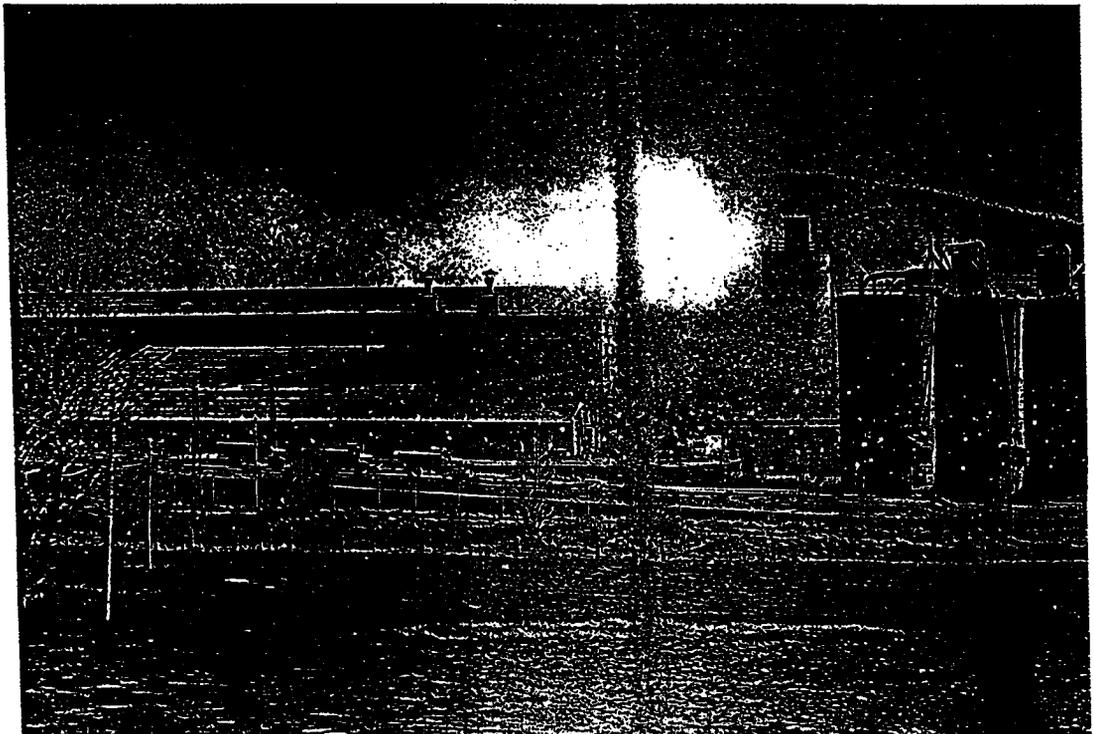
Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente (1990): *Sand and gravel extraction*. Nairobi. UNEP.

REDONDO VEGA, J. M^a. (1988): *Las minas de carbón a cielo abierto en la provincia de León; transformación del medio y explotación de recursos no renovables*. Secretariado de Publicaciones de la Universidad de León; Consejería de Cultura y Bienestar Social de Valladolid, 222 pp.

SALOMONS, W. Y FORSTNER, U. (Eds.) (1988): *Chemistry and biology of solid waste: dredged material and mine tailings*. Springer-Verlag, Berlín, 305 pp.

SALOMONS, W. Y FORSTNER, U. (Eds.) (1988): *Environmental management of solid waste: dredged material and mine tailings*. Springer-Verlag, Berlín, 396 pp.

II. IDENTIFICACION Y EVALUACION DE IMPACTOS AMBIENTALES



Cementera (La Robla, León). (Foto: E. Gallego)

CONCEPTO DE IMPACTO AMBIENTAL Y SU EVALUACION

Sanz Contreras, José Luis (*)

RESUMEN

Se recogen los conceptos fundamentales y la terminología básica a emplear en las Evaluaciones de Impacto Ambiental, con un esquema básico a seguir. Se revisan las principales metodologías y modelos existentes de Evaluación del Impacto Ambiental.

Palabras clave: Evaluación de impacto ambiental, Conceptos básicos, Revisión de los modelos de evaluación.

1. INTRODUCCION

La evaluación del Impacto Ambiental, es hasta hace pocos años, una práctica poco común en las Obras de Ingeniería. Incluso en la actualidad, cuando su ejecución es obligada en muchos campos de actuación y en otros se sugiere su aplicación, no tiene un ámbito de definición bien entendido por todos.

En muchos casos, los estudios e informes de enfoque ambiental, sobre la influencia de las obras, explotaciones u otras actuaciones sobre el medio, suelen llevarse a cabo cuando están en su etapa final de definición, o en el mejor de los casos, cuando ya está proyectada la obra y definida, sin alternativa posible.

Es objetivo fundamental de un Estudio de Impacto Ambiental, cumplir su papel de diagnosticar o predecir, la evolución del medio, constituyéndose en una variable inicial, a contemplar desde la primera fase de toma de decisiones de una actuación con posibilidades de ejecución.

Un aspecto importante como es la opinión pública, hasta el momento poco tenida en consideración, abre la posibilidad de una toma de postura favorable o en contra, a la viabilidad del proyecto u obra en su relación con el medio donde piensa desarrollarse.

2. CONCEPTO DE IMPACTO AMBIENTAL

El Impacto Ambiental (I.A.) se define, como la alteración que se produce en el medio natural donde el hombre desarrolla su vida, ocasionada por un proyecto o actividad que se lleva a cabo.

La alteración no aparece si el citado proyecto o actividad, no se ejecuta.

Debe considerarse que una acción o proyecto no produce siempre los mismos efectos y ello dependerá del medio receptor. Así, una acción de efectos contaminantes introducida en una zona exenta, podría ser asimilada por el

medio natural sin dar lugar a procesos degradantes, con lo que el Impacto Ambiental puede no existir, conociéndose como de incidencia «cero» sobre el Medio Ambiente. Sin embargo, introducida en un medio de por sí ya alterado, podría superarse el poder de autoasimilación y desencadenar procesos irreversibles de degradación.

La alteración que puede producirse, viene expresada por la diferencia entre la evolución del medio «sin» la aplicación del proyecto o actividad y «con» la ejecución de tales acciones.

El grado de incidencia que ello tiene en las condiciones o circunstancias que rodean el hábitat humano, es lo que determina el Impacto Ambiental.

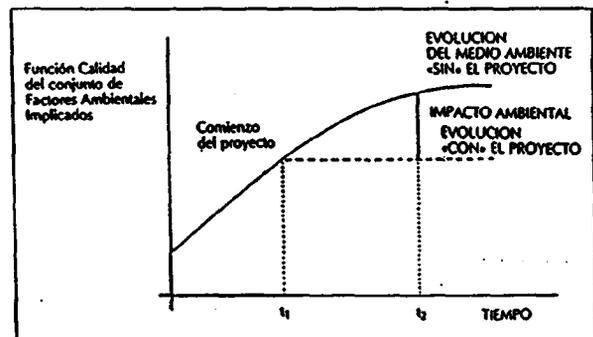


Figura 1. Concepto de Impacto Ambiental.

Los impactos ambientales están caracterizados por (G. Orea, 1988):

- su magnitud: calidad y cantidad del factor ambiental afectado,
- la importancia: condicionada por la intensidad, la extensión, el momento y la reversibilidad de la acción,
- el signo: positivo o negativo, según se valore su carácter benéfico o perjudicial.

3. OTRAS DEFINICIONES AMBIENTALES

El disponer de un marco conceptual de referencia común, en un trabajo de evaluación de carácter multidisciplinar, resulta imprescindible si se desean obtener unas conclusiones dentro de un marco de consenso, con criterios de racionalidad.

(*) Ingeniero de Minas. C/Infanta Mercedes, nº 27. 28020 Madrid.

Dentro de esta postura de unificación de criterios, se definen:

La Evaluación del Impacto Ambiental (E.I.A.)

Como el proceso de análisis encaminado a predecir los impactos ambientales que un proyecto o actividad daría lugar si se realizara y con el fin de establecer su aceptación, modificación o rechazo por parte de la Administración.

El objetivo de las evaluaciones de impacto ambiental (E.I.A.) es formar un juicio previo, imparcial y lo menos subjetivo posible sobre la importancia de los impactos (alteraciones) que se producen y la posibilidad de evitarlos o reducirlos a niveles aceptables.

Atendiendo a las características del proyecto o actividad que se desea llevar a cabo y en base a un análisis riguroso, donde se determine el alcance y el contenido de cada etapa de la planificación de los trabajos, pueden distinguirse:

- La Evaluación simplificada del Impacto Ambiental, cuya aplicación tendría lugar a proyectos con riesgo bajo de afección, bastando una valoración cualitativa del impacto ambiental.
- La Evaluación preliminar de Impacto Ambiental.

Donde se desarrollan los trabajos de evaluación, con la información que en esos momentos exista, sin desarrollo de una investigación específica. Las conclusiones de este análisis, deben de dar paso si fuese necesario, a una evaluación más exhaustiva, que es lo que se conoce como:

- La Evaluación detallada del Impacto Ambiental.

Con aplicación a proyectos de múltiples riesgos de afección y distintos niveles de intensidad. La metodología general de Evaluación del Impacto Ambiental, se resume en la Fig. 2.

El Estudio de Impacto Ambiental (Es.I.A.)

Son los estudios técnicos, necesariamente objetivos y de carácter interdisciplinar, que se realizan sobre los proyectos, para predecir los impactos ambientales (alteraciones) que pueden derivarse de la ejecución de dicho proyecto o actividad.

Estos estudios deben incluir una valoración del impacto ambiental, de forma que permitan comparar alternativas diferentes de un mismo proyecto.

Dado que las evaluaciones del impacto ambiental son trabajos dirigidos a predecir las consecuencias que la ejecución y posterior desarrollo de un proyecto o actividad humana, puede producir en el entorno donde se localiza la acción, con el fin de realizar un dictamen de los efectos desencadenados y establecer las oportunas medidas preventivas y de control, que minoren las acciones negativas que sobre el Medio Ambiente puedan producirse. Es posible distinguir los siguientes tipos de estudios, dependiendo de la fase de decisión en que nos encontremos:

- Estudios de Impacto Ambiental, dirigidos a la «localización más desfavorable u óptima».
- Estudios de Impacto Ambiental, orientados a evaluar «las distintas alternativas» que pueden darse.

— Estudios de Impacto Ambiental dirigidos al análisis de «un proyecto específico, con una alternativa pre-determinada».

Ahora bien, sea cual sea la complejidad y dimensión de la Evaluación del Impacto Ambiental a realizar y el esquema metodológico que se adopte, siempre es necesario el análisis de una serie de etapas relacionadas entre sí, que dan viabilidad al proceso de evaluación. Su desarrollo debe hacerse de una forma cíclica e interactiva, para el mejor conocimiento entre los objetivos y acciones del proyecto o actividad y los factores del Medio que se ven afectados.

Informe final del impacto ambiental

Es el informe que emiten los técnicos del Organismo o Agencia consultora pertinente, después de realizar un minucioso análisis de los Estudios de Impacto Ambiental y exponer las alegaciones, objeciones y comunicaciones del proceso de participación pública.

En algunos países, este tipo de informe recibe el nombre de: «DECLARACION DE IMPACTO AMBIENTAL».

En resumen, las Evaluaciones de Impacto Ambiental (E.I.A.) no son Estudios de Impacto Ambiental (Es.I.A.), pero éstos constituyen una etapa importantísima en las mismas.

Hasta el momento, no existen unas directrices específicas en donde se regule de una forma clara y nítida la profundidad con que se deben acometer para cada caso, este tipo de estudios, en función del proyecto o de una acción dada.

4. IDENTIFICACION DE ACCIONES DEL PROYECTO O ACTIVIDAD DESENCADENANTES DE IMPACTOS

La realización de un proyecto determinado, da lugar a toda una serie de acciones productoras de impactos o alteraciones, que deben estudiarse de forma rigurosa y específica.

Estas acciones deben estar perfectamente diferenciadas y determinadas cuantitativamente, en los aspectos de:

- ¿Cuándo se produce la acción?
- ¿Dónde se localiza?
- ¿Cuáles son sus magnitudes más representativas: la superficie, el volumen, la cantidad de residuos, los costes económicos, otras?
- Período de la actividad o proyecto.

La selección de estas acciones, deberá realizarse según los criterios de:

- Representatividad sobre alguno de los factores afectados.
- Independencia para su no consideración posterior.
- Directamente relacionadas con el proyecto.
- Posibilidad de ser valoradas numéricamente.

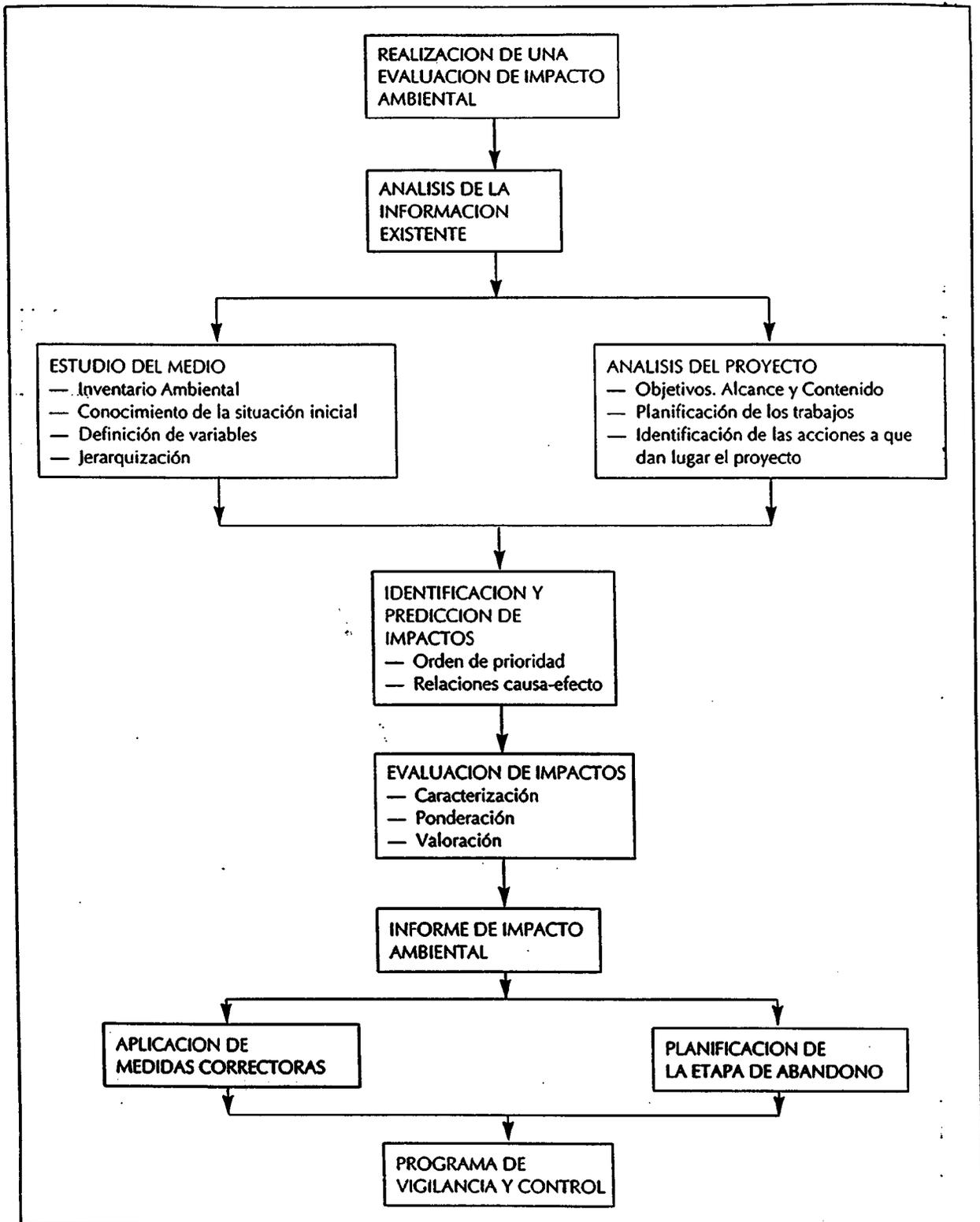


Figura 2. Metodología general de Evaluación del Impacto Ambiental.

5. IDENTIFICACION DE LOS FACTORES DEL MEDIO SUSCEPTIBLES DE RECIBIR IMPACTOS

Al abordar la fase identificativa de aquellos elementos, cualidades y procesos del medio que pueden ser modifica-

dos por la ejecución del proyecto, es práctica común individualizar o agrupar los distintos factores o elementos, que pueden ser afectados.

Son criterios de primer orden que deben aplicarse, los de:

- La representatividad del entorno afectado.
- Su notoriedad o relevancia, respecto a la magnitud e importancia del impacto.
- Su no solapamiento con otros factores.
- Su facilidad para ser identificado.
- La posibilidad de ser cuantificado.

La adopción de medidas correctoras que reduzcan, compensen o cambien la condición del impacto, así como sus costes y el espacio temporal de su aplicación, son aspectos a considerar en toda evaluación de impactos producidos por un determinado proyecto o actividad, puesto que, intervendrán en la jerarquización y ponderación de los factores.

6. CARACTERIZACION DE IMPACTOS AMBIENTALES

En esta fase es donde se concretan las relaciones o interacciones entre el proyecto y el medio, proporcionando criterios suficientes para determinar el grado de gravedad del Impacto Ambiental específico, en términos cualitativos.

Estas relaciones no son simples y frecuentemente pueden darse efectos secundarios, directos, continuos, etc.

De los numerosos esquemas sistemáticos que existen, es quizás, el modelo matricial de causa-efecto, el de uso más frecuente, repitiéndose tantas veces, como acciones o etapas del proyecto produzcan impactos.

A la vista del Impacto, se caracterizan los efectos ambientales previsibles, en los términos que recoge el Real Decreto Legislativo de Evaluación de Impacto Ambiental («B.O.E.» 239) y que a continuación se citan:

Efecto notable.— Aquel que se manifiesta como una modificación del medio ambiente, de los recursos naturales, o de sus procesos fundamentales de funcionamiento, que produzca o pueda producir en el futuro repercusiones apreciables en los mismos; se excluyen por tanto los efectos mínimos.

Efecto mínimo.— Aquel que puede demostrarse que no es notable.

Efecto positivo.— Aquel admitido como tal, tanto por la comunidad técnica y científica como por la población en general, en el contexto de un análisis completo de los costes y beneficios genéricos y de las externalidades de la actuación contemplada.

Efecto negativo.— Aquel que se traduce en pérdida de valor naturalístico, estético-cultural, paisajístico, de productividad ecológica, o en aumento de los perjuicios derivados de la contaminación, de la erosión o colmatación y demás riesgos ambientales en discordancia con la estructura ecológico-geográfica, el carácter y la personalidad de una localidad determinada.

Efecto directo.— Aquel que tiene una incidencia inmediata en algún aspecto ambiental.

Efecto indirecto o secundario.— Aquel que supone incidencia inmediata respecto a la interdependencia, o, en general, respecto a la relación de un sector ambiental con otro.

Efecto simple.— Aquel que se manifiesta sobre un solo componente ambiental, o cuyo modo de acción es individualizado, sin consecuencias en la inducción de nuevos efectos, ni en la de su acumulación, ni en la de su sinergia.

Efecto acumulativo.— Aquel que al prolongarse en el tiempo la acción del agente inductor, incrementa progresivamente su gravedad, al carecerse de mecanismos de eliminación con efectividad temporal similar a la del incremento del agente causante del daño.

Efecto sinérgico.— Aquel que se produce cuando el efecto conjunto de la presencia simultánea de varios agentes supone una incidencia ambiental mayor que el efecto suma de las incidencias individuales contempladas aisladamente.

Asimismo, se incluye en este tipo aquel efecto cuyo modo de acción induce en el tiempo la aparición de otros nuevos.

Efecto a corto, medio y largo plazo.— Aquel cuya incidencia puede manifestarse, respectivamente, dentro del tiempo comprendido en un ciclo anual, antes de cinco años, o en período superior.

Efecto permanente.— Aquel que supone una alteración indefinida en el tiempo, de factores de acción predominante en la estructura o en la función de los sistemas de relaciones ecológicas o ambientales presentes en el lugar.

Efecto temporal.— Aquel que supone alteración no permanente en el tiempo, con un plazo temporal de manifestación que puede estimarse o determinarse.

Efecto reversible.— Aquel en el que la alteración que supone, puede ser asimilada por el entorno de forma medible, a medio plazo, debido al funcionamiento de los procesos naturales de la sucesión ecológica y de los mecanismos de autodepuración del medio.

Efecto irreversible.— Aquel que supone la imposibilidad, o la «dificultad extrema», de retornar a la situación anterior a la acción que lo produce.

Efecto recuperable.— Aquel en que la alteración que supone puede eliminarse, bien por la acción natural, bien por la acción humana y asimismo, aquel en que la alteración que supone puede ser reemplazable.

Efecto irrecuperable.— Aquel en que la alteración o pérdida que supone, es imposible de reparar o restaurar, tanto por la acción natural, como por la humana.

Efecto periódico.— Aquel que se manifiesta con un modo de acción intermitente y continua en el tiempo.

Efecto de aparición irregular.— Aquel que se manifiesta de forma imprevisible en el tiempo y cuyas alteraciones es preciso evaluar en función de una probabilidad de ocurrencia, sobre todo en aquellas circunstancias no periódicas ni continuas, pero de gravedad excepcional.

Efecto continuo.— Aquel que se manifiesta con una alteración constante en el tiempo, acumulada o no.

Efecto discontinuo.— Aquel que se manifiesta a través de alteraciones irregulares o intermitentes en su permanencia.

Impacto ambiental compatible.— Aquél cuya recuperación es inmediata tras el cese de la actividad y no precisa prácticas protectoras o correctoras.

Impacto ambiental moderado.— Aquél cuya recuperación no precisa prácticas protectoras o correctoras intensivas y en el que la consecución de las condiciones ambientales iniciales requiere cierto tiempo.

Impacto ambiental severo.— Aquel en el que la recuperación de las condiciones del medio, exige la adecuación de medidas protectoras o correctoras y en el que, aún con esas medidas, aquella recuperación precisa un período de tiempo dilatado.

Impacto ambiental crítico.— Aquél cuya magnitud es superior a un umbral aceptable. Con él se produce una pérdida permanente de la calidad de las condiciones ambientales, sin posible recuperación, incluso con la adopción de medidas protectoras o correctoras.

7. REVISIÓN DE LAS PRINCIPALES METODOLOGÍAS DE EVALUACIÓN DEL IMPACTO AMBIENTAL

Una vez conocidas las alteraciones ambientales que una acción o actividad produce en el medio o en alguno de los componentes, hay que evaluar el impacto neto ambiental que les corresponde.

La selección de una determinada metodología de evaluación, deberá estar en función de la actividad o proyecto concreto, de sus objetivos, de si se evalúan aspectos parciales o se considera la totalidad del proyecto o actividad.

En una primera fase de elaboración del estudio, la relación causa-efecto debe plantearse de forma abierta, con identificación de los factores ambientales y delimitación del sistema en sentido espacial y temporal.

Posteriormente, en una segunda fase, hay que determinar la magnitud del impacto, no existiendo en muchos casos una relación diáfana entre ésta y el volumen de la obra o proyecto.

De los estudios preliminares de impacto ambiental, cuya realización es muy conveniente para todas las alternativas de proyecto que se contemplan, se podrá deducir en primera aproximación la magnitud del mismo.

En resumen, se trata de analizar un sistema complejo constituido por una parte, por los sistemas ecológicos naturales y de otra, por una serie de acciones tecnológicas del hombre y para ello se intenta encontrar un modelo a escala reducida, que nos represente las condiciones existentes, con el que podamos llegar a la percepción y comprensión del comportamiento del sistema.

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

Los «instrumentos» con que se cuenta en el proceso de realización de los E.I.A. pueden agruparse básicamente en:

1. Métodos o modelos de Identificación
2. Métodos o modelos de Previsión o Predicción
3. Métodos o modelos de Evaluación

Dentro de los Métodos de Identificación, los más frecuentemente utilizados pueden ordenarse en:

- a) 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.
- b) Cuestionarios generales o específicos.
- c) Matrices causa-efecto, donde se relacionan acciones humanas con indicadores de impacto, en cuadros de doble entrada.
- d) 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.
- e) Diagramas de flujo que establecen las relaciones de causa-efecto-impacto.
- f) Experiencias recogidas de situaciones similares (escenarios comparados).

En los Métodos de Previsión suelen emplearse modelos reducidos; 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.

En las Metodologías de Evaluación, los trabajos se orientan a calcular la evaluación neta del impacto ambiental y la evaluación global de los mismos.

Una clasificación de carácter general de las diferentes metodologías tanto de tipo cualitativo, como semi-cuantitativas y cuantitativas, es la que a continuación se expone. Si bien, su agrupación en unidades homogéneas de sistematización y objetivos a conseguir, resulta difícil:

1. Métodos tradicionales de evaluación como el sistema beneficio/coste.
2. Técnicas de transparencias y superposiciones gráficas.
3. Métodos numéricos, con el empleo de ratios.
4. Listas de revisión o chequeo.
5. Matrices causa-efecto.
6. Sistemas cuantitativos.
7. Sistemas *ad hoc*.

En bastantes casos, las metodologías integradas en cada uno de estos grupos han sido desarrolladas para la evaluación de unos proyectos concretos, lo cual condiciona su generalización a determinados proyectos. En otros, sólo poseen una validez parcial, o bien, simplemente sirven de base para el desarrollo de un método posterior, más adecuado según la actuación que se pretenda evaluar.

7.1. Métodos tradicionales

En ellos se obtienen valores y ratios de tipo técnico y económico que permiten comparar alternativas (como por ejemplo, el sistema coste-beneficio).

Si bien, estos sistemas no resultan muy adecuados para la evaluación ambiental, debido a la dificultad que presenta, el establecer valores económicos a los distintos factores que van a definir una calidad del medio.

Lo que sí se puede realizar con determinadas técnicas económicas, es la comparación de alternativas tomando un indicador de tipo cualitativo que mida la variación de un parámetro específico.

7.2. Métodos de transparencias y gráficos

Se han empleado frecuentemente en estudios de evaluación de impactos ambientales de usos del territorio, ligados con la planificación y ordenación del mismo (autopistas, ferrocarriles, canales, gasoductos, etc.).

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

La base del método denominado de las transparencias consiste en superponer, sobre un mapa del área del estudio, convenientemente subdividida, transparencias que, mediante códigos de color y 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 graduación de tonos de color puede ser utilizada para dar idea de la mayor o menor magnitud del impacto.

El proceso secuencial de aplicación de este método, una vez delimitada el área geográfica de estudio, es el siguiente:

- a) División del área de estudio en unidades homogéneas.
- b) Recogida de datos de cada unidad.
- c) Elaboración de transparencias para cada factor ambiental y cada alternativa.
- d) Superposición de transparencias.

Para la división del área de estudio en unidades homogéneas, deben tenerse en cuenta los factores físicos del territorio, como la topografía, los usos del suelo, etc.

La superposición de los diferentes resultados, de las distintas transparencias para cada área definida, determinan un dictamen final de la calidad ambiental.

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

- Llevan implícito cierto grado de agregación o suma de impactos, todavía grosera, mediante la superposición de transparencias.
- Ayudan de manera directa a la decisión, pues detectan «corredores de menor impacto».
- Son útiles para localizar geográficamente el impacto, diferenciándolo sustancialmente del resto de métodos que no prestan atención a esa localización espacial.
- Son útiles en la comunicación de resultados, tanto en la forma agregada final como parcialmente, transparencia a transparencia. Ayudan a la comuni-

cación del número, tipo y localización de los receptores del impacto.

- Son también útiles para localizar la ubicación de futuras estaciones de control de determinados impactos, como por ejemplo el ruido.

Como desventaja, por contra, puede mencionarse la siguiente:

- 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 es útil en este sentido, ya que facilita la elaboración de mapas compuestos. Exige, como es lógico, una mayor dotación presupuestaria y cuando es preciso diseñar el programa, más tiempo; pero permite una mayor flexibilidad.

7.3. Métodos numéricos

Los Métodos numéricos efectúan una estimación de la calidad ambiental y de su variación en una determinada zona, debida a una acción o proyecto específico para ella.

Son de empleo parcial sólo para algunos parámetros ambientales y presentan como principal inconveniente su difícil ajuste a los temas ambientales. Entre ellos se pueden mencionar: los sistemas de ratios o tasas, matrices, clasificaciones graduales, etc.

7.3.1. Índices globales de impacto

Metodología donde se trata de definir el impacto en espacio y magnitud, con base a la interpretación de los datos existentes.

Conviene referir las alteraciones producidas a alteraciones homogéneas únicas, que permitan establecer comparaciones entre las distintas alternativas ambientales.

Es práctica común, la elaboración de un «índice global de impacto» que gradúe el nivel de intensidad del conjunto de las alteraciones producidas, teniendo presente la heterogeneidad de éstas.

A su sistematización, puede llegarse, a través de una selección previa de los factores ambientales implicados para los que elegiremos unos indicadores del impacto. Estos darán lugar a unas valoraciones que habrá que transformar en magnitudes representativas, no de su alteración; sino de su impacto neto sobre el medio ambiente. Estas magnitudes deben ser conmensurables al objeto de poder compararlas o incluso sumarlas, dependiendo de que los factores ambientales sean distintos o no. Con ello puede conseguirse la optimización de alternativas y la aceptación ambiental o no del proyecto en aspectos parciales o totales.

Algunos ejemplos de Evaluación mediante un índice global de impacto que pueden citarse, son:

- Índice de evaluación de la implantación de una balsa o escombrera (ITGE, 1988).

$$Q = I \cdot \alpha \cdot (\beta \cdot \theta)^{(n+\delta)}$$

en donde:

- I = Factor ecológico.
- α = Factor de alteración de la capacidad portante del terreno.
- β = Factor de resistencia del cimiento de implantación.
- θ = Factor topográfico.
- n = Factor del entorno humano afectado.
- δ = Factor de alteración de la red de drenaje existente.
- Q = Índice de calidad del emplazamiento.

- I_n = Factor de impacto respecto a la naturaleza del depósito y su relación con el entorno.
- α = Coeficiente de valoración subjetiva.
- β = Coeficiente de calidad de paisaje de la zona.

— Índice de Evaluación Global, obtenido mediante la expresión:

$$I_G = I_m + 1/2 I_p$$

7.4. Las listas de revisión o chequeo

Entre los métodos más sencillos se encuentran las denominadas listas de revisión, analizadas por Clark *et al.* (1978), Calderón (1984), Esteban (1977/1984).

Son métodos de identificación cualitativos y semicuantitativos que pueden ser de varios tipos según incluyan:

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

Cualquiera de estos tres tipos de lista pueden tener pretensiones de exhaustividad y ser, por tanto, de validez general para la evaluación de muchos tipos de proyectos o actuaciones.

Es obvio que cuando la lista es general, hay que efectuar una labor de selección de aquellos elementos apropiados, al tipo de proyecto en primer lugar y al caso particular de que se trate después, y sirven para eliminar acciones que no alteran el medio, factores de éste no afectados con el proyecto o impactos que no se producirán.

Cuando la lista es particular, para un tipo de proyecto o actuación determinado, la selección supone un trabajo menor, puesto que se limita el número de elementos de la lista y puede preverse que la mayoría de ellos serán aplicables al caso de que se trate.

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.

Cualquiera que sea el tipo de lista que se utilice, no constituye una fórmula rígida, pudiendo reducirse o ampliarse.

Como método de evaluación de impactos, tal y como se han definido éstos, las listas de revisión son harto pobres y simplistas, ya que no es un método de tratamiento sistematizado de la información y posterior exposición de resultados propiamente dicho.

Las desventajas más destacables de las listas de revisión 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.

— Índice de evaluación de la explotabilidad de un cono volcánico (ITGE, 1986).

$$I = (0,6.V + 0,3.D + 0,1.C).H.I.J.K.L.M.N.Q.R$$

donde:

- I = Índice de valoración ambiental.
- V = Factor de visualización.
- D = Factor de distancia al centro de consumo.
- C = Factor de características del cono a explotar.
- H = Factor de vegetación autóctona.
- I = Factor de recursos ubicados en parques.
- J = Factor de espacios naturales protegidos.
- K = Factor de instalaciones militares.
- L = Factor de existencia de zonas urbanizadas.
- M = Factor-grado de explotación.
- N = Factor de existencia de estructuras de telecomunicación.
- Q = Factor de cultivos.
- R = Factor-Presencia de industria.

— Índice de impacto sobre el medio físico y recursos naturales.

$$I_m = I_v + I_a + I_w + I_f$$

donde:

- I_m = Índice del medio.
- I_v = Factor de impacto sobre la vegetación natural.
- I_a = Factor de impacto sobre la calidad del aire.
- I_w = Factor de impacto sobre la calidad de las aguas superficiales y subterráneas.
- I_f = Factor de impacto sobre la vida animal.

— Índice de impacto paisajístico y visual

$$I_p = (I_c + I_n) (\alpha + \beta)$$

donde:

- I_p = Índice de impacto paisajístico.
- I_c = Factor de impacto por diferencia de coloración con el entorno físico.
- I_n = Factor de impacto sobre la morfología o relieve del entorno físico.

- No dan interrelaciones entre componentes ambientales, por lo que es difícil detectar efectos secundarios originados por cadenas causa-efecto.
- No ofrecen indicaciones sobre la localización espacial del impacto.

7.4.1. Diagramas de redes

Es un procedimiento que pretende poner de relieve las interacciones entre componentes ambientales y por tanto, las relaciones causa-efecto de segundo, tercero y más alto grado.

Existen diversas variantes del método. Quizás la propuesta por Sorensen en 1971 y analizada por Clark et al. (1978, 1979) sea la más conocida.

Se da una lista de acciones de desarrollo, las cuales se ligan a cambios en el medio ambiente mediante relaciones causa-efecto, lo que en el método se denominan «condiciones de cambio». Las cadenas causa-condición-efecto se limitan a establecer tres etapas. Después de la última columna se incluye una columna vertical adicional para la descripción de los mecanismos de control y las medidas correctoras, en cada caso.

Para la elaboración de la red hay dos requisitos importantes: cada vez que se va a incluir un eslabón en la cadena hay que cuestionarse cuál es la probabilidad de que se produzca esa condición de cambio y si ésta tiene la suficiente entidad para incluirla en la red. Obviamente, estas cuestiones han de ser resueltas por especialistas en cada campo de conocimiento.

Las redes pueden ser elaboradas manualmente o con ayuda de un ordenador. La simulación en ordenador puede producir una mayor cantidad de información, la cual debe ser convenientemente analizada y seleccionada.

Lo más destacable del método es que identifica efectos primarios, secundarios y terciarios y las relaciones causa-efecto que origina esa cadena. Sin embargo, esa identificación se convierte 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 metodología permite identificar de manera sencilla la existencia de esas interacciones y su naturaleza.

Las redes tienden, sin embargo, a ser complejas y la ayuda del ordenador resulta imprescindible para simplificar la evaluación.

Su comprensión en algunos casos, resulta difícil.

7.5. Las matrices causa-efecto

Son métodos de identificación y valoración preliminar, cualitativos que realizan un análisis de la correspondencia entre una acción y sus efectos sobre el medio.

Estos sistemas han demostrado su aptitud para valorar cualitativamente varias alternativas de un mismo proyecto.

Asimismo, son especialmente útiles en evaluaciones preliminares, pues permiten una primera aproximación al impacto.

7.5.1. Método de Leopold

El sistema más conocido dentro de las metodologías de identificación es el de Leopold et al. Fue el primer método que se estableció para las evaluaciones de impacto ambiental, a requerimiento del Ministerio del Interior USA para su Servicio Geológico en 1971.

Se trata de un sistema de información cualitativo, no sistemático, entendiéndose por esto último como una metodología que no ordena el proceso a establecer, a partir de los datos existentes o generados en cuanto a magnitud de efectos o alteraciones, los valores que les corresponden de calidad ambiental resultante y de ponderación de los mismos, a efectos de comparación, dejando estas evaluaciones a juicio del realizador del estudio y ofreciendo únicamente un sistema de presentación y síntesis de datos.

El sistema utiliza básicamente una matriz, en la que las entradas, según columnas, son acciones del hombre que pueden alterar el medio ambiente y según las filas, son características del medio susceptibles de ser alteradas (factores ambientales). (Fig. 3).

En la matriz original están recogidas 100 acciones y 88 efectos ambientales de los que resultan 8.800 interacciones, aunque solamente algunas de ellas, determinan alteraciones cuya magnitud e importancia merecen ser consideradas.

Como es fácil comprender, a cada proyecto no se aplicarán todas las acciones listadas, y del mismo modo puede ocurrir que, para ciertos proyectos, las interacciones resultantes no estén listadas en la matriz, con lo que pueden olvidarse algunos efectos peculiares del proyecto.

7.6. Sistemas cuantitativos

Dentro de los Sistemas cuantitativos hay unos métodos globales, con el de Battelle y otros parciales, como los índices agregados que se emplean en los modelos físico-matemáticos, de determinados factores ambientales (modelos de valoración de la calidad del aire o del agua, o de la emisión de contaminantes a la atmósfera, por ejemplo).

Estos métodos tienen como función analítica, la predicción y son los que más se utilizan en la evaluación de impactos físicos.

Su aplicación correcta requiere operar con registros fiables, medidos *in situ*.

7.6.1. Método de Evaluación de Battelle

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. (Fig. 4).

La metodología fue elaborada por los laboratorios Battelle-Columbus de Estados Unidos, como base para la evaluación de los estudios de impacto ambiental de proyectos de planificación de recursos de agua. Sin embargo, puede extenderse su metodología de aplicación a otro tipo de proyectos.

MATRIZ DE IMPACTOS AMBIENTALES

		ACCIONES QUE PUEDEN CAUSAR EFECTOS AMBIENTALES										EVALUACIONES		
		OPERACIONES DE INFRAESTRUCTURA			PROCESOS DE ARRANQUE	PROCESOS DE VERTIDO Y TRANSPORTE	PROCESOS DE CLASIFICACION Y TRATAMIENTO	CREACION DE ESCOMBRERAS						
		CONSTRUCCION EDIF. Y PLANTAS TRATAMIENTO	NUEVOS VIAJES	DESAGÜES Y DRENAJES				IMPLANTACION	ACCIONES SOBRE LA RED DE DRENAJE	MEDIDAS CORRECTIVAS (RESTAURACION)				
FACTORES AMBIENTALES	IMPACTO GEOAMBIENTAL	TIERRA	SUELO	-6	-4	-2	-10	-8	-9	-10		+10	-41	
			MORFOLOGIA	-2	-1		-10			-10			+5	-18
		AGUA	SUPERFICIALES	-2	-1	-5	-5		-10	-8	+10	+5		-16
			SUBTERRANEAS				-5		-8		+8	+5		0
			CALIDAD						-10		+2	+7		-1
		ATMOS.	COMPOSICION (Gases, polvo)				-3	-5					+3	-5
	RUIDOS					-5	-8	-2					5	-15
	PROCESOS	EROSION			-4	-6				-7	+4	+5	-8	
					1	5				5	7	7	-3	
		INUNDACION				-5				-5	+2	+5	0	
							7			6	8	7	-2	
		SEDIMENTACION							-5		+5	7	0	
		SUBSIDENCIA							-2				-2	
		INESTABILIDADES							-7		+7		0	
		DISOLUCION							-5		+5		0	
	COMPACTACION Y ASIENTOS					+10	10					+10		
	IMPACTO BIOAMBIENTAL	FLORA	ARBOLES	-5	-1		-10		-3	-10		+10	-19	
			ARBUSTOS Y VEG. HERBACEAS	-8		2	-8		-3	-4	+1	+7	-15	
			MICROFLORA						-5					-5
		FAUNA	AVES					-2	-2					-4
ANIMALES TERRESTRES					-5	-3	-3	-4	+2	+2		11		
MICROFAUNA							-5					-5		
IMPACTOS SOCIO-ECONOMICOS		CULTIVOS							-3	+6		+3		
		VISTAS PANORAMICAS Y PAISAJES	-10			-10		-5	-10		+5	-30		
		ESPACIOS ABIERTOS				-10			-10		+2	-18		
		EMPLEO	+5			-10	-10		+2		+2	+29		
		USOS DEL SUELO (Turismo, etc.)				-5			-5		+8	-2		
EVALUACIONES			-30	-7	-11	87	-6	-65	-103	35	98			
			48	11	5	117	49	74	120	64	140			

Figura 3. Ejemplo de matriz de Impactos Ambientales.

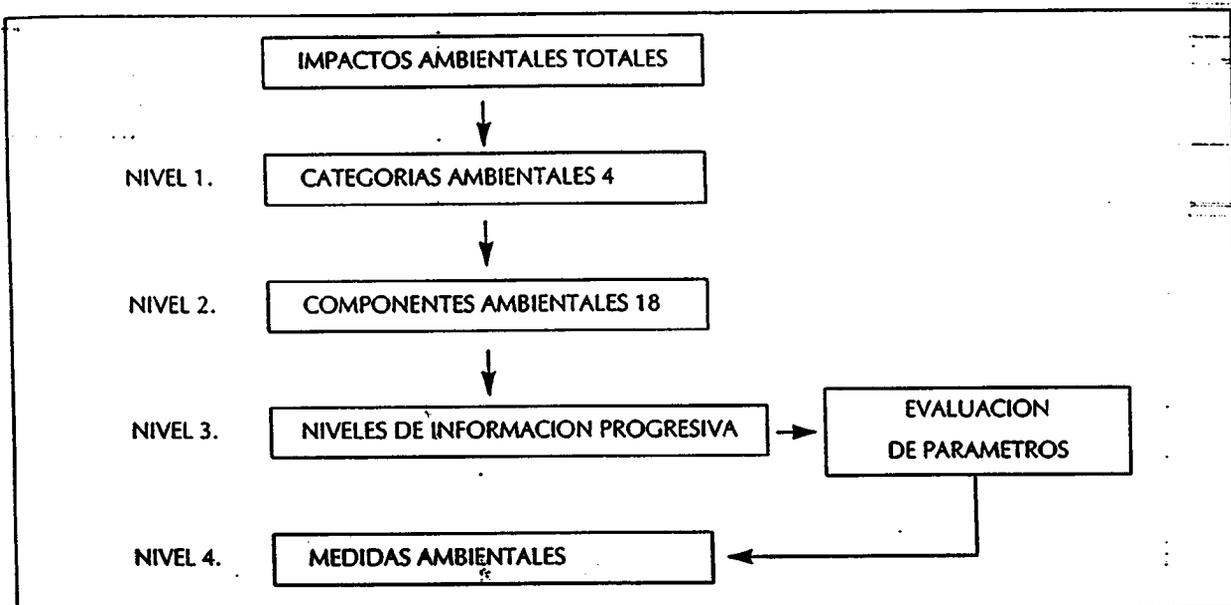
Formato de muestra	Escala de evaluación			
Localización del Proyecto _____	_____			
Nombre del Proyecto _____	_____			
Fecha de la evaluación _____	_____			
Lugar evaluado _____	_____			
ECOLOGIA				
Especies y Poblaciones	Valor, Unid. Impacto Amb. (UIA)			
Terrestres	Con Proyecto	Sin Proyecto	Cambio Neto	Sobres de oferta
(14) Pastizales y praderas				
(14) Cosechas				
(14) Vegetación natural				
(14) Especies dafinas				
(14) Aves de caza continentales				
Acuáticas				
(14) Pesquerías comerciales				
(14) Vegetación natural				
(14) Especies dafinas				
(14) Pesca deportiva				
(14) Aves acuáticas				
(140) Subtotal				
Hábitats y comunidades				
Terrestres				
(12) Cadenas alimentarias				
(12) Uso del suelo				
(12) Especies raras y en peligro				
(12) Diversidad de especies				
Acuáticas				
(12) Cadenas alimentarias				
(12) Especies raras y en peligro				
(12) Características fluviales				
(14) Diversidad de especies				
(100) Subtotal				
Ecosistemas				
Factores estéticos				
(240) Ecología Total				
FACTORES ESTETICOS				
Suelo	Valor, Unid. Impacto Amb. (UIA)			
(6) Material geológico superficial	Con Proyecto	Sin Proyecto	Cambio Neto	Sobres de oferta
(16) Relieve y caracteres topográficos				
(10) Estación y alineaciones				
(32) Subtotal				
Aire				
(3) Olor y visibilidad				
(2) Sonidos				
(5) Subtotal				
Agua				
(10) Presencia de agua				
(16) Interfase suelo y agua				
(5) Olor y materiales flotantes				
(10) Area de la superficie de agua				
(10) Márgenes arboladas y geológicas				
(52) Subtotal				
Biota				
(5) Animales domésticos				
(5) Animales salvajes				
(9) Diversidad de tipos de vegetación				
(5) Variedad dentro de los tipos de vegetación				
(24) Subtotal				
Objetos Artesanales				
(10) Objetos artesanales				
(10) Subtotal				
Composición				
(15) Efectos de composición				
(15) Elementos singulares				
(30) Subtotal				
(153) Total Factura Estéticos				
CONTAMINACION AMBIENTAL				
Contaminación del Agua	Valor, Unid. Impacto Amb. (UIA)			
(20) Pérdidas en las cuencas hidrográficas	Con Proyecto	Sin Proyecto	Cambio Neto	Sobres de oferta
(25) D.B.O.				
(32) Oxígeno disuelto				
(18) Coliformes locales				
(22) Carbono inorgánico				
(25) Nitrogeno inorgánico				
(28) Fosforo inorgánico				
(16) Pesticidas				
(18) pH				
(28) Variaciones de flujo de la corriente				
(28) Temperatura				
(25) Sólidos disueltos totales				
(14) Sustancias tóxicas				
(20) Turbidez				
(318) Subtotal				
Contaminación Atmosférica				
(5) Almondido de carbono				
(5) Hidrocarburos				
(10) Óxidos de nitrógeno				
(12) Partículas sólidas				
(5) Oxidantes fotoquímicos				
(10) Óxidos de azufre				
(6) Otros				
(52) Subtotal				
Contaminación del Suelo				
(14) Uso del suelo				
(14) Erosión				
(26) Subtotal				
Contaminación por Ruido				
(4) Ruido				
(4) Subtotal				
(402) Contaminación Ambiental Total				
FACTORES DE INTERES HUMANO				
Valores Educativos y Científicos	Valor, Unid. Impacto Amb. (UIA)			
(13) Arqueológico	Con Proyecto	Sin Proyecto	Cambio Neto	Sobres de oferta
(13) Ecológico				
(11) Geológico				
(11) Hidrológico				
(48) Subtotal				
Valores históricos				
(11) Arquitectura y estilos				
(11) Acontecimientos				
(11) Personales				
(11) Religiones y culturas				
(11) «Frontera del Oeste»				
(55) Subtotal				
Culturas				
(14) Indios				
(7) Otros grupos étnicos				
(7) Grupos religiosos				
(28) Subtotal				
Donaciones				
(11) Admiración				
(11) Aislamiento, sociedad				
(4) Misterio				
(11) Integración con la naturaleza				
(37) Subtotal				
Estilos de vida (Patrones culturales)				
(13) Oportunidad de empleo				
(13) Vivienda				
(11) Interacciones sociales				
(37) Subtotal				
(206) Total Factores de interés humano				
<p>0: Unidades de Importancia del Parámetro (UIP) Unidades de Impacto Ambiental=Unidades de Importancia del Parámetro x Calidad Ambiental UIA = (UIP) x (CA)</p>				
<p>I. Ecología II. Contaminación Ambiental III. Factores Estéticos IV. Factores de Interés Humano TOTAL</p>				

Figura 4. Método de Evaluación de Battelle.

La base del sistema es la definición de una lista de indicadores de impacto, 78 parámetros ambientales, que representan una unidad o un aspecto del medio natural que merece considerarse por separado. Su evaluación es precisamente la representación del impacto ambiental, originado por la acción o proyecto en cuestión.

Estos parámetros están ordenados en un primer nivel 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 (Cuadro 1).

- Biota.
- Objetos artesanales.
- Composición.
- Aspectos educacionales y científicos.
- Valores históricos.
- Culturas.
- Sensaciones.
- Estilos de vida.



Cuadro 1. Niveles en la metodología de Battelle.

Las «categorías ambientales» definidas son:

- Ecología.
- Contaminación.
- Aspectos estéticos.
- Aspectos de interés humano.

y los 18 «componentes ambientales» que se ordenan en ellas son:

- Especies y poblaciones.
- Hábitats y comunidades.
- Ecosistemas.
- Contaminación del agua.
- Contaminación atmosférica.
- Contaminación del suelo.
- Ruido.
- Suelo.
- Aire.
- Agua.

La base del sistema es pues, una lista de parámetros ambientales con los que se pretende obtener:

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

El modelo de Battelle, trata de definir un sistema operativo en el que los parámetros ambientales sean evaluados en unidades comparables, que sean el resultado de mediciones en lo posible. Para ello contempla unas fases de transformación de datos en «Unidades de Impacto Ambiental» (U.I.A.) definidas por:

- Fase 1. Transformación de los datos en su correspondiente equivalencia, según la función representativa de calidad ambiental para el indicador de impacto correspondiente.
- Fase 2. Ponderar la importancia del parámetro considerado, según su importancia relativa dentro del medio ambiente.

Fase 3. Expresar a partir de las fases 1 y 2, el impacto neto como diferencias entre los resultados de multiplicar el índice de calidad por su índice ponderal.

El modelo permite tomar medidas correctoras al objeto de minimizar el impacto ambiental del proyecto, tanto globalmente como en sus distintos sectores.

Asimismo, dispone de un «sistema de alerta» para considerar ciertas situaciones críticas, puesto que, aunque el impacto ambiental global sea admisible, pueden existir algunos parámetros que hayan sido afectados de forma inaceptable, desencadenando impactos que deben requerir la máxima atención.

7.7. Metodologías *Ad Hoc*

Los Métodos *ad hoc* utilizan una o varias de las metodologías citadas anteriormente, dado que cada proyecto o

acción puede requerir un modelo específico de evaluación que se adapte a unas características propias.

Estos modelos cubren generalmente las siguientes etapas:

- Identificación de acciones del proyecto o actividad.
- Inventario ambiental de la zona.
- Determinación de factores ambientales implicados.
- Predicción y cálculo de la magnitud de los efectos.
- Interpretación y evaluación de los resultados.
- Documento síntesis de las conclusiones.

Por último, los métodos de Evaluación de Impacto Ambiental, deben contar con procedimientos de expresión de resultados que sinteticen la información elaborada, así como, con formas sencillas de comunicarla.

BIBLIOGRAFIA

BOLETIN OFICIAL DEL ESTADO. Nº 239.

ESTEBAN BOLEA, M.T. (1984): *Evaluación del Impacto Ambiental*. MAPFRE.

GOMÉZ OREA, D. (1985): *Metodología General para Evaluación del Impacto Ambiental*. M.O.P.U.

G. RAU, J. AND WOOTEN, D. (1980): *Environmental Impact Analysis*, M.C. Graw-Hill.

LEOPOLD *et al.* (1971): A procedure for evaluating environmental impact. *Geol. Surv.*, 645.

SANZ CONTRERAS, J.L. (1988): *Metodologías de evaluación de impactos ambientales en minería a cielo abierto*. Fund. Gómez Pardo.

IDENTIFICACION Y EVALUACION DE I.A. SOBRE LA GEA

Barettino Fraile, Daniel (*)

RESUMEN

En este texto se presentan los impactos más comunes, importantes y frecuentes sobre los factores ambientales de la Gea, que hay que tener en cuenta en la Evaluación del Impacto Ambiental de un determinado proyecto, obra o actividad.

Los elementos del medio y los factores ambientales considerados bajo el término de Gea son los constituyentes del soporte abiótico del medio: tierra, atmósfera, agua y procesos geofísicos.

Se tratan los aspectos metodológicos de la identificación y valoración de impactos sobre la Gea, de acuerdo con lo establecido en la legislación española de Evaluación del Impacto Ambiental (R.D.L. 1302/86 y R.D.L. 1131/88), y con el esquema metodológico allí incluido.

Se presentan una serie de posibles indicadores de impacto y técnicas de previsión de impactos sobre los distintos factores ambientales que constituyen la Gea.

Palabras clave: Gea, Impacto Ambiental, Identificación, Valoración, Indicadores de Impacto, Técnicas de previsión.

1. INTRODUCCION

Los elementos del medio y los factores ambientales aquí considerados bajo el término general de Gea, son los constituyentes del soporte abiótico del medio. La Gea, pues, está constituida por una serie de elementos ambientales: tierra, atmósfera, agua y procesos geofísicos. Se ha incluido aquí también el paisaje como elemento componente de la Gea, si bien está compuesto por factores ambientales que pertenecen a ésta, a la Flora, a la Fauna y al medio social y económico.

Cada elemento del medio constituyente de la Gea está caracterizado por una serie de factores ambientales, de manera que para hablar de impacto ambiental sobre la Gea hay que hacerlo de los diferentes impactos sobre estos factores ambientales.

En este trabajo se presentan los impactos más comunes, importantes y frecuentes sobre los factores ambientales de la Gea, que hay que tener en cuenta en la Evaluación del Impacto Ambiental de un determinado proyecto, obra o actividad. Se tratan, asimismo, los aspectos metodológicos de la identificación y valoración de impactos sobre la Gea, de acuerdo con lo establecido en la legislación española de Evaluación del Impacto Ambiental (R.D.L. 1302/86 y R.D.L. 1131/88), y con el esquema metodológico allí incluido.

Se entenderá el impacto ambiental sobre un determinado factor ambiental como la diferencia entre la evolución de este factor sin y con proyecto. Este impacto va a depender por una parte de las características del proyecto, obra o actividad, y por otra parte de las características ambientales del lugar donde se proyecta. Para poder identificar y predecir los posibles impactos es necesario conocer previamente los elementos y factores del medio susceptibles de recibir impactos, así como las acciones del proyecto susceptibles de provocar efectos sobre dichos elementos y factores ambientales. Una vez realizado este paso, se procede a la identificación de las relaciones causa-efecto, es decir, a la identificación de impactos, pasando posteriormente a caracterizar y valorar estos efectos.

2. INVENTARIO AMBIENTAL

Cifándonos a lo estipulado en el Reglamento sobre Evaluación de Impacto Ambiental (R.D.L. 1131/88), es necesario en el proceso de E.I.A. realizar un Inventario Ambiental que contemple la descripción del estado actual del medio (estado cero o preoperacional), así como una predicción de su evolución sin proyecto.

Los elementos y factores ambientales del medio considerados en este trabajo son:

ELEMENTO DEL MEDIO	FACTOR AMBIENTAL	ELEMENTO DEL MEDIO	FACTOR AMBIENTAL
Tierra	Suelo, Morfología, Elementos singulares, Recursos minerales y rocas industriales	Procesos Geofísicos	Dinámica de los cauces, Zonas inundables, Erosión, Sedimentación, Estabilidad de laderas, Subsistencia, Sismicidad inducida, Vibraciones, Propagación del oleaje, Corrientes litorales, Recarga de acuíferos
Atmósfera	Composición de la Atmósfera, Clima, Ruidos, Olores		
Agua	Aguas subterráneas, Aguas superficiales	Paisaje	Calidad del Paisaje, Incidencia visual

(*) Ingeniero de Minas. Area de Ingeniería Geoambiental. Instituto Tecnológico Geominero de España. C/ Ríos Rosas, nº 23. 28003 Madrid.

Los elementos y factores ambientales que constituyen la Gea se pueden inventariar en términos cartográficos, si bien hay que tener en cuenta que la escala de representación debe ser flexible, adaptándose a cada caso particular y etapa del proyecto. Una información excesivamente minuciosa y prolija puede distorsionar las características del medio, mientras que una información escasamente detalla-

da puede ocasionar omisiones en los elementos importantes.

A la hora de valorar los impactos y comparar alternativas puede ser muy interesante valorar el inventario ambiental. Esta valoración se realiza sobre las unidades diferenciadas de cada componente del medio, existiendo gran canti-

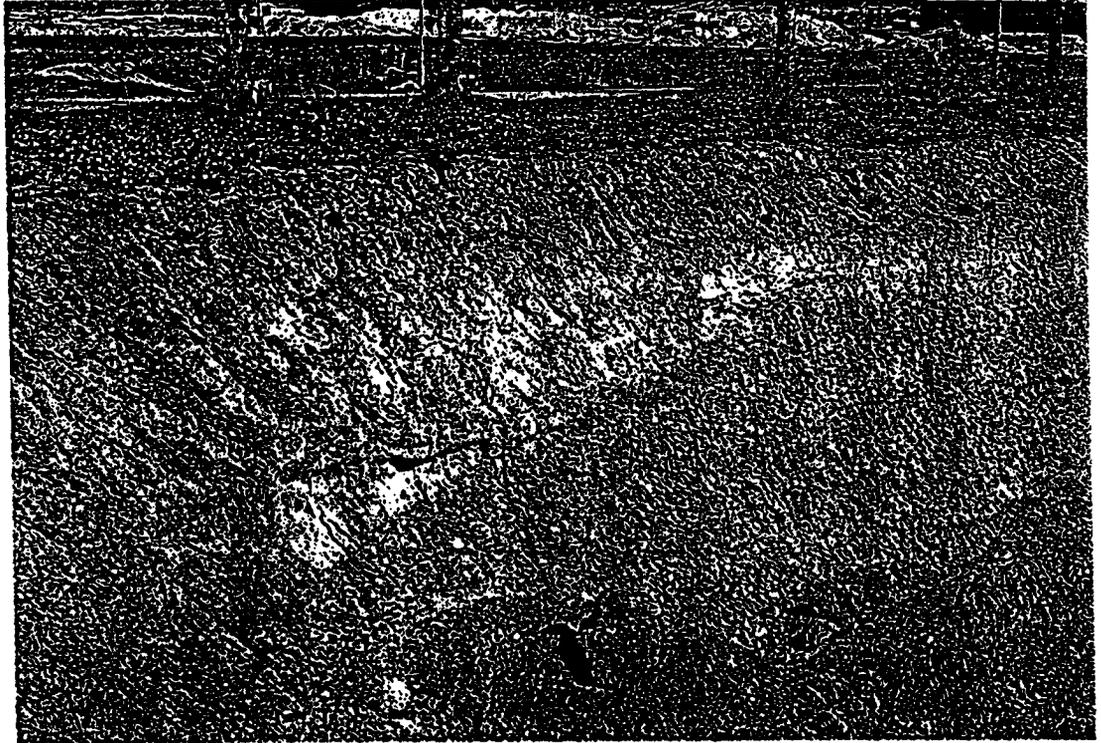


Foto 1. Impacto sobre el suelo. Pérdida de suelo en una gravera.

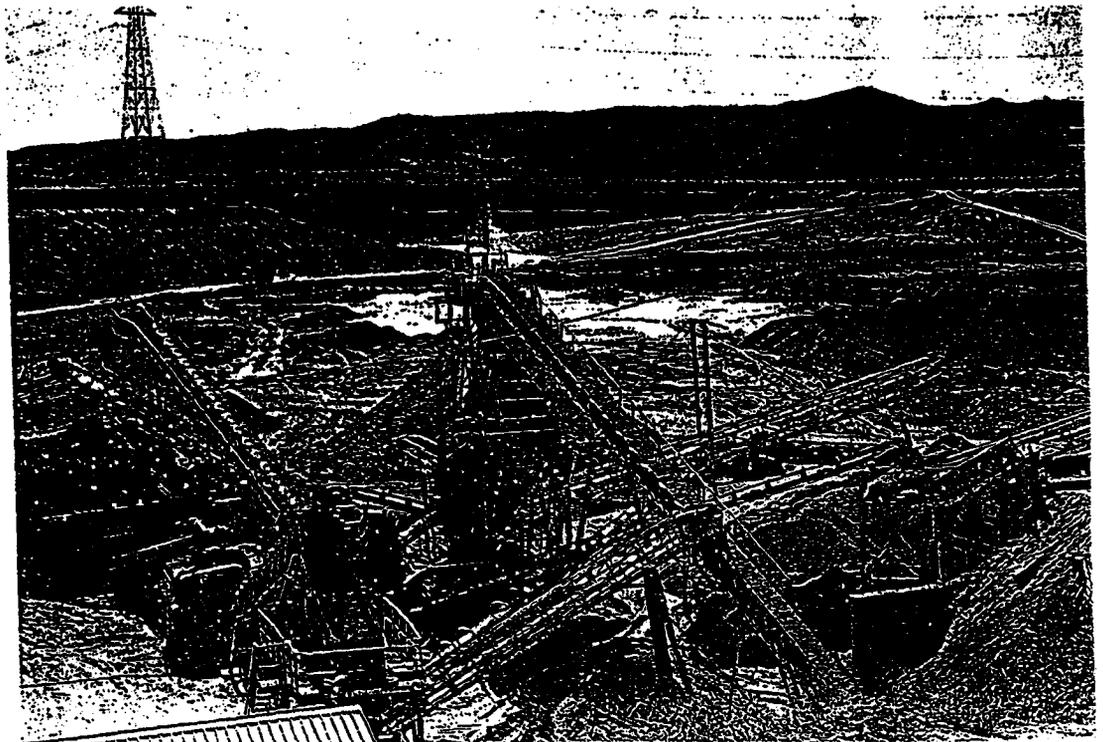


Foto 2. Impactos sobre la atmósfera. Alteración de la composición en fase sólida por emisión de polvo en la planta de clasificación de una gravera.

dad de criterios de valoración. Algunos de estos criterios se citan en MOPU, 1989, a: legislativo, diversidad, rareza, naturalidad, productividad, grado de aislamiento, calidad.

Las metodologías de valoración van desde la asignación de un valor numérico a cada unidad, hasta valoraciones cualitativas. En todos estos métodos existe una alta carga de subjetividad, introducida sobre todo en la selección de los criterios de valoración.

3. ACCIONES QUE CAUSAN IMPACTOS AMBIENTALES

Para poder identificar las acciones del proyecto susceptibles de provocar impactos sobre los factores ambientales aquí considerados es necesario primeramente diferenciar las distintas fases de dicho proyecto. Estas, en general

- Ocupación del suelo por la infraestructura, industria, explotación minera, etc.
- Emisión de contaminantes, tanto a la atmósfera como vertidos a las aguas y al suelo.
- Eliminación de la cubierta vegetal.
- Desviación temporal o permanente de los cursos de agua.
- Construcción de pistas y accesos.

Para cada proyecto en concreto es necesario determinar todos los elementos y acciones de cada fase que pueden generar impactos, para lo que se recurre a los diversos instrumentos existentes:

- Listas de chequeo, que dan las posibles acciones para proyectos tipo.

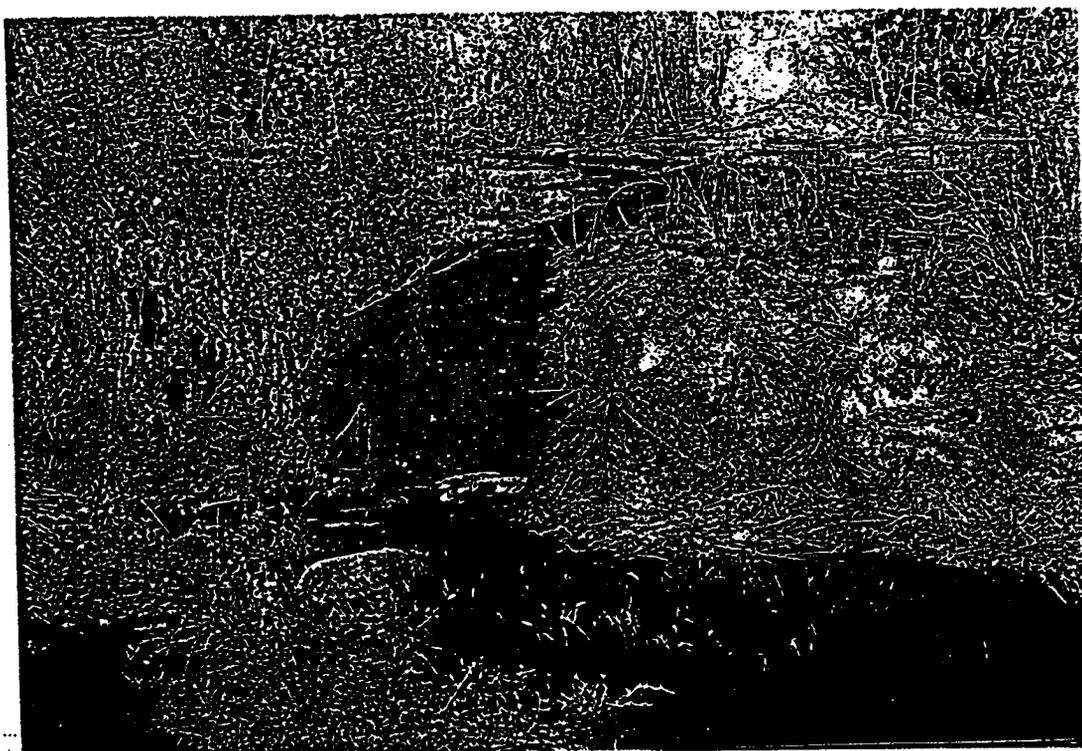


Foto 3. Impacto sobre las aguas superficiales. Alteración de la calidad por contaminación por lixiviado en un vertedero.

para todo proyecto, se pueden dividir en fase de estudios previos y redacción del proyecto, ejecución, explotación y abandono.

Las acciones desencadenantes de efectos en cada una de estas fases sobre los distintos factores ambientales son diferentes para cada tipo de proyecto, si bien se puede afirmar que hay una serie de acciones comunes a muchos tipos de proyecto que provocan efectos importantes sobre los elementos y factores ambientales que constituyen la Gea. Estas acciones son:

- Movimiento de tierras, que está presente en casi todo tipo de proyectos, desde las explanaciones para implantación de industrias e infraestructuras hasta los grandes movimientos de tierras que se producen en minería de cielo abierto.

- Consulta a paneles de expertos.
- Escenarios comparados.
- Matrices generales de relación causa-efecto (Leopold, etc.), cuya entrada por columnas da un amplio conjunto de acciones susceptibles de generar impactos.
- Matrices particulares de relación causa-efecto para proyectos tipo (Grandes Presas, etc.).

Estas acciones han de determinarse cuantitativamente en magnitud (superficie y volumen ocupados, cantidad de residuos, etc.), flujo (caudal del vertidos, etc.), localización espacial y temporal.

Foto 4. Alteración de la dinámica fluvial y de las zonas inundables por ubicación de una escombrera de pizarras invadiendo el cauce.

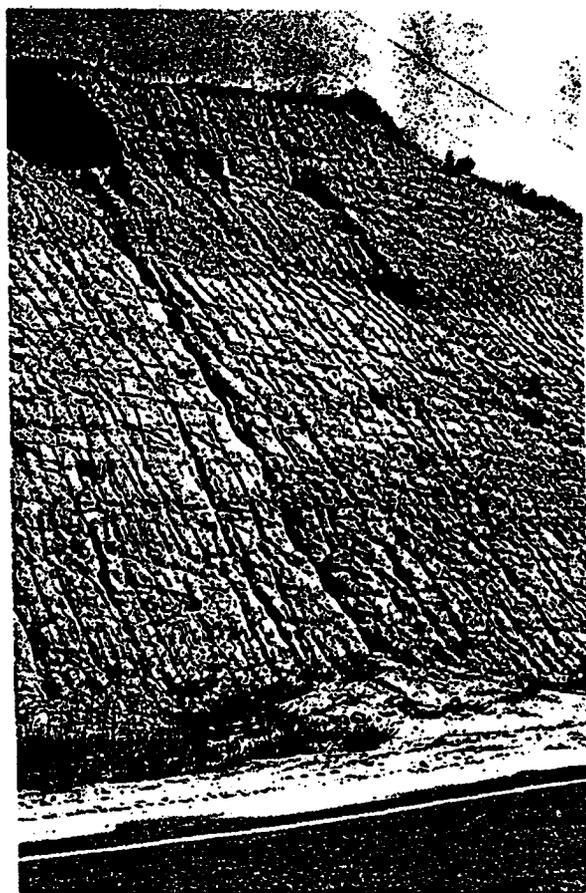


Foto 5. Erosión en un talud excavado de carretera.

4. IDENTIFICACION Y PREDICCIÓN DE IMPACTOS

La identificación y predicción de impactos recurre a las siguientes técnicas:

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

Sea cual fuere la técnica empleada es aconsejable una profunda reflexión sobre las acciones del proyecto y elementos del medio susceptibles de recibir impactos en el caso concreto que se analiza, de manera que sean introducidas las modificaciones necesarias a los casos generales que se reflejan en algunas de estas metodologías de identificación. En pocas palabras, aunque la información que estas técnicas suministran es muy útil y sirve de punto de partida, es recomendable establecer para cada caso particular las relaciones causa-efecto, en función de las acciones concretas del proyecto de ese caso particular y de la situación preoperacional del medio en la localización espacial donde se vaya a llevar a cabo.

Los impactos sobre la Gea pueden ser directos sobre los elementos y factores ambientales que la componen, o bien pueden ser directos sobre la vegetación que después repercuten indirectamente sobre la Gea; o bien directos sobre un factor ambiental de la Gea que repercute posteriormente indirectamente sobre otros factores de la Gea, o de la Fauna, o de la Flora, o del Medio Económico y Social; o bien directos sobre el Medio Económico y Social que indirectamente afectan a los factores ambientales de la Gea.

Como ejemplos de esta interrelación entre los distintos elementos y factores del medio se pueden citar:

- el impacto directo sobre la Flora que supone la destrucción de la cubierta vegetal lleva asociados indirectamente impactos sobre los suelos (pérdida de suelo), sobre las aguas superficiales y subterráneas, sobre los procesos geofísicos (inestabilidad de lade-

ras, erosión, etc.) , además de impactos sobre la fauna y el medio social y económico.

- el impacto directo sobre el medio social y económico que supone la redistribución espacial de la población puede llevar asociados impactos sobre la vegetación y los suelos (abandono de labores de cultivo tradicional, pérdida de calidad de los suelos, etc.), la fauna, etc.

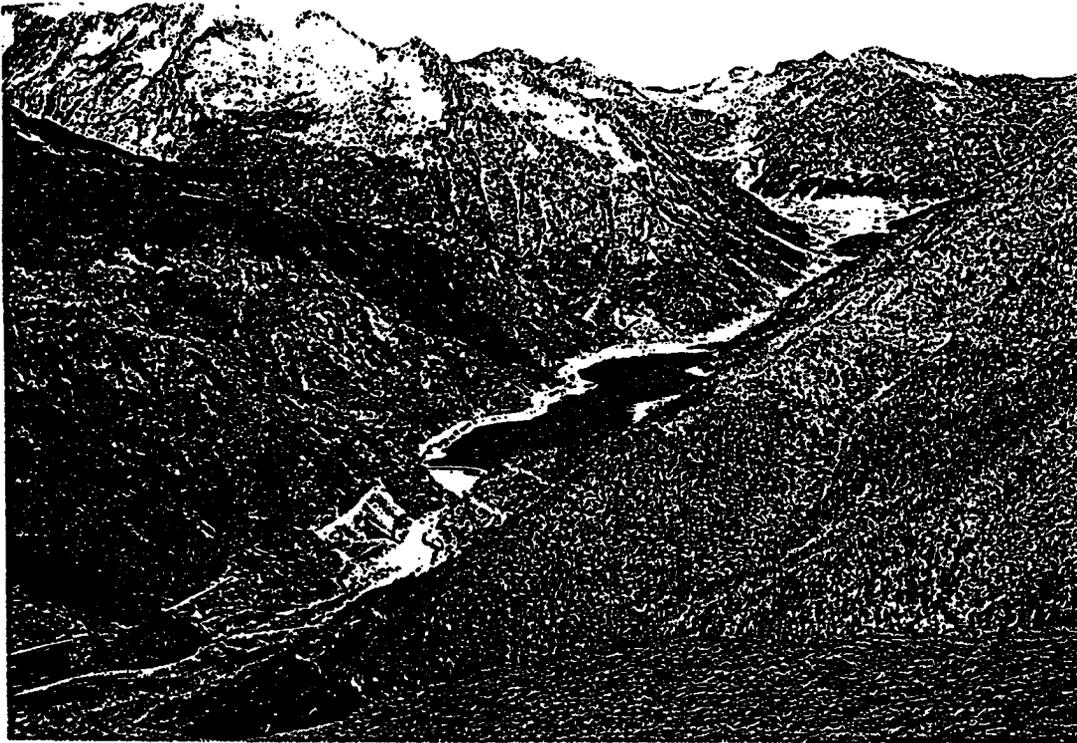


Foto 6. Alteración de la dinámica fluvial y del flujo de los caudales por construcción de una presa. Impacto visual y sobre el paisaje producido por el embalse y la carretera.



Foto 7. Impacto sobre la morfología, visual y sobre el paisaje en explotación minera de caolín. Se observa como en la zona inferior de la escombrera se están llevando a cabo medidas correctoras de impacto, mediante la revegetación por hidrosiembra de especies vegetales autóctonas.

- el impacto sobre las aguas que supone la alteración de su calidad lleva asociados impactos sobre la Flora y Fauna e incluso sobre la salud humana.

Estos ejemplos pueden servir para poner de manifiesto que las técnicas de identificación de impactos en las que quedan reflejadas las relaciones causa-efecto indirectas (redes o gráficos de interacción, matrices cruzadas o de acción recíproca) dan una visión más completa de los posibles impactos sobre todos los elementos del medio.

5. IMPACTOS MAS COMUNES, IMPORTANTES Y FRECUENTES SOBRE LA GEA

En la tabla 1 se pueden observar los impactos más importantes sobre los elementos y factores ambientales de la Gea, que se presentan comúnmente y frecuentemente en muchos tipos de proyectos.

Esta tabla se ha construido a partir del análisis y la reflexión del autor de este trabajo, habiéndose incorporado información existente en los siguientes trabajos y publicaciones: Berenguer, 1984; CEOTMA, 1982; De Paz *et al.*, 1990; García Sencherms, 1984; Gómez Orea, 1986; IT-GE, 1989; Jiménez Beltrán, 1984 a y b; MOPU, 1989 a, b, c.; Porras, 1984; Sanz Sa, 1989; Vadillo, 1988; Villarino, 1984 a y b. También se han incorporado ideas y sugerencias surgidas de la discusión con los siguientes técnicos: Vadillo, L; Gallego, E; Callaba, A, y Mulas, J.

En la tabla 2, se pueden observar los impactos generados por los proyectos sometidos obligatoriamente a EIA según la legislación vigente (R.D.L. 1302/86 y R.D.L. 1131/88), si bien es una tabla de carácter general, y en cada caso concreto el proyecto puede o no puede afectar a los elementos y factores ambientales marcados, o afectar a otros no marcados.

6. CARACTERIZACIÓN Y VALORACION DE IMPACTOS

La caracterización de los impactos se realiza según diversos criterios, como por ejemplo:

- Según su carácter genérico o signo : beneficioso o positivo; adverso o negativo.
- Según el tipo de relación causa-efecto : directos e indirectos.
- Según la existencia o no de sinergia o acumulación.

- Según la proyección en el tiempo : temporal o permanente.
- Según la proyección en el espacio: localizado o puntual; extensivo.
- Según la cuenca espacial del impacto : próximo a la fuente o alejado de la fuente.
- Según su reversibilidad por los propios mecanismos del medio : reversible o irreversible.
- Según su recuperabilidad con medidas correctoras : recuperable o irrecuperable.

La técnica utilizada de valoración de los impactos sobre cada factor ambiental será función de la metodología aplicada a la evaluación global del impacto sobre el medio, siendo ésta a su vez función de las características del problema concreto (número de factores ambientales y de acciones, cantidad y calidad de los datos, etc.), de los objetivos perseguidos y de los medios disponibles para efectuar la previsión de la magnitud del impacto.

Así, la valoración puede ser cualitativa, a partir de la caracterización de los impactos, estableciendo una escala cualitativa de la magnitud del impacto : compatible-moderado-severo-crítico.

Si se lleva a cabo una valoración cuantitativa del impacto sobre cada factor, la técnica más recomendable es la utilización de indicadores de impacto. Un indicador de impacto es un parámetro ambiental que debe de cumplir una serie de requisitos para ser útil en la valoración de la magnitud del impacto: ser representativo, relevante, excluyente, medible y de fácil identificación.

En la tabla 1 se presentan una serie de posibles indicadores para los distintos impactos sobre los elementos y factores ambientales que componen la Gea. Es ésta una referencia orientativa, pues en cada proyecto será necesario elaborar una lista propia de indicadores en función de las características del medio y, sobre todo, de los medios y técnicas disponibles de previsión.

Las técnicas de previsión que se pueden utilizar son:

- Escenarios comparados
- Previsiones teóricas
- Experimentación o simulación *in situ*
- Modelos físicos a escala reducida
- Modelos matemáticos de simulación

TABLA 1

IMPACTOS MAS COMUNES, IMPORTANTES Y FRECUENTES SOBRE LA GEA

ELEMENTO DEL MEDIO	FACTOR AMBIENTAL	IMPACTO	POSIBLES INDICADORES DE IMPACTO/UNIDAD DE MEDIDA	TECNICAS DE PREVISION	
1. Tierra.	1.1. Suelo.	1.1.1. Destrucción directa.	<ul style="list-style-type: none"> Superficie afectada ponderada por su calidad. Rentabilidad potencial valorada monetariamente. 	<ul style="list-style-type: none"> Directa: medición de la superficie afectada. 	
		1.1.2. Contaminación.	<ul style="list-style-type: none"> Contenido en metales (ppm). Contenido en sales. 	<ul style="list-style-type: none"> Experimentación. Escenarios comparados. 	
		1.1.3. Alteración de las características edáficas.	<ul style="list-style-type: none"> Superficie que disminuye de categoría en términos de clases agrológicas. Cambio en la rentabilidad potencial del suelo. 	<ul style="list-style-type: none"> Escenarios comparados. 	
	1.2. Morfología.	1.2.1. Alteración de la topografía.	<ul style="list-style-type: none"> Superficie total modificada ponderada por su interés actual. Volumen del movimiento de tierras. 	<ul style="list-style-type: none"> Directa: medición de la superficie afectada o del volumen del movimiento de tierras. 	
2. Atmósfera.	1.3. Elementos singulares.	1.3.1. Destrucción de P.I.G. y monumentos naturales.	<ul style="list-style-type: none"> Número total ponderado por su interés. Superficie total ponderada por su interés. 	<ul style="list-style-type: none"> Directa: medición del número de elementos singulares afectados o de la superficie afectada. 	
		1.4. Recursos minerales y rocas industriales.	1.4.1. Pérdida de recursos naturales.	<ul style="list-style-type: none"> Superficie ocupada ponderada por su interés económico. 	<ul style="list-style-type: none"> Directa: medición de la superficie ocupada y ubicación de los recursos.
		2.1. Componentes de la atmósfera.	2.1.2. Alteración de la composición en fase gaseosa.	<ul style="list-style-type: none"> Superficie territorial afectada por los distintos niveles de inmisión (SO₂, NO_x, CO, HC, SH₂, NH₃, O₃...). Superficie ocupada de distinta capacidad dispersante. 	<ul style="list-style-type: none"> Modelos matemáticos de simulación de dispersión atmosférica de fuentes puntuales o fijas y fuentes móviles o lineales.
	2.1.2. Alteración de la composición en fase sólida.		<ul style="list-style-type: none"> Superficie afectada por distintos niveles de inmisión (partículas: humos y polvos; metales pesados). Superficie ocupada de distinta capacidad dispersante. 	<ul style="list-style-type: none"> Modelos de simulación de dispersión atmosférica de fuentes fijas o puntuales y fuentes móviles o lineales Escenarios comparados. 	
2.2. Clima.	2.1.3. Incremento de la radioactividad.	2.1.3. Incremento de la radioactividad.	<ul style="list-style-type: none"> Niveles de inmisión (Rem). 	<ul style="list-style-type: none"> Modelos de simulación de dispersión atmosférica. 	
		2.2.1. Incremento de las nieblas y precipitaciones.	2.2.1. Incremento de las nieblas y precipitaciones.	<ul style="list-style-type: none"> Número de días de niebla en un período de tiempo dado. Incremento de la precipitación (mm) mensual, estacional o anual. 	<ul style="list-style-type: none"> Escenarios comparados. Métodos de cálculo de la evaporación en embalses (balance hídrico, balance energético y transferencia de masas).
			2.2.2. Alteración de la temperatura.	<ul style="list-style-type: none"> Amplitud térmica (°C) en un período de tiempo. Incremento en la temperatura máxima o mínima en un período de tiempo. Incremento de la temperatura media en un período de tiempo dado. 	<ul style="list-style-type: none"> Escenarios comparados. Modelos de simulación de dispersión atmosférica combinados con relaciones empíricas.
		2.2.3. Alteraciones en la circulación de los vientos.	<ul style="list-style-type: none"> Número de puntos en que se intersecta o favorece los recorridos del aire. Longitud de los tramos de vegetación arbórea intersectados. 	<ul style="list-style-type: none"> Escenarios comparados. Estimaciones cualitativas. 	

TABLA 1 (CONTINUACION)

IMPACTOS MAS COMUNES, IMPORTANTES Y FRECUENTES SOBRE LA GEA

ELEMENTO DEL MEDIO	FACTOR AMBIENTAL	IMPACTO	POSIBLES INDICADORES DE IMPACTO/UNIDAD DE MEDIDA	TECNICAS DE PREVISION	
3. Agua.	2.3. Ruidos.	2.3.1. Incremento en los niveles sonoros.	<ul style="list-style-type: none"> • Superficies afectadas por niveles sonoros superiores a un valor umbral. 	<ul style="list-style-type: none"> • Fórmulas empíricas. • Modelos matemáticos de simulación de fuentes fijas y móviles. 	
	2.4. Olores.	2.4.1. Introducción de olores.	<ul style="list-style-type: none"> • Concentración de materias olorosas (p.p.b. SH₂, mercaptanos...). • Superficie afectada por los olores. 	<ul style="list-style-type: none"> • Modelos matemáticos de simulación de dispersión atmosférica de las materias olorosas. • Métodos estructurados de apreciación relativa de individuos. 	
	3.1. Aguas superficiales.	3.1.1. Alteración de la calidad.	<ul style="list-style-type: none"> • Niveles de aportación o inmisión para los diferentes parámetros físico-químicos (pH, temperatura, DQO, DBO, COT, turbidez, residuo seco, y sólidos en suspensión...), iones de la estructura natural de las aguas (Cl, SO₄, SiO₂, Ca, Mg, Na, K, Al...), contaminantes específicos (nitratos, nitritos, amonio, hidrocarburos, aceites minerales, fenoles, metales...) y contaminantes biológicos (bacterias y virus). • Indices de calidad de las aguas. • Indices bióticos. • Caudales afectados por cambios en la calidad. • Longitud del tramo de río afectado por contaminación. 	<ul style="list-style-type: none"> • Modelos matemáticos de simulación de dispersión de contaminantes en el agua. • Modelos matemáticos de simulación de dispersión de mancha térmica. • Modelos matemáticos de autodepuración de cauces. • Modelos matemáticos de estratificación térmica en embalses. • Modelos matemáticos de flujo de agua en embalses. • Modelos empíricos para eutrofización de embalses. • Simulación <i>in situ</i> con trazadores. • Modelos físicos a escala reducida. • Escenarios comparados. 	
		3.1.2. Incremento de la radioactividad.	<ul style="list-style-type: none"> • Niveles de aportación o inmisión (rad. o rem.). 	<ul style="list-style-type: none"> • Modelos matemáticos de simulación de dispersión de contaminantes en el agua. 	
		3.1.3. Alteración de los flujos de los caudales.	<ul style="list-style-type: none"> • Número de cauces interceptados según sea tramo alto, medio o bajo de la cuenca. 	<ul style="list-style-type: none"> • Directa: medición del número de cauces. 	
		3.1.4. Alteración en la aportación de la cuenca.	<ul style="list-style-type: none"> • Aportación de la cuenca durante un período de tiempo (anual, mensual, etc.). 	<ul style="list-style-type: none"> • Modelos matemáticos de simulación de gestión de recursos hídricos. 	
		3.1.5. Afecciones a masas de agua superficiales (lagos, lagunas, zonas húmedas...).	<ul style="list-style-type: none"> • Número de lagos, lagunas, zonas húmedas, esteros, etc., afectado o interceptado ponderado por su valor. 	<ul style="list-style-type: none"> • Directa: medición del número de masas de agua superficial intersectadas o afectadas. 	
		3.2. Aguas subterráneas.	3.2.1. Alteración de nivel freático.	<ul style="list-style-type: none"> • Ascenso o descenso del nivel freático en un período de tiempo. 	<ul style="list-style-type: none"> • Modelos matemáticos de simulación en Hidrogeología.
			3.2.2. Alteración de la calidad.	<ul style="list-style-type: none"> • Niveles de aportación para los diferentes parámetros físico-químicos, iones de la estructura natural de las aguas, contaminantes químicos y contaminantes microbiológicos. • Indices de calidad de las aguas. • Superficie afectada ponderada por su vulnerabilidad ante la contaminación de aguas subterráneas. 	<ul style="list-style-type: none"> • Modelos matemáticos de simulación del movimiento del agua en un acuífero. • Simulación con trazadores. • Experimentación para definir el poder de autodepuración de suelos, zona no saturada y zona saturada del acuífero. • Escenarios comparados.

TABLA 1 (CONTINUACION)

IMPACTOS MAS COMUNES, IMPORTANTES Y FRECUENTES SOBRE LA GEA

ELEMENTO DEL MEDIO	FACTOR AMBIENTAL	IMPACTO	POSIBLES INDICADORES DE IMPACTO/UNIDAD DE MEDIDA	TECNICAS DE PREVISION
4. Procesos geofísicos.	4.1. Procesos geofísicos.	3.2.3. Alteración en el flujo del agua subterránea.	<ul style="list-style-type: none"> Variación de la aportación de agua subterránea en puntos de interés (sondeos, pozos, manantiales) para un período de tiempo. 	<ul style="list-style-type: none"> Modelos matemáticos de simulación del movimiento del agua en un acuífero.
		4.1.1. Alteración de la dinámica de los cauces.	<ul style="list-style-type: none"> Longitud afectada ponderada por el interés de los diferentes tramos. 	<ul style="list-style-type: none"> Modelos matemáticos de simulación de erosión-deposición en cauces. Estimaciones cualitativas basadas en modelos geológicos de dinámica fluvial.
		4.1.2. Alteración de las zonas inundables.	<ul style="list-style-type: none"> Superficie inundada para una frecuencia de avenida determinada, ponderada por su interés. Caudal de avenida para una frecuencia de avenida determinada. Superficie afectada por riesgo barrera-presas. 	<ul style="list-style-type: none"> Modelos matemáticos de simulación de hidrogramas de avenida. Modelos matemáticos de simulación de niveles de avenida. Modelos matemáticos de simulación de tránsito de la onda de avenida. Métodos empíricos, hidrometeorológicos, estadísticos, etc., para cálculo de caudales de avenida. Fórmulas sencillas de la hidráulica de canales abiertos.
		4.1.3. Modificación en la erosión.	<ul style="list-style-type: none"> Tasas de pérdida de suelo anual y estacional. Superficie expuesta al arrastre ponderada por su calidad. Potencial de erosión. Sólidos en suspensión en el agua. Tasas de sedimentación en embalses. 	<ul style="list-style-type: none"> Escenarios comparados. Fórmulas empíricas para la determinación de la erosión. Modelos paramétricos (USLE, MUSLE). Métodos de estimación directa de la degradación de una cuenca. Mapas de potencial de erosión.
		4.1.4. Alteración en la sedimentación.	<ul style="list-style-type: none"> Tasas de sedimentación estacional o anual. Sólidos en suspensión en el agua. Profundidad media de la capa de material incoherente. Crecimiento medio del nivel de sedimentos en las zonas de acumulación. Grado de interrupción, bloqueo o desvío de la red natural de drenaje. 	<ul style="list-style-type: none"> Escenarios comparados. Modelos matemáticos de simulación de erosión-deposición. Estimaciones cualitativas basadas en modelos geológicos de dinámica fluvial. Fórmulas empíricas de transporte de sedimentos. Modelos matemáticos de simulación de la sedimentación en embalses.
		4.1.5. Alteración de la estabilidad de laderas.	<ul style="list-style-type: none"> Grado de pendiente. Superficie afectada. Humedad del suelo. Nivel de peligrosidad o riesgo. 	<ul style="list-style-type: none"> Modelos matemáticos de simulación. Mapas de riesgos.
4.1.6. Subsistencia.	<ul style="list-style-type: none"> Superficie afectada ponderada por su calidad. Nivel de peligrosidad o riesgo. 	<ul style="list-style-type: none"> Modelos matemáticos de simulación. Mapas de riesgos. 		

TABLA 1 (CONTINUACION)

IMPACTOS MAS COMUNES, IMPORTANTES Y FRECUENTES SOBRE LA GEA

ELEMENTO DEL MEDIO	FACTOR AMBIENTAL	IMPACTO	POSIBLES INDICADORES DE IMPACTO/UNIDAD DE MEDIDA	TECNICAS DE PREVISION
5. Paisaje	5.1. Paisaje.	4.1.7. Sismicidad inducida.	<ul style="list-style-type: none"> Nivel de peligrosidad o riesgo. Estado tensional. Número de fallas próximas, activas o no. Grado de Karstificación. 	<ul style="list-style-type: none"> Escenarios comparados. Mapas sismotectónicos.
		4.1.8. Vibraciones.	<ul style="list-style-type: none"> Velocidad de partícula. Aceleración de partícula. Frecuencia de vibración más probable. 	<ul style="list-style-type: none"> Modelos teóricos de predicción de las vibraciones. Estudios experimentales de registro de vibraciones provocadas por las voladuras (campañas vibrográficas).
		4.1.9. Modificación de la propagación del oleaje.	<ul style="list-style-type: none"> Características del movimiento ondulatorio (amplitud, frecuencia, etc.). 	<ul style="list-style-type: none"> Escenarios comparados. Modelos matemáticos. Modelos físicos.
		4.1.10. Alteración de las corrientes litorales.	<ul style="list-style-type: none"> Grado de interrupción, bloqueo o desvío de las corrientes naturales. 	<ul style="list-style-type: none"> Escenarios comparados. Estimación basada en modelos geológicos de dinámica litoral. Modelos físicos.
		4.1.11. Alteración de la recarga de acuíferos.	<ul style="list-style-type: none"> Superficie afectada en las zonas de recarga de cuíferos. Índices de recarga. 	<ul style="list-style-type: none"> Directa: medición de la superficie afectada. Modelos matemáticos de simulación hidrológica.
		5.1.1. Alteración de la calidad.	<ul style="list-style-type: none"> Unidades de valor paisajístico. Contraste cromático. Cobertura o grado de cubierta vegetal. Contraste estructural. Relaciones pendiente natural-pendiente introducida. 	<ul style="list-style-type: none"> Modelos de visualización Técnicas de simulación. Modelos de valoración y cuantificación de la calidad del paisaje.
		5.1.2. Impacto visual.	<ul style="list-style-type: none"> Cuenca visual. Alcance visual. Angulo de incidencia visual. Incidencia visual ponderada por el número de habitantes o por la importancia de la infraestructura (autopista, tren, carretera, plata forestal) que atraviesa la cuenca visual. 	

TABLA 2

IMPACTOS GENERADOS POR LOS PROYECTOS SOMETIDOS OBLIGATORIAMENTE A E.I.A. SEGUN LA LEGISLACION ESTATAL VIGENTE

ELEMENTO DEL MEDIO	FACTOR AMBIENTAL	IMPACTO																
			Refinería petróleo	Central térmica	Central nuclear	Elim. Resid. Radioac.	Siderurgias	Extra. Trám. y Trans. Amianto	Químicas	Autovías y Autopistas	Ferrocarril	Aeropuertos	Elim. Resid. Tóx. y peligr.	Grandes presas	Replantaciones	Minería a cielo abierto	Puertos	
Tierra	Suelo	Destrucción directa	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	
		Contaminación	X	X		X	X	X	X			X			X	X		
		Alteración de las características edáficas	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	
	Morfología	Alteración de la topografía						X	X	X	X	X	X	X	X	X		
	Elementos singulares	Destrucción del PIG y monumentos naturales								X	X		X	X				
	Recursos min. y rocas indust.	Pérdida de recursos								X	X		X	X				
Atmósfera	Componentes atmósfera	Alteración en fase gaseosa	X	X		X	X	X	X		X	X		X	X			
		Alteración en fase sólida	X	X		X	X	X	X		X			X	X			
		Incremento de la radioactividad			X	X												
	Clima	Incremento nieblas y precipitaciones	X	X		X	X				X	X						
		Alteración de la temperatura	X	X		X	X							X				
		Alteración de la circulación de vientos									X	X						
	Ruidos	Incremento de niveles sonoros	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X		
Olores	Introducción de olores	X						X			X				X			
Agua	Aguas superficiales	Alteración de la calidad	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X		
		Incremento radioactividad			X	X												
		Alteración flujo de caudales									X	X		X	X	X		
		Alteración en la aportación de la cuenca												X	X	X		
		Alecciones a masas de agua superficial									X	X				X		
	Agua subterránea	Alteración del nivel freático									X	X	X	X	X	X		
		Alteración de la calidad	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X		
Procesos geofísicos		Alteración en dinámica de cauces								X	X		X	X	X			
		Alteración en zonas inundables									X	X		X	X			
		Modificación en la erosión									X	X	X	X	X	X	X	
		Alteración en la sedimentación									X	X	X	X	X	X	X	
		Alteración estabilidad laderas									X	X		X	X	X	X	
		Subsidencia												X	X			
		Sismicidad inducida												X				
		Vibraciones										X	X		X	X	X	
		Modif. propagación oleaje															X	
		Alteración corrientes litorales															X	
		Alteración recarga acuíferos										X	X	X	X	X	X	
Paisaje		Alteración de la calidad	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	
		Impacto visual	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X

REFERENCIAS

- BERENGUER, J.M. (1989): El Impacto Ambiental de las obras marítimas. *I Ciclo de Cursos Teórico-Prácticos de E.I.A. originado por la Obra Pública*. CEDEX. Madrid.
- CEOTMA. (1982): *Guía para la elaboración de estudios del medio físico: contenido y metodología*. Serie Manuales 3. CEOTMA. MOPU. Madrid.
- DE PAZ, A.I., PINTO, V. Y FONT, X. (1990): Una metodología de evaluación del impacto paisajístico-visual de explotaciones a cielo abierto, basada en parámetros cuantificables. *IV Reun. Nac. Geol. Ambient. Orden. Territ. Gijón*.
- GARCIA SENCHERMES, A. (1984): Contaminación por ruido y vibraciones. *Curso sobre evaluaciones de impacto ambiental*. 2.ª ed. Dirección General Medio Ambiente. MOPU. Madrid.
- GOMEZ OREA, D. (1986): *Evaluación del Impacto Ambiental de los Proyectos Agrarios*. MAPA. Estudios Monográficos 6. Madrid.
- ITGE (1989): *Manual de restauración de terrenos y evaluación de impactos ambientales en minería*. Serie Ingeniería Geo-Ambiental. ITGE. Madrid.
- JIMENEZ BELTRAN, D. (1984, a): Contaminación atmosférica. Procesos de degradación. Modelos de previsión y métodos de prevención y corrección. *Curso sobre evaluaciones de impacto ambiental*. 2.ª ed. Dirección General de Medio Ambiente. MOPU. Madrid.
- JIMENEZ BELTRAN, D. (1984, b): Contaminación de aguas superficiales. *Curso sobre evaluaciones de impacto ambiental*. 2ª ed. Dirección General de Medio Ambiente. MOPU. Madrid.
- MOPU (1989 a): *Guías metodológicas para la elaboración de estudios de impacto ambiental*. 1. Carreteras y ferrocarriles. Monografías. Dirección General de Medio Ambiente. Madrid.
- MOPU (1989 b): *Guías metodológicas para la elaboración de estudios de impacto ambiental*. 2. Grandes Presas. Monografías. Dirección General de Medio Ambiente. Madrid.
- MOPU (1989 c): *Guías metodológicas para la elaboración de estudios de impacto ambiental*. 3. Repoblaciones forestales. Monografías. Dirección General de Medio Ambiente. Madrid.
- PORRAS, J. (1984): Contaminación de aguas subterráneas. *Curso sobre evaluaciones del impacto ambiental*. 2.ª ed. Dirección General Medio Ambiente. MOPU. Madrid.
- SANZ SA, J.M. (1989): Métodos de predicción de la calidad del aire. *I Ciclo de Cursos Teórico Prácticos de E.I.A. originado por la Obra Pública*. CEDEX. Madrid.
- VADILLO, L. (1988): Evaluación y Corrección del impacto ambiental de la minería. En: *Geología Ambiental*. ITGE. Serie Ingeniería GeoAmbiental. Madrid.
- VILLARINO, M.T. (1984 a): Contaminación de suelos. *Curso sobre evaluaciones del impacto ambiental*. 2.ª ed. Dirección General Medio Ambiente. MOPU. Madrid.
- VILLARINO, M.T. (1984 b): El paisaje. *Curso sobre evaluaciones de impacto ambiental*. 2.ª ed. Dirección Genral de Medio Ambiente. MOPU. Madrid.

LOS PROYECTOS DE INGENIERIA Y LA CORRECCION DE IMPACTOS AMBIENTALES

López Jimeno, Carlos (*)

RESUMEN

El desarrollo de Proyectos de Ingeniería en la actualidad exige contemplar el medio natural en el que se llevan a cabo como un conjunto de elementos y sistemas susceptibles de sufrir un deterioro. Con el fin de reducir los impactos ambientales se plantea la necesidad de realizar en la Fase de Definición, y concretamente en la de Estudios Previos o Viabilidad las Evaluaciones de Impacto Ambiental, de las que emanarán todo un conjunto de medidas preventivas y correctoras que se incorporaran al propio Proyecto.

Palabras clave: Proyecto, Impacto Ambiental, Medidas Preventivas, Evaluación de Impactos Ambientales.

1. INTRODUCCION

En los últimos veinte años, el gran desarrollo de las sociedades industrializadas ha producido una serie de avances y ventajas indiscutibles, aumentando considerablemente el nivel y calidad de vida, afianzándose una sociedad más consumista. La proliferación de industrias y la necesidad de ofrecer nuevos productos han sido la causa principal de la aparición de diferentes alteraciones nocivas que llevan consigo la degradación del medio ambiente, con la consabida problemática que esto representa para el mantenimiento de esa «calidad de vida» para las generaciones futuras.

La preocupación por la defensa y la conservación del medio natural es, hoy en día, una demanda social de primera magnitud y muy especialmente en aquellos países con gran potencial de crecimiento. La sociedad demanda, cada vez con mayor intensidad, la implantación de procesos productivos limpios en todas las actividades económicas. La incidencia de esta demanda social sobre el aparato industrial es directa, tanto desde la óptica de la adopción de medidas preventivas como de la implantación de medidas correctoras que eviten y aminoren las alteraciones sobre el medio ambiente.

Por todo ello, es necesario conocer, dentro del binomio industria-medioambiente, la metodología actual de desarrollo de proyectos, basada en el establecimiento de criterios, técnicas y procedimientos para convertir la idea de producir cualquier bien en la realidad de una organización, habitualmente empresarial, que lo fabrique y venda. Y en segundo lugar, los tipos de medidas correctoras que ayudan a conservar el medio ambiente y a una gestión más racional de todos los recursos naturales consumidos.

2. FASES DE DESARROLLO DE LOS PROYECTOS

2.1. Definición actual del proyecto

El origen remoto de cualquier proyecto responde siempre al hecho de satisfacer una necesidad, hipotética o real, del entorno socio-político-económico.

Dado que las características de esas necesidades pueden ser muy distintas, el origen de los proyectos es enormemente diverso según el contexto del que procedan. Dentro de la realidad industrial puede proyectarse un nuevo producto, una línea de montaje, una planta termoeléctrica, la reorganización de una empresa, etc.

Esos ejemplos difieren, en gran medida, tanto en su alcance como en el cometido y el ámbito en el que se pueden desarrollar.

Son varias las definiciones de proyecto que se han dado, pero entre todas ellas destacamos las siguientes:

- La de David I. Cleland y William R. King. (1975): «Proyecto es la combinación de recursos, humanos y no humanos, reunidos en una organización temporal para conseguir un propósito determinado».
- La de Jaime Blasco (1989): «Proyecto es la operación de ingeniería que nos lleva a conseguir un objetivo material predeterminado, por modificaciones de la realidad exterior mediante unas acciones humanas que han sido seleccionadas y ordenadas con anticipación de acuerdo con unos criterios».

La combinación de esas dos definiciones y la consideración del medio ambiente, como un conjunto de recursos no renovables, dentro del cual se desarrolla cualquier proyecto, conduce a una definición más ambiciosa.

«Proyecto es la operación de ingeniería que contando con una combinación de recursos, humanos y no humanos, seleccionados y ordenados temporalmente permiten conseguir un objetivo material preestablecido, preservando el medio natural.

De esta forma se llega al convencimiento de que un problema queda resuelto si se consigue un objetivo material con unas especificaciones y bajo unas condiciones y restricciones dadas, impuestas en parte por la búsqueda del equilibrio con el medio ambiente al verse éste afectado por las modificaciones que en él se introducen.

Tradicionalmente, en la planificación, en la organización y en el funcionamiento de los sistemas productivos

(*) Dr. Ingeniero de Minas. Dpto. de Explotación de Minas. E.T.S.I. de Minas. C/ Ríos Rosas, nº 21. 28003 Madrid.

sólo se venía atendiendo a sus resultados, tratando de optimizarlos, es decir, buscando el máximo de producción compatible con la calidad exigida para el producto tratando de reducir los costes del sistema al mínimo. Este enfoque economicista es incorrecto, por parcial, habiendo tenido consecuencias positivas, en lo referente al bienestar económico de la sociedad, pero también consecuencias negativas que constituyen un serio motivo de preocupación y obligan a una seria revisión de los planteamientos de desarrollo y gestión, y como se ha visto de la propia definición de proyecto.

2.2. Fases de desarrollo de un proyecto

Los proyectos minero-industriales son actualmente considerados como sistemas complejos, integrales y multidisciplinarios, perfectamente solucionables a través de la metodología propia de la «Ingeniería de Sistemas».

Identificado así el Sistema-Proyecto es necesario concretar su alcance, establecer sus límites, lo que significa establecer lo más claramente posible los parámetros del sistema, sus variables independientes (entradas) y sus variables dependientes (salidas).

Este es el objetivo de las fases iniciales que, hoy en día, se consideran en el desarrollo o ciclo de vida de un proyecto.

El conjunto total de fases está constituido por:

1. Fase de definición.
2. Fase de concepción.
3. Fase de construcción.
4. Fase de puesta en marcha.
5. Fase de cesión.

A continuación, se describen brevemente los fines y actividades que persiguen cada una de esas fases.

1. Fase de definición

Es aquella en la que la idea se concreta y se realizan los estudios y evaluaciones preliminares. Durante la fase de definición se analiza el entorno, se preparan previsiones, se avallan objetivos, coste y programa del desarrollo del sistema. Es también en esta fase cuando se determinan la estrategia de base, la organización y las necesidades de recursos para llevar adelante el proyecto. El propósito fundamental de la fase de definición es llegar al Estudio de Viabilidad, que permitirá posteriormente una evaluación más detallada si, como consecuencia del mismo, se decide seguir adelante.

Si la fase de definición se enfoca adecuadamente permitirá eliminar aquellos proyectos que no tienen posibilidad de supervivencia bajo las restricciones externas consideradas.

El número de alternativas posibles desechadas durante la fase de definición es elevado, ya que los estudios realizados van encaminados a identificar a aquellos proyectos que poseen un elevado riesgo y son técnica, económicamente o en relación al entorno natural, irrealizables.

Es pues, en esta fase de definición en la que se realizan el conjunto de trabajos denominados de «Estudios Previos», dentro de los cuales debería encontrarse la Evaluación del Impacto Ambiental-E.I.A.

La E.I.A. es el conjunto de estudios y sistemas técnicos que permiten estimar los efectos que la ejecución de un determinado proyecto, obra o actividad causa sobre el medio ambiente. Constituye en sí misma una herramienta para la preservación de los recursos naturales y defensa del medio ambiente, aplicada en los países más avanzados y recomendados por diferentes organismos internacionales.

La E.I.A. 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 una estimación de la incidencia que el proyecto tiene sobre las relaciones sociales y las condiciones de sosiego público, tales como ruidos, vibraciones, olores, etc. y de cualquier otra incidencia ambiental derivada de su ejecución.

Para hacer esas estimaciones es preciso definir tres situaciones del entorno: estado cero, estado futuro sin proyecto y estado futuro con proyecto.

En muchos casos estos estudios son decisivos para el desarrollo y la puesta en marcha de los proyectos y, sobre todo, constituyen la fuente de la que emanan el conjunto de medidas correctoras y protectoras a incluir en los mismos.

Por otro lado, como dentro del procedimiento vigente se encuentra el proceso de información pública, en caso de no existir alegaciones y observaciones en contra del proyecto, y ser posteriormente la declaración de Impacto Ambiental, por parte de los organismos competentes, favorable, se configura y articula una salvaguarda para el correcto desarrollo del proyecto, pues en caso contrario sería muy probable la aparición de conflictos.

Como resultado de los Estudios Previos se obtendría uno o varios documentos en los que se emitirá una opinión sobre el interés del proyecto y sobre su viabilidad técnica, económica, financiera y ambiental, estimándose el esfuerzo y recursos necesarios (coste, mano de obra, medios y plazo). Se analizarán distintas alternativas y se seleccionará la más favorable, forjándose para ésta, las bases para el análisis más profundo de la fase siguiente.

Para un proyecto minero-industrial el estudio de viabilidad, si es completo, incluiría los siguientes estudios parciales:

- Estudio de mercado.
- Estudio de viabilidad técnico.
- Tamaño del proyecto y procesos aplicables.
- Localización y emplazamiento.
- Evaluación de impacto ambiental.
- Ingeniería y organización.
- Estudio de viabilidad económico-financiera.
- Estimación de la inversión. Financiación.
- Presupuesto de gastos e ingresos..
- Evaluación, selección y análisis de alternativas.

2. Fase de concepción

El propósito de la fase de concepción es determinar lo antes posible y con la mayor precisión las especificacio-

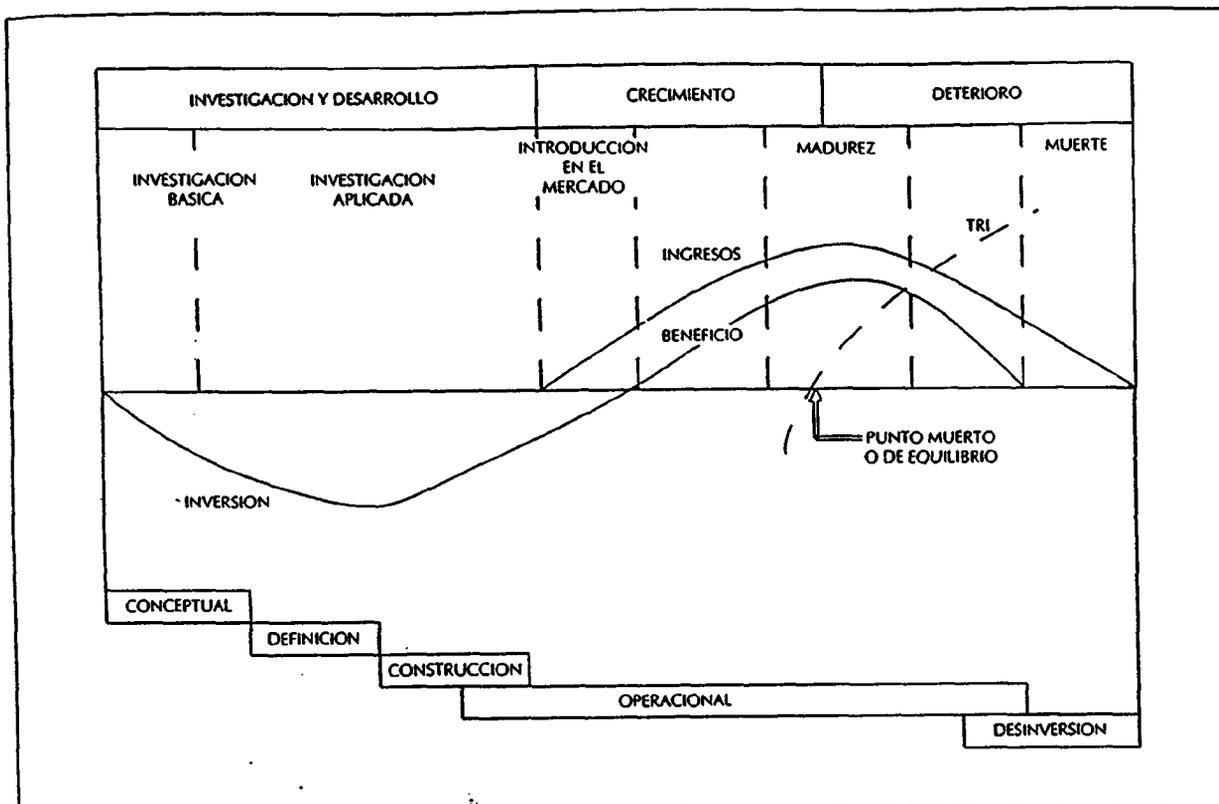


Figura 1. Ciclo de vida de un sistema/proyecto (Cleland y King).

nes, el coste, el programa y los recursos necesarios para realizar el proyecto.

Esta fase permite a la organización promotora del proyecto concebir y definir el sistema antes de que éste empiece a materializarse y se comprometan recursos para la construcción y puesta en marcha. Se dispone, pues, de una oportunidad de revisar y confirmar la decisión de continuar el desarrollo del proyecto.

La fase de concepción se subdivide en concepción general y concepción detallada (equivalentes en la Teoría General de Proyectos a Ingeniería Básica e Ingeniería de Detalle).

En la concepción general se revisarán todos los datos de partida y Estudios Previos, así como la obtención de permisos y autorizaciones. Puesto que el proyecto se considera realizable, se definirá desde el punto de vista técnico y se realizará un estudio detallado de la solución elegida anteriormente de cada una de las soluciones posibles, que todavía se consideren, con ensayos, maquetas, etc, si es conveniente, con el fin de adoptar o restringir el abanico de posibilidades. Se elaborará un documento con una proposición completa y coherente, con las características técnicas principales, programación y presupuesto del proyecto, así como las recomendaciones para la subfase siguiente.

La concepción detallada cubre el desarrollo técnico de todo el proyecto, descomponiéndolo en subproyectos o macroactividades, realizando el análisis de las mismas, a fin de asignárselas a los entes que las van a realizar. Se establece la organización básica de la realización: especificaciones, planos, mediciones, etc., para todas las especialidades que el proyecto incluya.

3. Fase de construcción

Finalizada la fase de concepción se pasa a la fase de construcción, que es la más larga y costosa en la mayoría de los casos. En esta fase, se debe hacer real lo que se ha definido anteriormente, acopiando y supervisando los elementos del sistema, apoyándose en las especificaciones elaboradas en las fases precedentes.

La gestión de compras se referirá tanto a materiales y equipos, como a la contratación de ejecución de obras y montaje, su inspección, activación y seguimiento.

La supervisión supondrá el control y dirección de todos los trabajos de construcción y montaje de las instalaciones que comprenda el proyecto.

También se procederá a la redacción de los manuales de procedimiento y a la finalización de la documentación soporte.

4. Fase de puesta en marcha

Cuando se llega a esta fase se considera que el sistema es factible técnica y económicamente, y que se va a utilizar para alcanzar los objetivos deseados. La función del responsable del proyecto durante la fase de puesta en marcha es proporcionar el soporte de recursos necesarios para alcanzar los objetivos del sistema. Los aspectos de planificación y organización ceden en importancia y aumenta la de control de las prestaciones del sistema conforme a las líneas de actuación establecidas.

3. MEDIDAS PREVENTIVAS Y CORRECTORAS

Las evaluaciones de impacto ambiental están, como se ha indicado, dirigidas a predecir las consecuencias que la

ejecución y posterior desarrollo de una actividad humana puede producir en el entorno donde se localiza el proyecto, con el fin de dictaminar los efectos desencadenados y establecer medidas de control y correctoras que hagan posible el desarrollo de la actividad sin perjudicar, o perjudicando lo menos posible, al medio ambiente.

Para abordar este tipo de estudios es conveniente en primer lugar señalar la casuística de los estudios de impacto ambiental de cara a la localización de actividades, en donde se pueden diferenciar tres situaciones (Fig.2). El razonamiento que sigue se centra fundamentalmente en las actividades mineras.

La «localización óptima» que se indica en la citada figura no se suele presentar en las actividades mineras, puesto que la realización de dicha actividad está condicionada por la localización y existencia de los recursos mineros. No obstante, podría aplicarse a algún estudio de emplazamiento de la planta de concentración o elaboración.

La segunda situación, «localización para-óptima» se refiere al caso en que se pueden dar situaciones alternativas, por ejemplo: la apertura de una gravera dentro de un mismo valle en dos o más sitios distintos, la explotación de una cantera de caliza dentro de un mismo área en dos ubicaciones próximas, etc.

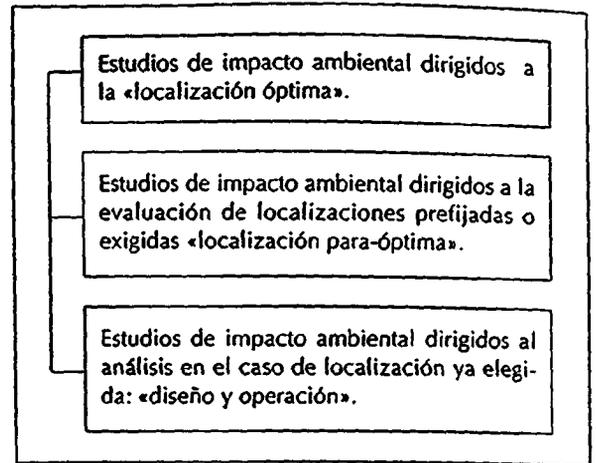


Figura 2. Casuística de los estudios de impacto ambiental en la localización de actividades mineras.

La última situación reflejada se refiere a la localización, ya elegida y prefijada para «abrir» la explotación. Es el más común de los tres casos.

El objetivo de toda E.I.A. es incorporar a los proyectos las restricciones que puedan derivarse del estudio de los elementos y factores que constituyen el medio ambiente,

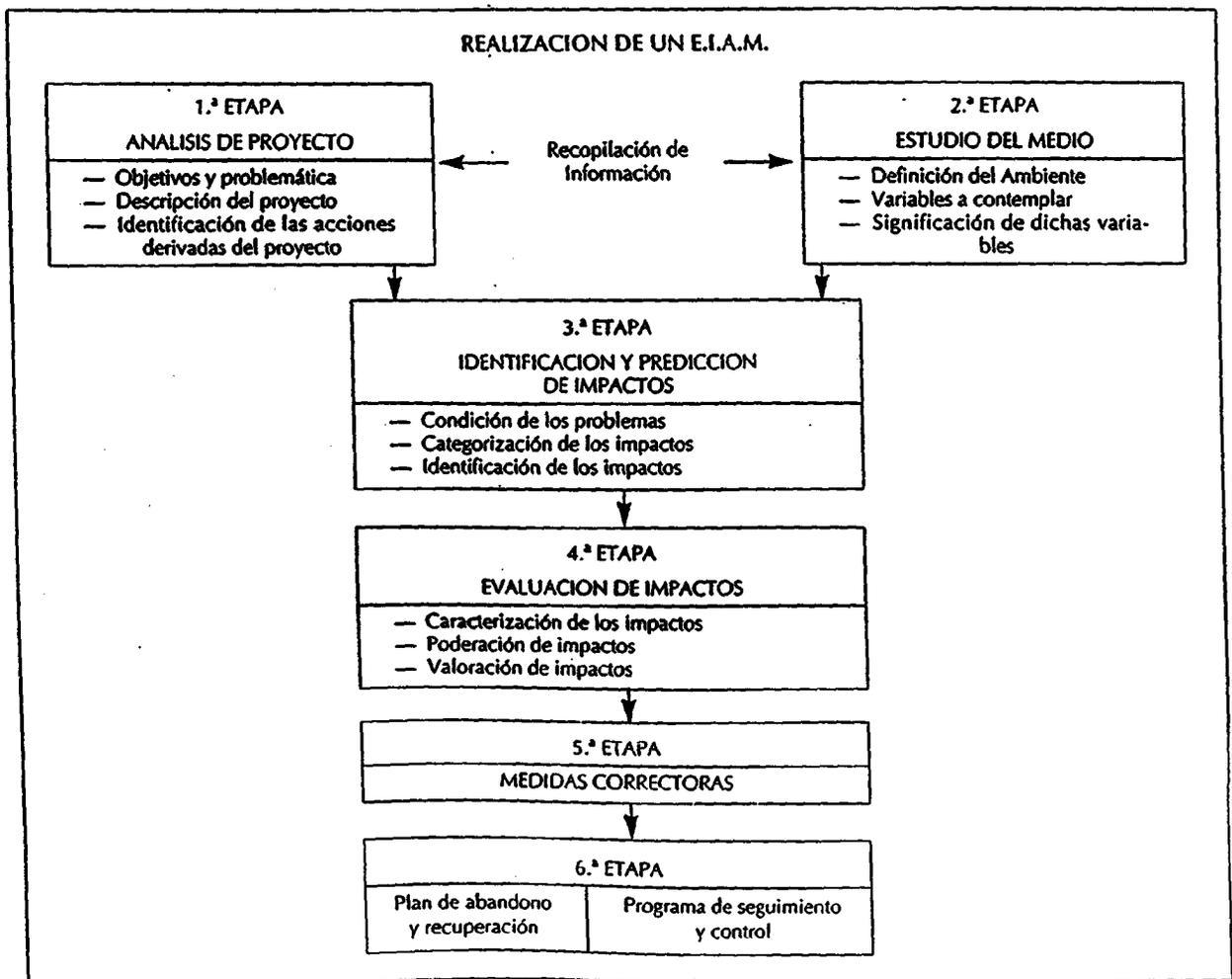


Figura 3. Etapas de una Evaluación de Impacto Ambiental en Minería (E.I.A.M.).

de forma que quede garantizado el funcionamiento integral del ecosistema, de manera tal que las alteraciones que se produzcan inexorablemente en los subsistemas ambientales estén detectadas y las que revistan un carácter grave para el medio se atenúen o corrijan en lo posible. Las etapas a cubrir se reflejan en la Fig. 3.

A continuación, se explica brevemente el contenido de cada una de las etapas principales.

3.1. Análisis del proyecto

De acuerdo con el esquema metodológico de la Fig. 3, en primer lugar es necesario recabar información resumida a modo de fichas descriptivas que analicen la actividad objeto de la evaluación en todos sus aspectos.

- Definición, objetivo y problemática del proyecto.
- Descripción del proyecto donde se recoge el conocimiento de los principales elementos físicos y técnicos del mismo. Esta se limita a los aspectos relevantes desde el punto de vista ambiental. Por ejemplo, datos de carácter general como: materiales a mover, etc., y otras de carácter técnico relacionadas con el plan de explotación: infraestructura, vida de la operación, sistema minero, maquinaria a emplear, mano de obra necesaria, etc.
- Identificación de acciones del proyecto susceptibles de producir impacto.

La realización de un proyecto de explotación minera da lugar a toda una serie de acciones productoras de impactos o alteraciones que habrá que estudiar de forma específica en cada tipo de sustancia extraída y para cada tipo de explotación.

3.2. Estudio del medio

La definición de la situación preoperacional es extremadamente importante dentro de cualquier evaluación de impacto ambiental, pues el conocimiento del medio inicial ayuda en la prevención de las alteraciones que se pueden producir y posteriormente permite evaluar la magnitud de aquellas alteraciones que son difíciles de cuantificar.

Al abordar el estudio del medio se recomienda la individualización o sectorización de los distintos factores o elementos que pueden verse afectados. Los motivos de esta disgregación son:

- Con el desarrollo de una explotación minera no tienen por qué verse afectados todos los factores ambientales que integren el sistema. Este hecho dependerá de las particularidades del medio y de cuáles son las características de la explotación.
- La zona de influencia del proyecto de explotación minera no tiene por qué ser la misma para todos los elementos o variables del medio afectados.
- Las características de las variables que son indicadores de su calidad o de su situación preoperacional son distintos.

La secuencia recomendable a seguir es la siguiente:

- Variables básicas afectadas (factores, elementos, componentes del medio).

- Superficie alterada para cada variable.
- Inventario y caracterización de las variables afectadas.
- Valoración de la variable.

3.3. Identificación y predicción de Impactos

Los problemas relativos al medio ambiente que pueden surgir en la implantación y desarrollo de una actividad, son función de las características de tales acciones y de las características del lugar en que se proyecta.

- El origen de los problemas o efectos puede derivarse de la fase de planteamiento del proyecto donde se abordan los objetos concretos de la explotación a través del interés que la sociedad tiene de las dedicaciones propuestas. O de la fase de diseño donde se recoge cómo se debe hacer la explotación (diseño de apertura de la mina, de localización, tamaño y forma de la escombrera, etc.), o bien de la propia fase de ejecución, cuando la explotación está funcionando.
- La condición de los problemas o efectos que se producen pueden ser bien una pérdida total o parcial de un recurso, como un suelo productivo, la destrucción de una especie vegetal endémica, el deterioro de un paisaje, etc., o la inducción a que se desencadena o aumenta la probabilidad de ocurrencia de algún riesgo como erosión, alteración de redes de drenaje, contaminación del agua superficial, etc.

Para llegar a conocer el origen y condición de los efectos, es conveniente trabajar de forma sistemática eligiendo entre una o varias de las metodologías siguientes que se han expuesto en otras conferencias de este curso.

3.4. Evaluación de impactos

La evaluación es un proceso directamente encaminado a comparar los resultados producidos en distintos lugares (alternativas), o en distintos momentos (antes y después de la acción).

Los criterios y métodos de evaluación del impacto ambiental son aquellos que permiten valorar el impacto producido por actuaciones sobre el medio ambiente. En este sentido estos criterios y métodos tienen una función similar a la de la valoración del inventario (Etapa 2), puesto que permiten evaluar la importancia de los impactos producidos.

La selección de una determinada técnica o metodología de evaluación deberá estar en función de las características del problema concreto (número de variables y de acciones, cantidad y calidad de los datos, etc.), de los objetivos y de si abarca todo el problema o se evalúan aspectos parciales de él.

a) Metodologías cualitativas

Este tipo de metodologías están basadas en el conocimiento por expertos de los impactos generados en proyectos similares. Para hacer una valoración cualitativa se hace necesario conocer las características de los impactos que en la fase anterior se han identificado.

b) Metodologías cuantitativas globales

A este grupo pertenece un conjunto de métodos basados en sencillos balances de masas, modelos de dispersión medio-ambiental, índices empíricos o modelos estadísticos sencillos.

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. La cuantificación es la fórmula concreta de una escala de valor, y su papel es, por tanto, capital.

c) Metodologías cuantitativas parciales. Modelización

En sentido amplio, un modelo es una cierta representación de la realidad mediante la cual se busca describirla o analizarla (A. Ramos, 1979).

Hay diversos tipos de modelos; dentro de los modelos matemáticos o simbólicos una de las clasificaciones que se pueden hacer son los que responden o no a funciones objetivas siendo modelos de optimización o modelos simbólicos. Estos son, sin duda, el mejor modo de abordar los estudios de impacto ambiental.

3.5. Medidas preventivas y correctoras

La adopción de medidas preventivas o correctoras en las evaluaciones de impacto ambiental que sirven para eliminar, mitigar, minimizar o atenuar los efectos negativos producidos por un determinado proyecto es una etapa importante en las evaluaciones de impactos.

Hay que partir de la premisa que siempre es mejor no producir la alteración que establecer una medida correctora, pues aparte de suponer un coste adicional de tiempo y dinero, en la mayoría de los casos, solamente eliminan una parte de la alteración, y en otros, ni siquiera esto.

Deberá, pues, intentarse siempre aplicar medidas preventivas o inherentes al proyecto antes que pasar a la adopción de medidas correctoras en etapas más avanzadas. Se ve pues la gran importancia que actualmente poseen las fases de concepción y definición en las que el diseño y la selección de la tecnología o proceso son las herramientas básicas para alcanzar los objetivos propuestos.

Después de aplicar las medidas preventivas, si aún los impactos producidos presentan una magnitud significativa, se pasa a la siguiente etapa, la de las medidas correctoras en etapas más avanzadas. Se ve pues la gran importancia que actualmente poseen las fases de concepción y definición en las que el diseño y la selección de la tecnología o

proceso son las herramientas básicas para alcanzar los objetivos propuestos.

Después de aplicar las medidas preventivas, si aún los impactos producidos presentan una magnitud significativa, se pasa a la siguiente etapa, en la que las medidas correctoras juegan un papel fundamental.

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

- Reducen el impacto. Este tipo de medidas correctoras generalmente, se consigue con una medida del diseño del proyecto o limitando la intensidad de las acciones que éste conlleva.
- Compensan el impacto. Por ejemplo: si se ha alterado la fauna, estableciendo medidas que protejan la que aún permanece.
- Cambian la condición del impacto. Favorecen los procesos de regeneración natural o permiten restaurar el entorno afectado.

Otro aspecto importante a considerar sobre las mismas medidas correctoras es la escala temporal de su aplicación, que es conveniente llevarlas a la práctica lo antes posible, ya que de este modo se pueden evitar impactos secundarios (e.g.: una escombrera sin vegetación es susceptible de erosionarse, producir polvo, contaminar las aguas, etcétera).

3.6. Plan de abandono y recuperación. Programa de seguimiento y control

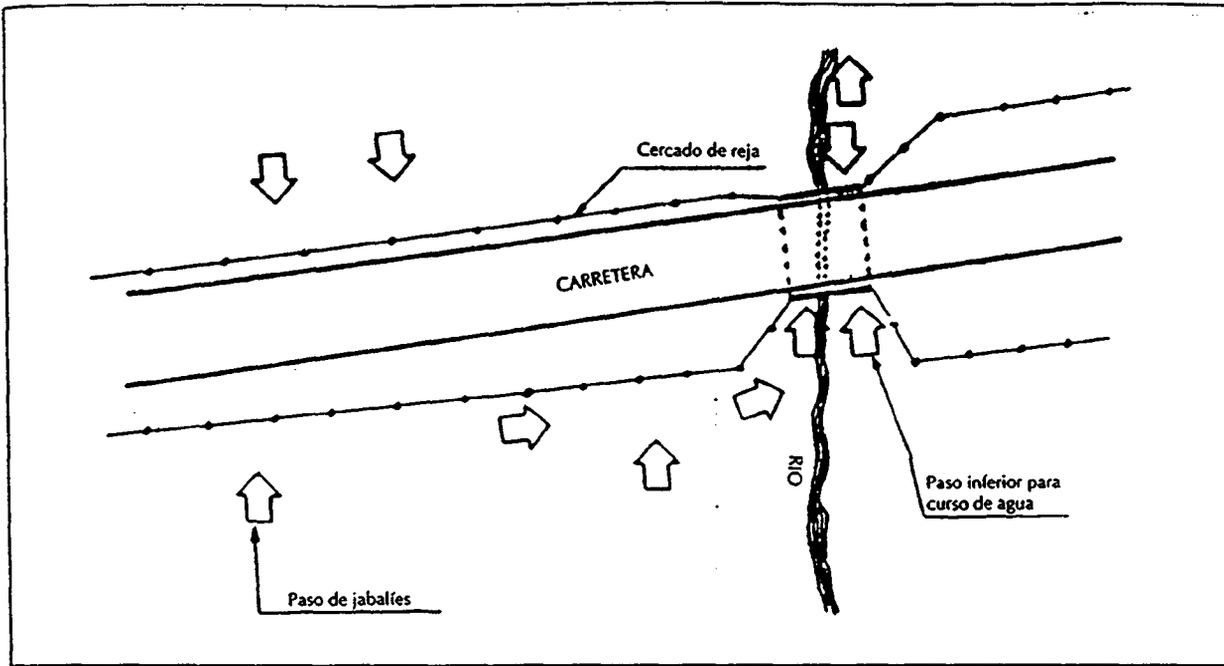
Esta última fase de la evaluación corresponde a dos apartados:

- El plan de abandono y recuperación, donde se detallarán todas aquellas labores que hay que realizar para recuperar el área que ha sido alterada (Proyecto de restauración, en el caso de una explotación minera).
- El programa de seguimiento y control. Pretende controlar el cumplimiento de todas las medidas correctoras que se hayan adoptado al realizar la evaluación del impacto, así como instrumentar un plan a medio plazo que establezca controles que detecten las desviaciones de los efectos previstos o en las medidas correctoras indicadas en la evaluación, pues muchos de los efectos son estimados de manera productiva y la eficacia de las medidas correctoras propuestas no están probadas en todas las situaciones.

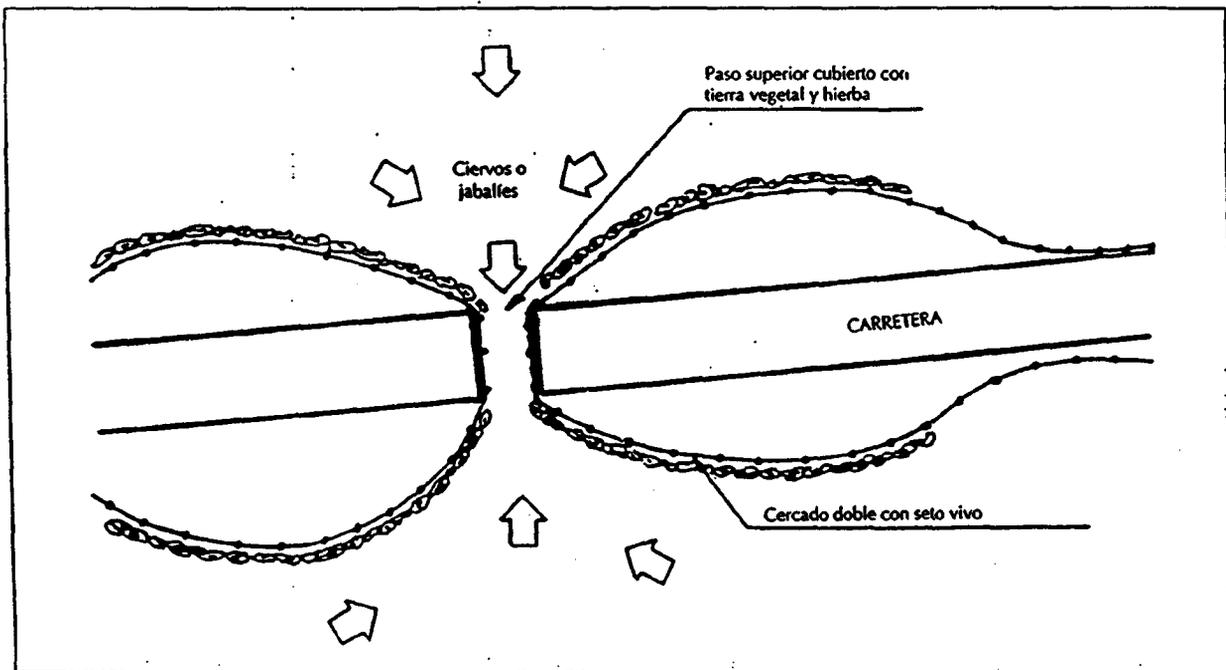
Por todo ello, el plan de seguimiento y control debe funcionar como un sistema abierto con capacidad para modificar, cambiar o adoptar el proyecto o las situaciones que se planteen.

BIBLIOGRAFIA

- BLASCO, J. (1989): *Morfología de Proyectos*. V Encuentro Nacional de Proyectos de Ingeniería.
- CLELAND, D.I. y KING, W.R. (1988): *Project management Handbook*.
- DE COS, M. (1990): *Los Proyectos de Ingeniería*. VI Encuentro Nacional de Proyectos de Ingeniería.
- GISOTTI, G. y BRUSCHI, S. (1990): *Valutare L'Ambiente*, NIS.
- LOPEZ JIMENO, C. et al. (1989): *Manual de Restauración de Terrenos y Evaluación de Impactos Ambientales en Minería*, ITGE.
- LOPEZ JIMENO, C. (1990): *Apuntes de Proyectos de Ingeniería*. ETSI de Minas de Madrid.



Si la carretera viene en trinchera se podría preparar un paso superior de inciertos resultados según viene en el esquema siguiente.

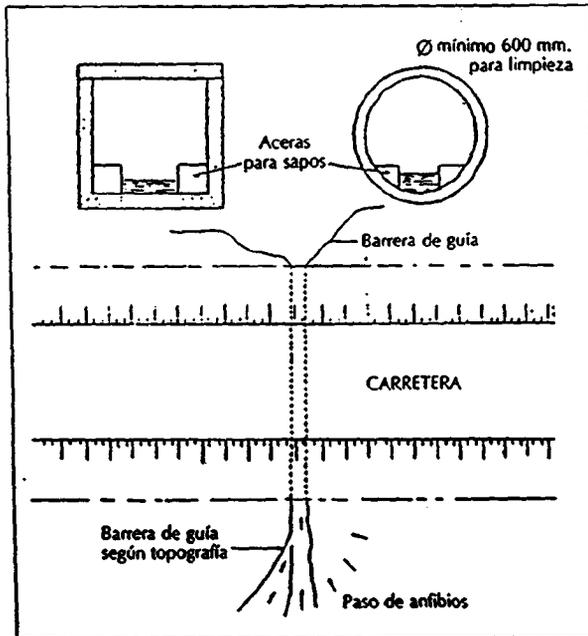


En cualquier caso, habrá que instalar señales que indiquen el paso eventual de grandes animales.
(Fuente: EIA Araxes, HIBAIA).

5. ALGUNOS EJEMPLOS DE MEDIDAS CORRECTORAS SOBRE VEGETACION Y FAUNA

La condición de sistema que caracteriza al medio ambiente, supone tal interacción entre las incidencias sobre diversos factores, que hace que las medidas correctoras tengan, frecuentemente, carácter polivalente.

Revegetación de taludes y zonas denudadas por el proyecto. Esta medida tiene varias funciones: controla la erosión del suelo y el consiguiente arrastre a los cursos de agua (en Zounkin, 1973, se da una ecuación para calcular el aumento de la carga de sedimentos de los ríos motivada



Barreras de 0,20 ó 0,40 m. de alto con 50 m. de longitud canalizan a los batracios hacia la entrada del paso. La obra debe estar situada en el lugar exacto de la pasa; sin necesidad de luz, el diámetro debe ser suficiente para la limpieza del paso.

(Fuente: IBAIA, San Sebastián, 1988).

por la construcción de una obra pública), integra paisajísticamente la obra y supone una corrección del hábitat afectado con efectos curativos en la vegetación y la fauna.

Resulta indispensable prever en la obra pendientes suaves en los taludes que hagan factible su revegetación, así como la construcción de bermas y cunetas de guarda. Esta medida no suele ser bien aceptada por los proyectistas de las obras porque pueden ocasionar problemas de desplazamiento de bloques por recarga de agua de los taludes. Sin embargo, este problema puede ser minimizado previendo una pendiente longitudinal de esas banquetas que faciliten la evacuación del agua.

La revegetación de los taludes de obras públicas choca con la incompatibilidad entre la compactación que requiere la estabilidad del talud y la necesidad de soporte suelto para la instalación de un tapiz vegetal.

En cuanto a técnicas de revegetación son numerosas, mulching de diversos tipos, paja/hítumen, uso de estabili-

zadores como extractos acuosos de algas marinas, alginatos de sodio, polímeros de síntesis, soluciones bituminosas, etc., que favorecen la aglomeración física de las partículas de suelo, aportan nutrientes y estimulan la actividad microbiana, creación de faginas, plantaciones directas, etc.

En los bordes de contacto entre las obras y el bosque se producen efectos obvios no sólo por la obra en sí, sino por la actividad de los usuarios (caso de las áreas de descanso en las vías de comunicación); para evitarlos conviene cercar dichas zonas. Sin embargo, el cerramiento supone una barrera de tal calibre, una rotura del dominio vital y aislamiento en las obras viarias, que puede ser preferible la mortandad inherente a la libertad de paso. En todo caso el cerramiento debería reducirse a aquellos lugares donde es más probable el riesgo de colisiones. Los dispositivos reflectores, al reflejar la luz de los faros hacia el exterior pueden evitar el paso de animales y la posible colisión.

Una precaución de carácter general consiste en retirar las tierras vegetales que van a ser afectadas por las obras, almacenarlas en montones de altura no superior a 1,5 metros y conservarlas para repartirlas después en la superficie a revegetar.

Una medida que puede compensar ciertos impactos negativos es el efecto beneficioso de las plantaciones en zonas alteradas que puedan actuar como núcleos de colonización de especies en regresión o ya perdidos que afectará positivamente a los espacios limítrofes.

El riesgo de incendio es magnificado por numerosos proyectos, lo que debe ser contrarrestado creando bandas de protección, cortafuegos, etc., o simplemente estimulando las medidas de vigilancia y lucha.

Debe preverse la construcción de vertederos para todos los residuos de la obra o actividad: materiales, maquinaria inservible, envases, bidones, plásticos, etc.

El riego de las obras puede ser una medida muy indicada en aquellos casos en que se produzca polvo con la consiguiente afeción a la vegetación, fauna y personas.

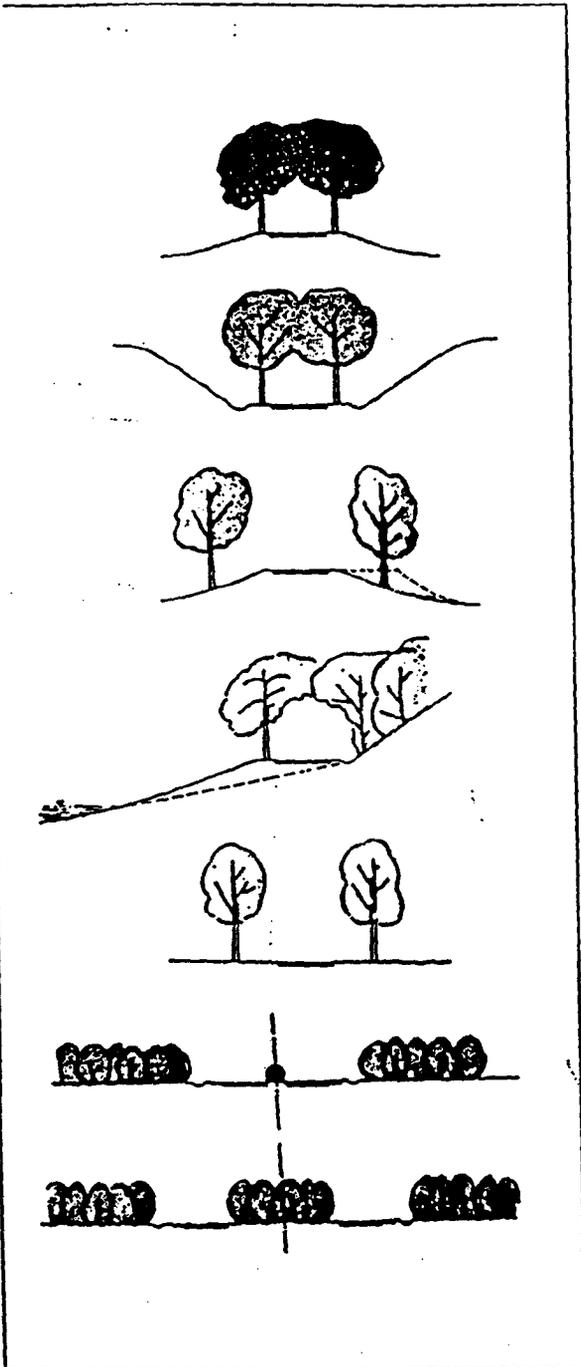
El corte de los pasillos de desplazamiento de la fauna terrestre se puede resolver mediante la construcción de pasos bajo la obra pública o, menos recomendable, sobre ella. En ciertos casos se pueden crear zonas de atracción de los animales (abrevaderos, refugios, comederos, etc.) que, en la medida de lo posible, les disuadan del paso.

Estudios recientes parecen recomendar que mejor que los pasos bajo carreteras es preferible tratar de complementar los hábitats afectados en ambos lados para darles una auto-suficiencia reduciendo así el número de pasos.

La fauna acuícola puede protegerse evitando que lleguen a los cauces o masas de agua materiales finos capaces de colmar los fresaderos, bloques con aristas vivas y cortantes y residuos procedentes del lavado de hormigones o maquinaria. Para ello se pueden construir parapetos o balsas que acumulen los sedimentos.

En las regatas trucheras debe hacerse una obra de fábrica que garantice al menos 20 centímetros de agua durante todo el año.

Las figuras adjuntas muestran algunas medidas correctoras de utilidad.



Limitaciones de las especies arbóreas y arbustivas en la sección transversal.

(Fuente: Bello-Morales, 1986).

Las medidas correctoras propiamente dichas tienen carácter curativo, encaminándose a la eliminación, reducción o modificación del efecto. Pueden operar sobre las causas o acciones del proyecto: modificación del proceso productivo, filtros en los efluentes, elementos para la recogida de aguas de escorrentía que arrastran sal en las carreteras, etc., o sobre el receptor favoreciendo los procesos naturales de regeneración o curando directamente: revegetación, cuidados culturales para la instalación progresiva de la vegetación preexistente.

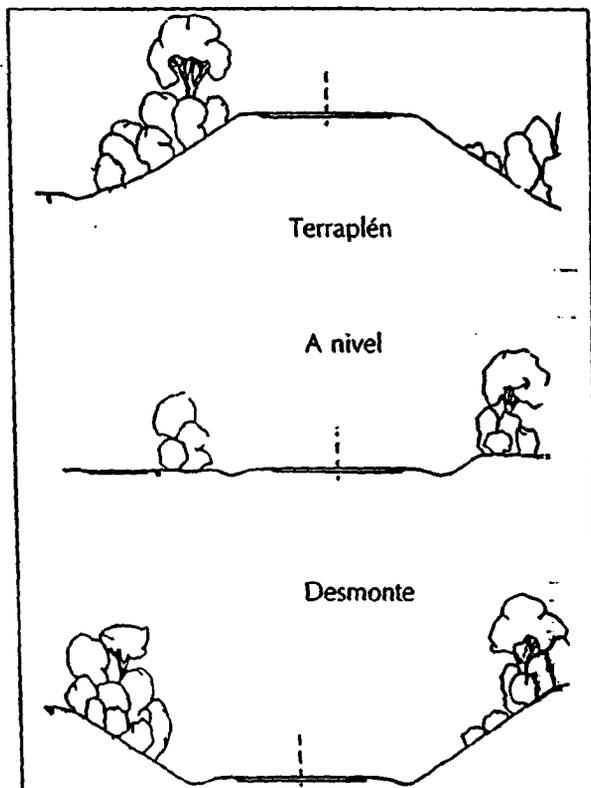
Las medidas compensatorias se refieren a los impactos inevitables o incorregibles y que pueden ser compensados por efectos positivos tal como plantar en otro lugar las especies vegetales que se afectaron.

Atendiendo al signo del impacto las medidas pueden clasificarse así:

- Dirigidas a corregir los impactos negativos del proyecto, en las líneas antes expuestas.
- Dirigidas a mejorar o aumentar los efectos positivos o introducirlos cuando no los haya, por ejemplo reforestar zonas degradadas que no se pensaba tratar.

Teniendo en cuenta esto hay que señalar que algunas medidas serán presupuestables, en cuyo caso deben incluirse como una unidad de obra, con su correspondiente partida presupuestaria, en el proyecto de la obra o bien en un nuevo proyecto de mejoras. Otras partidas no dan origen a una unidad de obra independiente, en cuyo caso deben incluirse como cláusulas en alguno de los capítulos del pliego de condiciones. Por ejemplo el tratamiento vegetal de un talud es proyectable y presupuestable, mientras el manejo cuidadoso de las máquinas para evitar destrozos innecesarios en la vegetación no da lugar a partidas presupuestarias.

Hay que señalar que la eficacia de las medidas aumenta con su inclusión en las fases tempranas del proceso, porque se pueden evitar así importantes impactos secundarios, caso de la erosión en taludes descubiertos, y porque resultan más fáciles de adoptar y más eficaces.

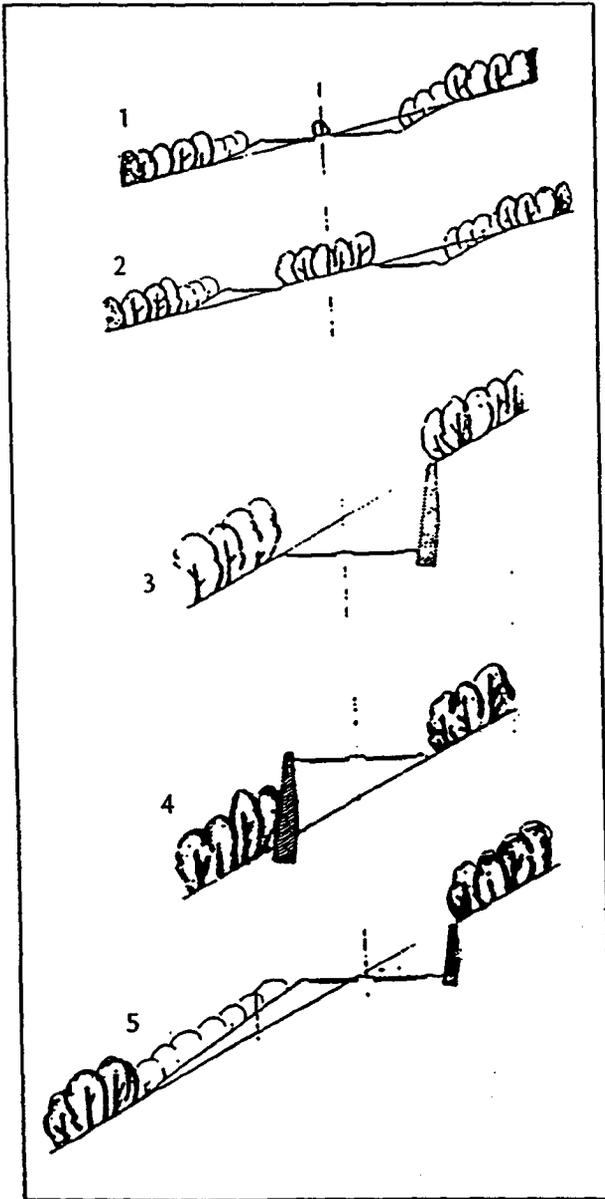


Disposición tipo de la vegetación según las normas alemanas.

(Fuente: Bello-Morales, 1986).

3. CARACTERIZACION Y VALORACION DE LOS IMPACTOS

Lo sustancial de un impacto es su signo y su valor. El signo puede ser positivo o negativo; no obstante en la metodología de evaluación a veces no es posible atribuir un



Trazado a media ladera en zona boscosa; 1 y 2 sin y con ampliación de la mediana central; las soluciones 3 y 4 eliminan menos bosque; la solución 5 es, ambientalmente, la más desfavorable.

(Fuente: Bello-Morales, 1986).

signo de afecto porque faltan datos o porque está sometido a incertidumbre, que sólo puede definirse a posteriori.

El valor del impacto depende de:

- Los atributos que lo caracterizan, tal como el grado de incidencia o intensidad, el momento en que se produce el efecto, la reversibilidad del efecto y el carácter temporal o permanente del citado efecto.

- De la superficie afectada de cada unidad en relación con la superficie del ámbito de referencia.
- Del valor de las unidades de vegetación o hábitat faunístico afectados.

La comparación de este impacto con los que se producen sobre otros factores ambientales puede hacerse recurriendo a las denominadas funciones de transformación o mecanismos capaces de traducir los impactos medidos en unidades heterogéneas a unidades homogéneas de impacto ambiental.

Las fichas del Anexo 1 muestran las funciones de transformación que vengo utilizando para los factores aquí considerados.

4. MEDIDAS CORRECTORAS

La palabra mágica en la gestión ambiental es integración. Todo proyecto debería estar incluido en un plan previo cuyas determinaciones se hubiesen deducido de presupuestos ambientales junto con criterios procedentes de otros campos. La localización de las actividades es condición *sine qua non* de integración ambiental. Un proyecto mal localizado es difícil de corregir en sus incidencias sobre vegetación y fauna y, en todo caso, las medidas que se propongan serán caras e ineficaces.

En este sentido la correcta gestión ambiental es indisoluble de la ordenación del territorio, siendo ambos conceptos mutuamente interactuantes.

Las medidas correctoras no deben constituirse en coartada para la aceptación de cualquier proyecto en la idea de que los impactos van a corregirse con la medida oportuna. Siempre es preferible evitar un impacto que corregirlo porque las medidas correctoras suponen un coste adicional que, aun siendo generalmente bajo con relación al coste total de la obra, no es despreciable y porque, aun en el caso de incidencias corregibles, siempre queda algún efecto residual imposible de eliminar.

De otro lado las medidas correctoras son, frecuentemente, causa de nuevos impactos, caso de la introducción de especies foráneas para tratamiento de taludes o zonas denudadas.

Según su carácter, las medidas pueden clasificarse en protectoras, correctoras propiamente dichas o curativas y compensatorias.

Las primeras evitan el impacto modificando alguno de los factores definitorios del proyecto, tal como:

- Localización de la obra o de sus partes.
- Tecnología.
- Tamaño.
- Calendario de construcción o de operación.
- Diseño.
- Materiales o materias primas a utilizar.
- Etc.

Identificación y evaluación de impactos ambientales sobre la flora y la fauna

- Disminución de la producción por modificación del vigor vegetativo o del suelo.
- De carácter positivo hay que señalar el efecto protector del suelo por parte de la vegetación introducida en cuencas vertientes a embalses o en áreas con procesos de erosión e inestabilidad.

Los impactos más importantes sobre la fauna son:

- Efecto de corte sobre dominios vitales de ciertas especies animales, particularmente significativo en caso de vías de comunicación; este efecto se realiza cuando altera una superficie funcional necesaria para una población animal, en cuyo caso se denomina efecto de sustitución. Este efecto barrera también es aplicable a la vegetación e incluso a los desplazamientos rurales.
- Afectación a los hábitats de ciertas comunidades, en términos de lugares de reposo, alimentación o refugio.

- Eliminación o reducción de especies valiosas.
- Desplazamiento de individuos o poblaciones.
- Invasión de nuevas especies y desplazamiento de otras al ocupar su nicho ecológico.
- Alteración de las poblaciones.
- Aislamiento de especies o individuos.
- Concentración de especies o individuos en zonas adyacentes.

Los impactos más importantes sobre procesos ecológicos indispensables para la flora o la fauna son:

- Alteración de cadenas alimenticias.
- Alteración de ciclos de reproducción.
- Alteración o ruptura de vías migratorias.
- Modificación de pautas de comportamiento.
- Perturbaciones por luces, ruidos, etc

CUADRO 1

		REFINERIA PETR.	CENTRAL TERM.	CENTRAL NUCL.	ELIM. RES. RADIOACT.	SIDERURGICAS	EXTRAC. AMIANTO	QUIMICAS	AUTOVIAS	FERRÓCARRIL	AEROPUERTOS	PUERTOS COM.	ELIM. RES. TOX.	GRANDES PRESAS	REPOBLACIONES	MINERIA A CIELO ABIERTO
VEGETACION	Eliminación de la cubierta vegetal	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•
	Cambios en la cubierta vegetal: diversidad		•											•	•	•
	Aumento de especies invasoras	•	•	•		•	•	•	•	•	•			•		•
	Dificultad para la regeneración								•							•
	Disminución de la producción	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•
FAUNA	Eliminación o reducción de especies	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•
	Desplazamiento de individuos o poblaciones	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•
	Invasión de nuevas especies		•	•								•		•		
	Alteración de las poblaciones	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•
	Eliminación o alteración de biotopos terrestres	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•
	Eliminación o alteración de biotopos acuáticos	•	•	•								•		•		
	Aislamiento de especies o individuos								•	•				•		
	Concentración de especies o individuos								•	•				•		
PROCESOS ECOLOG.	Alteración de cadenas alimentarias		•											•	•	
	Alteración de ciclos de reproducción		•											•		
	Alteración o ruptura de vías migratorias		•						•	•	•			•		
	Alteración o destrucción de pautas de comportam.	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•
	Perturbaciones (luces, ruidos)	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•

- La subexplotación de recursos, la falta de actividad también es origen de efectos indeseados sobre la vegetación e, indirectamente, sobre la fauna. En efecto, es bien conocido entre los profesionales de la agricultura cómo ciertos ecosistemas producidos por la adecuada acción humana, entran en declive por falta de cuidados; de aquí que la despoblación del agro sea uno de los elementos de impacto más importantes.
- La presión recreativa sobre el medio también repercute en las biocenosis vegetal y animal; directamente por la acción traumática de los usuarios de áreas recreativas; indirectamente por el pisoteo y compactación del suelo de personas y vehículos.
- La recolección de especies por parte de coleccionistas, museos, etc., es un impacto no despreciable en el caso de la vegetación pero con carácter de trágico en el caso de la fauna. En efecto, es conocida la captura, legalmente penalizada, de furtivos que atrapan huevos o ejemplares jóvenes para su venta a museos o coleccionistas. En ocasiones los propios turistas de las zonas exóticas (caso de alguna de las Islas Canarias, por ejemplo) son los responsables de los efectos más serios en lugar de los propios desarrollos turísticos.
- La introducción de flora y fauna exótica es otra de las causas más importantes de impactos al ocupar el nicho ecológico de ciertas especies desplazándolas de los hábitats que ocupaban. Resulta paradigmático el caso de las especies forestales de crecimiento rápido, como el eucalipto o el pino insignie, que sustituyen a las especies autóctonas en amplias zonas del litoral cantábrico y del sur.
- Del mismo tipo son los impactos de los controles biológicos que se introducen para el control biológico de las plagas agrícolas.
- La introducción de fauna exótica resulta más espectacular y de resultados negativos más rápidos. En la bibliografía se cita el caso de la introducción del conejo en Australia y recientemente y más próximo, de la ardilla en la isla de Fuerteventura. A veces esta introducción es casual como ocurre con ciertas especies indeseables que acompañan a los cultivos marinos en el Cantábrico (Ría del Eo, de Oyambre, etcétera).

2.2. El factor ambiental considerado

A los factores ambientales que aquí se consideran hemos denominado en otros cursos «biocenosis y ecosistemas», queriendo expresar con ello la ligazón existente entre ambos y la importancia de las interacciones entre sí y con los otros aspectos del medio. Toda afectación a la vegetación supone, directa o indirectamente, un impacto sobre la fauna, que añade a lo antes dicho, una dependencia directa de aquélla por razones de alimentación o cobijo.

A efectos del inventario ambiental exigido en el Reglamento sobre EIA, la vegetación se inventaría en términos de cartografía de unidades homogéneas; esta homogeneidad es relativa, dependiendo del nivel de detalle con que se realice la evolución. El criterio básico es variable, desde el pura-

mente fisonómico que considera la estructura de la vegetación, hasta los estadísticos que combinan ésta con el medio.

Cada una de las unidades inventariadas debe quedar descrita en función de una serie de atributos que permitan hacer una estimación de su valor o mérito de conservación, del que, en última instancia, dependerá el impacto. Dichos atributos son del estilo de los siguientes: estado vegetativo, especies dominantes y representativas, diversidad, singularidad, rareza, etapa serial en que se encuentra y su evolución, densidad de la formación, cobertura, productividad bruta y neta, estabilidad, etc. El tipo de atributos considerado variará según casuística particular.

A partir de estos atributos debe establecerse un valor que definirá el grado de exigencia de conversión, y por consiguiente, la envergadura del impacto.

El inventario faunístico debe atender tanto a las especies como a su hábitat. En los trabajos en que he intervenido da mejores resultados trabajar con biotopos que tengan un comportamiento unitario respecto a la fauna que con las especies individuales. En todo caso la consideración individual de las especies debe enfatizarse solamente en el caso de las más importantes. Considero que es más representativo del impacto sobre la fauna la afectación a sus hábitats que a los propios individuos. La valoración de dichos hábitats, no obstante, será función del número, calidad y significado de los individuos que soporta.

2.3. Los impactos

La predicción de impactos sobre la biocenosis puede recurrir a la técnica de los escenarios comparados, que utilizan la experiencia de lo ocurrido en otros lugares donde ya se ha realizado el proyecto previsto; a predicciones teóricas basadas en conocimientos científicos; construcción de modelos, que suelen adolecer de fiabilidad; reproducir en laboratorio las condiciones previstas; revisión de listas de chequeo o comprobación; realización de grafos de interacción causa efecto; matrices cruzadas o escalonadas, etcétera.

Los impactos pueden ser directos sobre la vegetación que después repercuten, indirectamente, sobre otra vegetación a través del suelo y sobre la fauna. Directos sobre el suelo e indirectos sobre la vegetación y la fauna. Directos sobre la fauna e indirectos, a través del suelo, sobre la vegetación y la fauna en otro lugar. Directos sobre el agua e indirectos a la vegetación y fauna.

Los efectos más importantes sobre la vegetación se pueden resumir así:

- Eliminación, modificación o disminución de la cubierta vegetal de las superficies ocupadas por formaciones vegetales de más interés, reforzándose así la discontinuidad del paisaje vegetal.
- La introducción de especies foráneas puede dar lugar a invasiones y desplazamientos de especies autóctonas y a convertirse en malas hierbas para los cultivos.
- El cruzamiento de especies exóticas y autóctonas dando lugar a cambios en la naturaleza de estas últimas.
- Dificultades de regeneración a consecuencia de la modificación de la textura y estructura del suelo.

las movilizaciones populares. Esperemos del buen sentido que seamos capaces de participar realmente todos en un futuro de la defensa del medio ambiente, en donde nos es-

tamos jugando un futuro cada vez más próximo en las amenazas que se nos anuncian. Que por el bien de todos hagamos causa común con nuestra naturaleza.

BIBLIOGRAFIA:

- GALTUNG, J.: *El desarrollo, el medio ambiente, y la tecnología*. UNCTAD. ONU.
- GOMEZ OREA, D.: *El espacio rural en la ordenación del territorio*. MAPA. Madrid.
- JIMENEZ HERRERO, L.: *Medio ambiente y desarrollo alternativo*. IEPALA. Madrid.
- NAREDO, J.M.: *La economía en evolución*. Siglo XXI. Madrid.
- NERFIN, M ET AL.: *Hacia otro desarrollo: Enfoques y estrategias*. Siglo XXI.
- RACIONERO, L.: *Sistemas de ciudades y ordenación del territorio*. Alianza Ed. Madrid.
- REYES, R. (ED.): *Terminología Científico-Social*. Anthropos. Barcelona.
- RODRIGUEZ-VILLASANTE, T.: *El Impacto Ambiental*. *Revista A.M.A.* de Madrid.
- RODRIGUEZ-VILLASANTE, T. Y ALGUACIL, J.: *Plan de difusión y participación*. D.G.U. Pol. Territorial. J. Andalucía. Comunidades Locales. IEAL. INAP. Madrid.
- RODRIGUEZ-VILLASANTE, T. et al.: *Salida Asociativa y Ciudadana*. FACMUM- 2. Madrid.
- RODRIGUEZ-VILLASANTE, T.; Alguacil, J. y Barrera, A.: *La Comarca. Juego de simulación*. DGMA. MOPU. Madrid.
- VARIOS AUTORES.: *Jornadas sobre E.I.A.* Sevilla 1988. MOPU y J. Andalucía.
- VARIOS AUTORES.: *Guías metodológicas para la elaboración de EIA*. DGMA. MOPU. Madrid.
- VARIOS AUTORES.: *Sobre Opinión Pública y Participación en EIA*. MOPU. Madrid.

CUADRO 3 PRUEBAS DE COMPROBACION

1. Diferenciar entre participación y dirigismo.
2. ¿Qué sujetos seleccionaría para llevar a cabo una reunión de grupo, a efectos de detectar el conflicto latente que puede existir en una comunidad de 10.000 habitantes, ante el impacto de un proyecto de construcción de un gran embalse?
 - Los que más saben y están más preparados.
 - Los líderes y representantes sociales.
 - Un grupo formado por personas seleccionadas por medio de un muestreo aleatorio estratificado.
 - Los que voluntariamente quisieran intervenir.Elegir y justificar una respuesta.
3. ¿Qué técnica elegiría para conocer lo que sabe, opina y siente la población de una gran ciudad frente a la instalación de un plan de medidas energéticas?
4. ¿Qué beneficios puede reportar el integrar a los pequeños grupos informales en el proceso participativo?
5. Hacer un cuestionario de 10 preguntas para realizar una encuesta cualitativa estructurada en un Estudio Preliminar de I.A. El proyecto es el trazado de una carrera, y la muestra se realiza a «testigos privilegiados».
6. Determinar qué agentes sociales deben participar en un E.I.A. preliminar para un proyecto de construcción de una fábrica de automóviles en las inmediaciones de una ciudad de 500.000 habitantes.
7. Instrumentar una metodología concreta para lograr la participación en la fase A (conocimiento, predicción y evaluación) de los agentes sociales, en el caso anterior.

Fuente: María Luisa del Río Martínez (Licenciada en Ciencias Políticas y Sociología).

En cualquier caso es difícil pedir colaboración si no se aportan medios suficientes para ello. Y luego hay que saber qué hacer con esos medios desde un punto de vista de organizar la participación, y de otro lado la investigación social. Hemos abierto aquí una serie de posibilidades en los caminos de participación, pero no se puede dar un recetario para cada situación concreta. Hay que formar más especialistas que sobre la práctica vaya poniendo en marcha casos concretos resueltos positivamente. Estamos en esta tarea en la parte de las ciencias sociales, tenemos la experiencia de los planes urbanísticos, y debemos avanzar hacia soluciones participadas que integren todos estos conocimientos.

Hemos hablado de la importancia de la participación desde un primer momento ante los EIA, pero debemos prever que los efectos pueden llegar muy lejos, como es el caso reciente del incendio en la Central Nuclear de Vandellós. Donde a raíz de los riesgos en que estuvo la pobla-

ción desde los propios Ayuntamientos hasta el Parlamento Catalán han solicitado el cierre. Los problemas de Protección Civil para garantizar un plan de evacuación que no acaba de funcionar, el atasco demostrado por falta de infraestructura de comunicaciones en la zona para una población asustada, etc., hace que estos temas ya no se planteen como hipótesis de trabajo un tanto remota, sino como hechos históricos con notable repercusión pública.

Por todo ello hay temas como el Nuclear que difícilmente pueden tener una consideración positiva habiendo otras alternativas por desarrollar especialmente en nuestro estado. Pero aún así hay temas como los de los almacenamientos de residuos, y otras instalaciones de este tipo que habrá que contemplar necesariamente. Deberíamos centrarnos ahora en un seguimiento de las condiciones actuales de funcionamiento y seguridad, mesas de participación donde se supervise y se rehagan aquellos estudios que no se hicieron públicamente en su día. Nos tememos que muchas de nuestras centrales no resistirían tales pruebas. Ya hubo dimisiones sonadas en su día en Extremadura, conflictos muy graves en el País Vasco, peticiones de que se cierren en Cataluña por las más altas autoridades. Desde luego no es el momento para plantear nuevas puestas en marcha, sino más bien un cierre paulatino, pero definitivo.

En otros aspectos los EIA esperemos que sirvan para alternativas no tan totales. En embalses, carreteras, reforestaciones, etc., se puede tener unas valoraciones más locales. Se puede discutir los volúmenes, los trazados, aspectos parciales, y otros elementos de tal forma que no siempre sea una oposición a todo desarrollo. Hay tecnologías intermedias y apropiadas a proyectos de distintas escalas, hay escalas más humanas e integrables en las culturas y capacidades de cada población local. Los proyectos tecnológicos no tienen por qué ser destructores sistemáticamente, sino por el contrario deben ser innovadores y creativos para potenciar un auténtico desarrollo de la calidad de vida de las comunidades locales.

Porque sabemos de soluciones técnicas a distintas escalas, con tecnologías más «blandas» y apropiadas a los medios ambientes, es por lo que creemos en la participación y en la mejora de los proyectos, de acuerdo con los estudios de necesidades sociales.

Desde los trabajos de Joham Galtung, el gran metodólogo nórdico, sabemos que la pluralidad de tecnologías es correlacionable justamente con los estudios sociales. De aquí que estos estudios sociales estén en la base, desde el principio, del tema de los EIA. Hemos salido ya de la mitificación de que sólo es posible un modelo de desarrollo y un tipo de tecnologías como males necesarios; y hoy es preciso debatir con la población estas grandes cuestiones, debates que en cualquier caso no deben quedar relegados a los técnicos en tal rama de ingeniería o incluso social, sino que bien o mal, ya son del dominio público.

Hará bien, por tanto, la Administración si exige en su Evaluación de los EIA unos documentos de tipo social y de participación de rigor, y no se conforma con meros estudios para pasar el trámite. Desde luego en ello va la credibilidad de la administración ante los ciudadanos, y aunque sin duda tendrá presiones de las empresas que quieren imponer un proyecto, debe contar seriamente con otras presiones que sin duda tendrá desde la opinión pública y

apoyo popular. Para ello es necesario un proceso, y no sirve una reunión improvisada donde se llama a decidir sobre algo no conocido suficientemente. Por tanto la participación tiene distintas caras complementarias que han de funcionar a la vez; sin mitificar al afectado como muy ilustrado pero tampoco mitificando al técnico o al político por sus estudios o representatividad electoral. No vale poner unos carteles, o dar un plazo, o tratar de traer a la gente hasta un lenguaje técnico incomprensible para la mayoría, por lo que veremos.

En una sociedad con cientos de eslóganes diarios martilleando en el cerebro (muy bien estudiados sociológicamente) no sé cómo se quiere competir con llamadas intelectuales frías o con anuncios jurídicos. Más parece que se quiere que la gente no participe. Y para demostrarlo ahí tenemos la participación en los planes de urbanismo, donde arquitectos y urbanistas hacen cosas muy bellas pero muy ineficaces desde el punto de vista de la participación. Hace falta una mayor comprensión de las partes de estos procesos informativos.

Debemos diferenciar entre las formas de participación para a) Recoger Información, b) Formación y Debate, c) Difusión Amplia, y d) Toma de Decisiones. Todos ellos son aspectos que deben estar presentes en algún grado en el proceso desde el aviso inicial hasta la información pública, las alternativas y alegaciones, e incluso en el seguimiento posterior. Se puede hacer un cuadro de doble entrada entre estas partes de la participación y por otro lado los momentos sucesivos que han de irse sucediendo. Dentro de esos cuadros se irían poniendo técnicas adecuadas a cada caso concreto, y así es la mejor forma de proceder en un planing de trabajo.

Cada uno de esos aspectos de la participación va destinado a un objetivo diferenciado. Recoger información, tal como se manifestó por los ciudadanos, se puede hacer mediante una carta a los afectados lógicamente cuando se considera que son pocos, o mediante un sondeo tanto cualitativo como cuantitativo, cuando se refiere al público en general. Recoger información es una tarea conexonada con las tareas investigadoras, pero en este caso es recoger las opiniones tal cual, no tanto para investigarlas sino para ponerlas a disposición de la propia «mesa» de participación.

Porque una «mesa» de participación entre los colectivos (sus representantes) afectados es una buena práctica para la toma de decisiones. Naturalmente esto implica que se permita a los partícipes tener toda la información, aportar otras vías o propuestas, tomar decisiones conjuntamente, e implicándose la responsabilidad de lo decidido conjuntamente. En el fondo éste es el fin de la participación y su más alto significado, pues viene a ser un permitir compartir el poder, para un caso concreto, por la administración correspondiente. A cambio busca un consenso para actuar con menores problemas y por eso es eficaz.

Entre la gente que puede participar hay distintos grados, en las redes asociativas y las redes del tejido social informal. Desde los estudios de redes que venimos haciendo hemos aprendido a distinguir entre los Grupos Formales, dispuestos a acudir a reuniones y a defender principios ideológicos o profesionales, y aquellos otros Sectores Informales que sólo se rigen por los estereotipos de las subcul-

turas de las pandillas de jóvenes, de las amas de casa, de los pensionistas en su bar, o de unos cabezas de familia en su pueblo. La participación no se puede plantear indiscriminadamente, sino de manera específica en cada elemento de la red.

De cara a los Grupos Formales se trata de reuniones de debate y formación, sobre un lenguaje apropiado, se trata de exposiciones acordadas en los lugares descentralizados donde se concrete, de mejoras o de alternativas que se han de discutir, etc. El ritmo de este tipo de participación lógicamente es diferente del de el gran público y no debe uno pensar en medios masivos, pues cada uno de aquellos que van a esos debates luego tiene sus propios canales de difusión. Se trata de un proceso que debe ser previo a la toma de decisiones finales. En la medida de lo posible por quien convoca se trata de ganar voluntades y un mayor consenso.

Los medios de comunicación públicos como radio, prensa o TV son adecuados para campañas de sensibilización general y de difusión de los grandes debates. Son medios para el gran público, para que al día siguiente se comente en el trabajo o en el bar. Es otra forma de participación diferenciada de las anteriores, puede concluir en asambleas o en encuestas, pero es también muy importante porque trata de implicar a la mayoría de la población. Las técnicas aquí son distintas, y habría incluso que pensar en un tratamiento diferenciado por sectores (edad, sexo, etcétera).

Los materiales del tipo de carteles, folletos, etc., son siempre un complemento en una campaña de difusión y no el elemento central, pues la sobreabundancia de estos materiales en la vida cotidiana hacen que no se comenten entre la gente. Y de lo que se trata es de provocar el comentario. Otros elementos como abrir una oficina «in situ» para facilitar la comunicación formal, o poner un teléfono especial, o el ombusman, etc., son muy interesantes, pero siempre que se cree una corriente de opinión favorable a usarlos.

En todo caso quedan las alegaciones formales que se presentan oficialmente y que han de ser tenidas en cuenta tras la información pública. La participación corre riesgos y consume tiempo, es un proceso y debe ser ágil y apropiada a cada caso concreto.

4. CONCLUSIONES

Los EIA están aún muy verdes en nuestro estado, y aun así ya están siendo controvertidos. Falta que la práctica por comunidades autónomas y sobre grandes temas sea realmente preventiva y no sólo curativa. Esto significa automáticamente que quien hable de participación debe preparar los medios técnicos y materiales para que ésta se pueda dar. Hay que seguir el ejemplo de Holanda, Canadá, o Australia, donde se asignan fondos económicos suficientes para hacer efectiva la participación de los ciudadanos. Los EIA pueden ser un elemento muy importante para la defensa del medio ambiente y de las comunidades locales en su calidad de vida, pero siempre que se enfoquen desde un amplio respaldo popular. Y eso depende tanto de las administraciones, como de los técnicos, como de las asociaciones en su disposición a colaborar.

CUADRO 2
TECNICAS EN EL PROCESO DE PARTICIPACION Y EVALUACION

Nivel de contacto conseguido	Capacidad de tratar temas específicos	Comunicación/ Diálogo	1 = bajo 2 = medio 3 = alto x = capacidad Público y técnicas Participación	Información/ Formación	Identificación problema valoración	Conseguir ideas Resolver problemas	Respuestas	Evaluar	Resolver conflictos Conseguir consenso
2	1	1	Audiencias		X		X		
2	1	1	Reuniones Públicas	X	X		X		
1	2	3	Reuniones de pequeños grupos informales	X	X	X	X	X	
2	1	2	Reuniones de información pública	X					
1	2	2	Presentación a la Administración Local	X	X		X		
1	3	3	Seminarios de coordinación de la información	X			X		
1	2	1	Apertura de oficinas <i>in situ</i>		X	X	X	X	
3	3	1	Encuestas		X	X	X		
2	2	1	Información: folletos, hojas, prospectos	X					
1	3	3	Viajes a la zona, contactos locales	X	X				
3	1	2	Exhibiciones, exposiciones	X		X	X		
2	1	1	Material de medios de comunicación	X					
3	1	1	Tablones de Anuncios	X					
1	3	3	Llamadas telefónicas	X	X	X	X		
2	1	1	Prensa	X			X		
1	3	1	Cartas pidiendo colaboración			X	X		
1	3	3	Mesas redondas y discusiones públicas		X	X	X	X	X
1	3	3	Comités consultivos		X	X	X	X	X
1	3	3	Grupos de trabajo representativos de todas las fuerzas		X	X		X	
	3	3	Entrevistas con el <i>ombudsman</i> , o defensor del pueblo/representante		X	X	X	X	X

Fuente: María Luisa del Río Martínez (Licenciada en Ciencias Políticas y Sociología).

con relación al impacto ambiental que, a juicio de cada una, se derive de aquél, o cualquier estimación que estimen beneficiosa para una mayor protección y defensa del medio ambiente, así como cualquier propuesta que estimen conveniente respecto a los contenidos específicos a incluir en el estudio de impacto ambiental ...» (art. 13).

Así aparece la consulta previa (el «scoping»), previo en nuestra legislación, en la línea de las recomendaciones internacionales (CEPE, OCDE, PNUMA) pues cuanto antes se implique la participación en el proceso se evitan males posteriores, como reconoce la práctica comparada de los EIA. Es una buena ocasión para preestablecer todo un plan de participación participado con aquellas entidades que muestren su interés en colaborar. Definiendo además las técnicas y alcance que se le va a dar a esta participación.

El aviso previo no es sólo pues un aviso informativo sino también una invitación para aportar mejoras o alternativas al proyecto.

Lo que descubre, lo dicho sobre el «scoping», es que hay distintas concepciones de lo que se entiende por participación ciudadana. Algunos de los conceptos hacen referencia a los estudios sociológicos que ya hemos mencionado, pero reducirla a ellos es tanto como mutilar el concepto. Y por cierto a veces se trata por intereses poco democráticos de hacerlo. La participación hace referencia a una serie de métodos que deben acabar por producir una toma de decisiones conjuntas con los afectados.

La toma de decisiones se debe hacer con el mayor conocimiento de causa de lo que se decide y con el mayor

CUADRO 1
TECNICAS DE PARTICIPACION SEGUN LAS FASES DEL PROYECTO

FASES DE PARTICIP.		FASES PROYECTO	OBJETIVOS	TECNICAS DE PARTICIPACION
A	1	Descriptiva • Proyecto • Area	• Obtención datos	— Entrevistas en profundidad a «Testigos privilegiados». — Encuestas a una muestra representativa del universo estudiado por medio de un cuestionario codificado.
	2	Identificación y Pronóstico Impactos	• Identificar conflicto. Pulsar opinión pública	— Planificar reuniones con representantes, organismos oficiales técnicos del proyecto. — Reuniones de grupo con pequeños grupos informales y voluntarios. — Reuniones de grupo estratificadas. — Llamadas telefónicas.
	3	Evaluación de las Alternativas	• Propuestas • Obtención consenso	— Cartas. — Apertura de oficinas <i>in situ</i> . — Mesas redondas con representantes de grupos sociales, etc.
B	4	Informe	• Información Pública	— Medios de comunicación: prensa, revistas, radio, TV regional. — Tablón de anuncios. — Exposición: paneles, vídeos, planos, etc. — Apertura oficina: información técnica.
C	5	Alternativas	• Alegaciones	— Oficina receptora y mediadora en las reclamaciones y los recursos de impugnación.

Fuente: María Luisa del Río Martínez (Licenciada en Ciencias Políticas y Sociología).

reses, sin mecanismos democráticos de protesta e intervención popular, etc. Pero felizmente nuestras sociedades están abiertas a posibilidades de participación nuevas.

3. EL PROCESO DE PARTICIPACION

La participación ciudadana en los EIA responde a un criterio democrático que en nuestras sociedades está cada vez más presente. Es decir, el derecho de los ciudadanos afectados a intervenir en las decisiones sobre los proyectos que piensan que les puede cambiar la calidad de vida. Como reconoce nuestra Constitución la participación no se agota en el proceso electoral, sino que debe fomentarse en todos los campos de la iniciativa ciudadana. Mucha otras legislaciones y prácticas sociales de países desarrollados, y aún menos desarrollados, igualmente reconocen este principio democrático.

Como decíamos antes desde los estudios cualitativos y cuantitativos podemos descubrir muchas razones que no tienen por qué coincidir con las manifestadas por la gente en la participación. Aquí el criterio es conocer la voluntad, equivocada o no, de los afectados e iniciar un proceso de aclarar los motivos y alternativas; y sobre ello construir una solución lo más viable posible para una mayoría social. Los puntos de vista de los que se parte es desde los sujetos en presencia, de sus actitudes y alternativas parciales o totales.

Cada vez nuestras sociedades tienen un nivel intelectual mayor, el cambio de valores ciudadanos es más favorable a una intervención directa en los asuntos medioambientales, y el desarrollo de la legislación europea, española y autonómica así lo va respaldando. Aparecen colectivos y asociaciones que enriquecen la sociedad civil, y que a veces tiene pocos afiliados pero que consiguen notables audiencias, a través de los medios de comunicación social, y en otros casos a través de redes de intereses que están presentes en la vida local consiguen grandes movilizaciones de opinión.

Además, desde un punto de vista egoísta del promotor del proyecto, conviene recordar que puesto que tales proyectos son difíciles de ocultar, mejor es concitar apoyos modificando algunos aspectos del proyecto inicial, y reduciendo el posible conflicto. La participación aparece como un mecanismo para intentar conciliar algunos aspectos más enfrentados, aportar algunas mejoras, e incluso para descubrir (antes de que sea tarde) un posible conflicto que se declararía en momentos posteriores, donde cualquier vuelta atrás sería mucho más costosa.

En el decreto 1131/1988 de 30 de septiembre sobre EIA se ha establecido la posibilidad de que la Administración Ambiental haga un proceso de consultas previas a la redacción del EIA: «a las personas, instituciones y administraciones previsiblemente afectadas por la ejecución del proyecto,

La condición socio-económica es básica para entender las pautas de comportamiento y también las repercusiones económicas en la zona. Así es preciso un estudio de la población activa: tasas de población ocupada y desocupada, tasa de paro, de dependencia real, etc. Un factor que cada vez tiene mayor incidencia es el nivel de instrucción, que debe ser combinado con los datos anteriores, y los otros de distribución por sectores de actividad económica. Las precisiones y cruces de estos datos nos pueden dar elementos del mayor valor para aclarar los problemas actuales de la comarca considerada, y los que se pueden derivar del proyecto.

El estudio de la economía local suele conectarse con los sectores de actividad. Al estudiar el sector primario, cabe considerar no sólo la población en sí, sino las actividades productivas y sus dinámicas (agrícola, forestal, ganadera, extractivas, de pesca y hasta de caza). El impacto ambiental sobre estos sectores suele ser determinante y por ello debe hacerse este estudio desde diversas perspectivas de posibles desarrollos. No se trata de que desaparezcan las actividades preexistentes sino de la complementación, o incluso el impulso que se deba al proyecto para ver si es potenciado este sector. Que puede ser un buen elemento de conservación del medio ambiente además de una actividad productiva.

Las actividades del sector secundario (que hacen referencia a las fuentes energéticas, abastecimientos de agua, infraestructuras, industrias, sector de la construcción, etc.) en algunas comarcas son más importantes que en otras, pero en cualquier caso son datos imprescindibles para ver el tipo de especialización funcional y las posibles alteraciones que son probables a partir del proyecto que consideramos. El tamaño y densidad del tejido empresarial puede ser un indicador a tener muy presente por lo que indica también de niveles de renta, sistemas de propiedad y asalarización, etc.

El sector terciario en nuestras sociedades tiene siempre una gran importancia pues incluye los aspectos de servicios, comercio, y otros no directamente productivos. Los estudios deben centrarse en subtemas como el turístico, o el financiero, o el comercial, etc., dependiendo de la importancia en cada localidad. Hay terciario de servicios que es público y otro que es privado, hay aquel que se concentra en alguna población cabecera y aquel otro que está disseminado en pueblos o barrios, etc. Todas estas características serán tenidas en cuenta a fin de completar un estudio socio-económico de la zona.

En vista de todos estos factores hasta ahora enunciados no estará de más hacer un resumen balance agrupando por intereses objetivos a los diversos actores sociales en potencia y presencia. Todos estos datos nos pueden caracterizar unas clases sociales, unos intereses objetivamente considerados, unos sistemas territoriales (integrados o marginados, equipados o no, etc.); es decir, unos bloques sociales que previsiblemente están a favor o en contra de un proyecto que sin duda no caerá neutralmente, sobre todo por estudios comparados con situaciones semejantes. Esto no quiere reducirse a que existan sólo dos o tres bloques en disputa, ni que tenga que suceder mecánicamente lo que se ha dado en otras situaciones, pero sí quiere decir que los intereses encontrados, los dudosos y otros estarán sin duda presionando durante la realización. Y es bueno saberlo.

D. Además de los datos cuantitativos que hemos citado hay necesidad de profundizar en su significado con otros indicadores cualitativos que, cada vez más, son usados en los estudios sociológicos. Se trata de entender la particularidad, lo subjetivo, y ver cómo se relaciona en redes significativas de actuación. Este tipo de investigación suele emplearse por las grandes empresas para detectar todo aquello que precisamente las estadísticas no permiten ver, y sobre todo para que las opiniones a distintas escalas permitan saber comportamientos y disponibilidades. Cualquier campaña a favor o en contra del proyecto deberá contar siempre con un estudio previo de este tipo.

Pero este tipo de investigación en una zona concreta puede hacerse, ventajosamente, intentando establecer las redes de influencia que funcionan de hecho en estas localidades. Así se puede empezar por establecer la presencia de las distintas administraciones, su red de relaciones, su grado de influencia, y cómo son percibidas por la población. Los representantes de la «imagen» del poder y cuáles son los canales de influencia tradicionales, y cuáles son previsibles con el proyecto. Los medios de comunicación (radio, prensa, etc.) son muy importantes en este apartado.

El estudio de redes, tal como solemos hacerlo, sigue por establecer las conexiones que existen entre los «grupos formales» con presencia en la zona. Es decir directivos o colectivos de asociaciones de todo tipo, como sindicatos, iglesia, ecologistas, asociaciones vecinales, culturales, de comerciantes, peñas, etc. Todo lo que se llama el tejido asociativo o sociedad civil, que sin duda tiene algún grado de relación entre sí, y a quien además deberemos dirigirnos para el proceso de participación pública del EIA. Cómo se conectan o desconectan entre sí, con la administración, y el grado de influencia que tienen entre la población por prestigio, socios, etc.

Hay también otras técnicas cualitativas para detectar a la mayoría de la población, «sectores informales», que también forman redes de vida cotidiana. Este tipo de estudios suelen ser de gran interés pues permiten ir más allá de las evidencias, incluso de las opiniones manifiestas de los ciudadanos (a través del grupo de discusión, etc.). De cara al proceso de participación en sus diferentes fases, y cómo programar las actividades para que resulten efectivas, estos estudios son especialmente indicados.

Con todos estos estudios de tipo histórico y de planeamiento, de tipo cuantitativo y cualitativo, no se trata de ponerlos unos tras otros, sino de interpretarlos conjuntamente y críticamente. La realidad social es notablemente compleja, y además está siempre en un proceso de tensiones, por lo que se debe emplear en estos estudios un tiempo y dedicación muy importante, pues sólo así se podrá describir las posibles variantes que son posibles sobre el proyecto presentado. Hemos de pensar que tanto la administración como luego toda la sociedad estarán pendientes de las presiones sociales que se presentarán; sin duda desde los intereses empresariales que quieren sacar adelante el proyecto con los menores costes; pero también presiones de las fuerzas políticas, sindicales, vecinales, ecologistas, municipales, culturales, etc. Los presupuestos invertidos en este tipo de estudios deberán medirse también desde estas ópticas, y no pensar que con un simple trámite este apartado puede quedar solucionado. Eso es pensar en una sociedad sin medios de comunicación social, sin redes de inte-

Problemas de localización pueden plantearse por estos aspectos, y una conveniente previsión puede reducir considerablemente posteriores problemas de paralizaciones, promovidas tanto por las autoridades competentes en esta materia, como por iniciativas de asociaciones culturales locales. La memoria histórica de los pueblos es algo que no es fácil de conocer, pero que más vale prever y conservar si el objetivo es mejorar la calidad de vida de los habitantes de la zona con el proyecto de referencia.

Los valores culturales no se refieren sólo a la cuestión histórica, sino también a la etnología prioritariamente, al menos desde el sentir de sus habitantes. Es decir elementos del sistema de vida de la cotidianeidad de la población de la comarca, que sin duda se verán afectados por el desarrollo del proyecto. Tanto de la construcción, como después con el funcionamiento. Por lo mismo las pautas de vida pueden verse alteradas al recibir una población foránea, que luego se asentará o bien marchará, y en cualquier caso producirá una serie de posibles tensiones. En no pocos casos este tipo de intercambios culturales pueden ser desencadenantes de tensiones sociales o bien enriquecimientos culturales, dependiendo de cómo se enfoquen.

Alguien puede pensar que hemos empezado por los aspectos menos importantes de un estudio social, pero tenemos constancia que las chispas desencadenadoras de numerosos conflictos suelen prenderse justamente a partir de elementos simbólicos locales y de aspectos aparentemente tangenciales. Para un buen trabajo de participación ciudadana, como veremos, este tipo de estudios está en la base de un buen trabajo de animación sociocultural, con lo que se podrá orientar bien el encauzamiento a un debate de mayor rigor con las aportaciones en presencia.

B. Además es previo también el conocimiento de los Planes de las instituciones implicadas. Planificación regional y planeamiento urbanístico son elementos donde las instituciones tienen una serie de competencias que quieren defender y desarrollar según sus específicos intereses. Así como los EIA son obligatorios según leyes recientes, existe una legislación del suelo (urbanística), de protección agraria, etc., de cierta experiencia. No está de más fijarnos en ella para ver cómo se han resuelto muchos de los problemas que se nos plantean.

En primer lugar están las competencias transferidas a las autoridades autonómicas y los planes que puedan tener previstos de tipo económico o de tipo protector. Por ejemplo existen Planes Especiales del Medio Físico en algunas comunidades, o Directrices Regionales de planificación, que han de ser tenidas en cuenta para cualquier proyecto. Desde la legislación de protección de espacios naturales existen también distintos tipos de protecciones agrarias, de «parques naturales» o incluso de «parques nacionales». Los efectos con respecto a estas planificaciones pueden ser muy importantes y por ello debería tratar de integrarse armónicamente con los otros conjuntos de medidas.

En todo caso cualquiera de estos estudios suelen estar bien documentados y por tanto es un material muy valioso para poder establecer puntos de comparación para nuestras estadísticas o estudios comarcales o locales. La insistencia en partir de este tipo de análisis y de planificación tiene un interés metodológico evidente, pues facilita cualquier trabajo, pero además un contacto estrecho con las

autoridades regionales o provinciales. Es siempre muy conveniente tanto para obtener datos como para resolver determinadas cuestiones o trámites que se han de abordar.

En cuanto a las instituciones conviene distinguir entre aquellas que son directamente responsables en planes o licencias para el proyecto, y aquellas otras que, aún no siéndolo, es conveniente que sean consultadas para tratar de ganar el mayor consenso posible. Puesto que no estamos ante opciones neutras, sino que suelen polarizar las opiniones, y los apoyos, hacia un bloque u otro, conviene que estos estudios y relaciones se prevean con contactos abiertos y aclaratorios. Participación que debe ir por delante, pues la política de sorpresa y hechos consumados, por prepotente, suele volverse contra quien la practica a medio o largo plazo.

En concreto se ha de tener muy en cuenta la planificación urbanística, que depende de los Ayuntamientos de la zona. No sólo por la valiosa información de la que se puede disponer, y porque las licencias de obras han de darlas los Ayuntamientos, sino porque el tener en contra a los Ayuntamientos es un problema muy difícil de resolver para la política de construcción y para el seguimiento de las actividades emprendidas. La planificación urbana recoge muchos elementos anexos al propio proyecto, en cuanto a infraestructura viaria, equipamientos, vivienda, y otras actividades industriales, terciarias o agrarias (preservación de espacios, etc.) y por lo mismo son documentos en los que hay que enmarcarse.

En concreto las redes de transportes, infraestructuras y medios de comunicación suelen sobrepasar la cuestión municipal, pero son algo a tratar con las distintas entidades locales. Problemas de conexiones de viario, problemas de seguridad en centrales nucleares para planes de evacuación, o problemas de cortes en embalses, etc. Son elementos definitorios de una localización u otra, e incluso del tamaño y existencia del proyecto que se considere. Acontecimientos repetidos nos ilustran de los embotellamientos de tráfico en cuanto sucede algún imprevisto y la población reacciona ante mínimas informaciones de formas muy incontroladas.

C. Entramos así en el estudio de los datos demográficos, es decir, un trabajo a partir de los datos cuantitativos disponibles de los padrones municipales y otras fuentes estadísticas. En estos estudios se suelen mostrar unas pirámides de población y unas proyecciones para su evolución. Pero mejor será centrarnos en los aspectos más significativos sobre las condiciones de vida. O sea sobre las posibles alteraciones de la estructura demográfica, sobre su salud, etcétera, buscando indicadores a este respecto.

En concreto un estudio debe ser sobre la distribución y densidad de los núcleos de población, de su sistema de jerarquización y la movilidad de la población. Tanto la movilidad del crecimiento vegetativo (nacimientos, defunciones, matrimonios, etc.), como migraciones, tanto en el sentido externo (fuera de la comarca) como interiormente en nuevas redistribuciones. Para todo ello habrá que tener presente las pautas generales del cambio demográfico que está ocurriendo, y no hacer proyecciones exageradas; pero también tener en cuenta los datos de oferta de residencia o de trabajo, en cuanto influyen decisivamente en los asentamientos de población.

Hay quien en sus definiciones de Impacto Ambiental habla de «efectos sobre el medio ambiente que produce una determinada acción humana», y hay quien ve «la alteración que se presenta sobre la salud y bienestar del hombre». Seguramente se trata de conjuntar sistemáticamente, y en mayor profundidad, estas definiciones. Entendiendo, además, que el hombre no es algo aislado sino conjuntos sociales entre sí, y con el medio y recursos donde habita. Con ello queremos dejar claro que desde las mismas definiciones ya se puede estar lastrando el tipo de estudios a realizar y que conviene tener presente desde un primer momento los aspectos sociales, y no como un apéndice que simplemente nos manda la ley como compromiso.

En las Jornadas celebradas en Sevilla (noviembre, 1988) el profesor Norman Lee, auténtico padre de la normativa europea de EIA, señalaba la importancia de entender estos estudios como un proceso abierto y no sólo como una carga jurídica que añadir a los trámites de obtención de una licencia de obras. Quizás porque la forma de aparecer estos EIA en nuestro estado ha estado marcada por la exigencia de la CEE en esta materia, se ha tendido a entenderla desde la normativa jurídica, más que como una mejora social del proyecto que puede evitar costes económicos y sociales posteriores. Un proceso de debate, reformas y hasta pactos entre intereses controvertidos, que pueden aminorar efectos perversos medioambientales y sociales, e incluso obtener otras ventajas inicialmente no contempladas.

Las grandes empresas privadas en numerosos casos han solicitado servicios profesionales (los nuestros como sociólogos) para hacer sus propios estudios de impacto. Lo que pasa es que se trata de estudios privados y reservados, confidenciales, donde ni siquiera los técnicos que intervenimos llegamos a conocer el informe-resumen final. En países como Japón, que no es obligatorio el EIA como aquí, sin embargo se hacen estos estudios por las grandes corporaciones para prevenir problemas futuros que les supongan costes adicionales o paralizaciones evitables. Y hay que destacar que lo que les interesa especialmente de estos informes reservados es precisamente los aspectos de opinión, y actitudes previsibles de la población ante tales o cuales partes de proyecto.

Sin embargo, desde una óptica estrictamente administrativa y jurídica, algunos técnicos (metidos en algunos casos a políticos) piensan que todo es cuestión de cumplir los trámites reglamentarios, respetar a las autoridades electas en sus decisiones, y (con la ley en la mano) enfrentarse a la opinión pública. Sin duda todo eso es necesario, pero claramente insuficiente, porque ni una empresa consciente del riesgo de sus inversiones, ni los usuarios más o menos radicalizados ante hechos consumados, suelen tener los mismos razonamientos. La opinión pública tiene otros criterios que es preciso conocer, y que son de tipo social y no sólo jurídico-administrativo.

Los reglamentos administrativos deben servir para marcar unos mínimos, por los que estos estudios reservados pasen a ser de dominio público, se hagan en condiciones técnicas de cierta profundidad, con criterios sociales amplios, y no sólo a favor de una parte. Es decir, en vez de cerrar el juego democrático frente a la opinión pública, precisamente abrirlo en beneficio de todos. Lógicamente

alguien tiene que ceder, más o menos, pero se trata de aminorar en todo lo posible, y en lo que no sea así, una vez cargada de razón participativa, es la administración que debe inclinar la balanza hacia los sectores que mayoritariamente tengan la razón.

2. METODOLOGIA DE ESTUDIOS SOCIALES

Hay que distinguir entre lo que son los estudios que se han de realizar y lo que es la consulta a la población en el proceso participativo. El primero es un enfoque «ético», es decir desde el técnico sobre los datos recogidos por el equipo de investigación social, y en el segundo caso es un enfoque «émico», es decir desde los propios interesados con sus propios razonamientos. Al final todo debe interpretarse conjuntamente, pero son enfoques distintos. Como no es lo mismo las técnicas cualitativas (que sirven para profundizar) que las cuantitativas (que sirven para medir lo detectado). O como no es lo mismo las bases históricas culturales de las que se parte, que la planificación urbanística o regional que normativiza el territorio.

Todo ello ha de ser tratado en análisis cruzados dando explicaciones sobre posibles efectos a partir de estas interacciones complejas. Pero inicialmente conviene ser analíticos para no perderse en un baile de números y opiniones sin aparente relación. Por ello vamos a tratar aquí de enfocarlo diferenciadamente los diversos procesos e informes que deberían contemplarse y algunas notas rápidas que le caracterizan. Por su importancia dejaremos lo participativo para el siguiente apartado, y en éste veremos la metodología de tipo histórico, de planificación, lo cuantitativo y lo cualitativo.

A. Empezaremos por el patrimonio sociocultural. Para ello debemos delimitar un ámbito geográfico y una trayectoria histórica. Es decir conviene conocer previamente cuáles es la idiosincrasia de una identidad colectiva, y esto no es un problema de erudición culturalista. En no pocas ocasiones pueblos que no se han movilizadopor asuntos económicos lo han hecho por haber afectado tal costumbre local o tal simbología colectiva. En todo caso, debe centrarse el estudio precisamente en esos referentes de identificación con respecto a la tradición y lo que se entienda como modernidad.

Casi ninguno de los proyectos considerados en EIA afectará a un solo municipio, aun cuando su ubicación sea en uno concreto. Más bien cabe pensar en términos comarcales o regionales en la mayor parte de los casos. El estudio debe empezar pues por señalar a cuáles identidades territoriales se refiere en cada caso, y de manera muy señalada a las comarcas tal como son entendidas por la práctica de los habitantes. Incorporar aquí desde ámbitos de compras y servicios hasta fiestas o identificaciones por topónimos.

Un tema especialmente importante es el Patrimonio Histórico-Artístico. Hay una reglamentación jurídica que respeta en todo caso y que pasa por las comisiones provinciales respectivas. Pero más allá de estos trámites existen una serie de valores del rico patrimonio de nuestra Península, que no sólo tiene que ver con los monumentos singulares sino también con zonas de yacimientos arqueológicos o con conjuntos urbanos de valor ambiental, que no siempre están catalogados previamente.

ESTUDIOS DE IMPACTO AMBIENTAL Y PARTICIPACION SOCIAL

Rodríguez-Villasante, Tomás (*)

RESUMEN

Los proyectos que deben someterse a EIA son de un gran volumen económico, de movimiento de tierras, de movilización de personas, etc y por tanto suelen inquietar a la opinión pública pues es difícil que pasen desapercibidos. La participación social no sólo debe entenderse como un derecho constitucional y legal de los ciudadanos, sino como la única forma posible de encauzar un conflicto social, siempre en potencia ante estas actuaciones. Si entendemos un EIA como un proceso social y no sólo como un trámite para su evaluación, veremos que los costes sociales pueden ser reducidos en gran medida, y como consecuencia también pueden ser reducidos costes económicos imprevistos (paralizaciones de obra, costes financieros, propaganda, etc.).

Se proponen formas de abordar los estudios sociales con cierta especificidad en varios campos: patrimonio socio-cultural, planes regionales y urbanísticos, datos demográficos y su evolución, incidencia de los distintos sectores socio-económicos, y un estudio más pormenorizado de las redes sociales de comportamiento (estructura de la opinión pública, asociacionismo, líderes locales, etc.). Todo ello no tanto para una erudición o justificación del proyecto sino para realizar un proceso de participación pública desde la consulta previa con los factores sociales implicados, hasta las alegaciones, en una formación y negociación que dé resultados operativos para la ejecución del proyecto.

Palabras clave: Conflicto social, Participación pública, Proceso y Evaluación, Costes sociales y económicos, Estudios sociales, Redes sociales, Consulta previa (*Scoping*), Alegaciones, Negociación, Opinión Pública.

1. IMPORTANCIA DE LO SOCIOECONOMICO

Para empezar hay que destacar que casi todos nos damos cuenta de la gran trascendencia que estos aspectos llegan a tener en la práctica. Pero inmediatamente debemos constatar que a la hora de aplicar metodologías y técnicas nos encontramos con que apenas se cuenta con los especialistas. O bien porque se desconoce este campo desde las ingenierías, o bien porque se piensa que de esto cualquiera sabe. En el fondo es la misma razón: ignorancia sobre unos aspectos tan complejos.

Pero las consecuencias de no tratar bien estos temas acaban siendo dramáticas en ocasiones, y para ser consciente de ello basta con leer la prensa. Casos como lo del Embalse de Riaño, la nueva carretera Navarra-Guipúz-

coa, o la Central Nuclear de Vandellós, no son más que ejemplos donde los aspectos socio-económicos y de participación se han vuelto determinantes. No creo que haya que insistir en poner ejemplos, pues el problema no está tanto en reconocer la importancia de los aspectos que vamos a tratar, sino en ser capaces de enfrentarlos con unos métodos y prácticas que enfoquen bien esta problemática.

Un tratamiento ajustado y en profundidad de estos temas no es posible abordarlo aquí en toda su extensión, pues esto necesitaría de toda una licenciatura y un master posterior en estos temas. Y en esta tarea estamos en la Facultad de Sociología, Departamento de Ecología Humana y Población, en estos momentos. Esperamos que en unos años, como ocurre en otros países, desde las ciencias sociales poder aportar suficiente número de expertos que se han especializado en este campo. De momento en la asignatura que imparto en 5º curso hay un trimestre centrado en ello. Y, como digo, cursillos y máster que están en marcha para posgraduados.

Pero planteado el reto no debemos dejar de enfocar las líneas de trabajo que deben abordarse a fin de conjuntar equipos interdisciplinares que sepan encarar estas problemáticas con unas nociones básicas. Porque es frecuente entender que estos estudios se resuelven con algunas pirámides de población, algunas proyecciones estadísticas, una descripción histórica o económica de bachillerato, o una reunión con las fuerzas vivas locales. Y que con un poco de sentido común esto lo hace cualquiera, pues parece evidente que con trasladar datos de padrones y escuchar opiniones está todo hecho. Pero esto es tan absurdo como pensar que por describir una máquina por fuera ya sabemos lo que pasa en su funcionamiento, o que al ver tal tipo de árboles en una ladera ya sabemos cómo está funcionando un ecosistema. Si las relaciones son complejas en la ecología o en la tecnología, sin duda lo son aún más en las ciencias sociales por trabajar con conjuntos humanos, tan subjetivos.

En las propias definiciones de Impacto Ambiental hay distintos matices que nos indican si lo que estamos tratando de descubrir es que este impacto cae en última instancia sobre colectivos humanos, o simplemente sobre ecosistemas físicos y biológicos. Conviene recordar que cualquier sistema biótico hoy es difícil estudiarlo sin la presencia humana, pues la incluye en un grado u otro. Pero además en estos Estudios de Impacto Ambiental suele tener una presencia decisiva la comunidad humana.

(*) Dr. en Ciencias Políticas y Sociología. Facultad de Ciencias Políticas y Sociología. Campus de Somosaguas. Universidad Complutense. 28023 Madrid.

BIBLIOGRAFIA

- GOMEZ OREA, D. (1988): *Evaluación del Impacto Ambiental de Proyectos Agrarios*. MAPA, Madrid.
- GONZALEZ BERNALDEZ, F. (1981): *Ecología y Paisaje*. Ed. Blume, 250 pp.
- LONG, G. (1974): *Diagnostic Phytoecologique et Amenagememnt du Territoire*. Masson, París.
- MARGALEF, R. (1974): *Ecología*. Ed. Omega, Barcelona 951 pp.
- ODUM, E.P. (1972): *Ecología*. Interamericana, México.

ANEXO 1

ACCION 211 Desbroce y despeje.
 FACTOR 1211 Vegetación natural de alto valor de conservación.
 EFECTO PRODUCIDO Pérdida de vegetación natural por los movimientos de tierras realizados en la construcción de la autovía.

CARACTERIZACION DEL EFECTO

Signo: Perjudicial. Intensidad: Alta.
 Extensión: Parcial. Momento: Inmediato.
 Persistencia: Permanente. Reversibilidad: Imposible.
 Posibilidad de medias correctoras: No es posible.
 Importancia: -0,882 (0,1)

HIPOTESIS «CON PROYECTO»

— Hipótesis de partida:
 Superficie equivalente de vegetación de alto valor de conservación.

Unidad de vegetación	Superficie eliminada (Ha)	Superficie situación «con proyec»	Valor de conserva (Ha).	Superf. equival.
Vegetación de ribera-bosque de galería	2,20	43,80	9	394,20
Pinar repoblado (Pino laricio)	2,31	125,81	5	629,05
			TOTAL	1.023,25

— Cálculo del valor del indicador

$$I = \frac{43,80 \times 9 (\text{Veg. ribera}) + 125,81 \times 5 (\text{Pinar})}{1.054,6} \times 100 = 97,03\%$$

MEDICION/CUANTIFICACION DEL EFECTO: INDICADOR

1211-1 Superficie equivalente vegetación de alto valor de conservación.

$$I = \frac{\sum \text{Superficie unidad «1» de vegetación de alto valor} \times \text{Valor de conservación «1»}}{\text{Superficie equivalente de vegetación de alto valor de conservación del ámbito de referencia.}} \times 100$$

Unidad: %

INFORMACION BASICA

- Mapa de cultivos y aprovechamientos. MAPA E 1:50.000
- Inventario forestal nacional. ICONA.
- Fotografía aérea E 1:5.000

VALOR DEL INDICADOR

1211-1 Superficie equivalente de vegetación de alto valor de conservación.

«Sin Proyecto»	«Con Proyecto»
100%	97,03%

AMBITO DE REFERENCIA

Se considera el ámbito de referencia definido por la superficie de los términos municipales por los que discurre la autovía.

SITUACION «SIN PROYECTO»

— Hipótesis de partida:

Superficie equivalente de vegetación de alto valor de conservación del ámbito de referencia.

Unidad de vegetación	Superficie (Há.)	Valor de conservación	Superficie equivalente
Vegetación ribera-bosque de galería	46	9	414 Ha.
Pinar (repoblado)	128,12	5	640,6 Ha.
		TOTAL	1.054,6 Ha.

Los valores de conservación se han tomado del Estudio del Medio Físico para las Directrices de Ordenación del Territorio del País Vasco (1989).

— Cálculo de valor del indicador

$$I = \frac{46 \times 9 (\text{Veg. ribera}) + 128,12 \times 5 (\text{Pinar})}{1.054,6} \times 100 = 100\%$$

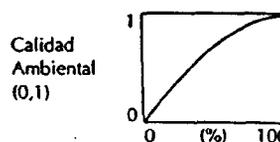
SITUACIONES CRITICAS. MEDIDAS CORRECTORAS

Se consideran críticas pérdidas superiores al 50% de la superficie en alguna de las unidades de vegetación de alto valor de conservación, o bien pérdidas superiores al 30% en la superficie equivalente. En dichos casos deberán plantearse nuevas alternativas de trazado.

El proyecto de revegetación de taludes, mediana y enlaces, si bien no es una medida correctora proyectada para paliar este impacto, deberá realizarse en concordancia con la vegetación natural del entorno, por lo que contrarrestará de alguna manera la pérdida de vegetación ocasionada por las obras.

FUNCION DE TRANSFORMACION

1211-1 Superficie equivalente de vegetación de alto valor de conservación.



JUICIO SOBRE EL IMPACTO Compatible.

ACCION 211 Desbroce y despeje.
 FACTOR 1212 Vegetación de bajo valor de conservación.
 EFECTO PRODUCIDO Pérdida de vegetación por los movimientos de tierras realizados en la construcción de la autovía.

CARACTERIZACION DEL EFECTO

Signo: Perjudicial Intensidad: Alta.
 Extensión: Parcial. Momento: Inmediato.
 Persistencia: Permanente Reversibilidad: Imposible
 Posibilidad de medidas correctoras: En proyecto y obras.
 Importancia: -0,882 (0,1)

**MEDICIONES/CUANTIFICACION DEL EFECTO:
 INDICADOR**

1211-1 Superficie equivalente vegetación de bajo valor de conservación.

$$I = \frac{\sum \text{Superficie unidad «1» de vegetación de alto valor} \times \text{Valor de conservación «1»}}{\text{Superficie equivalente de vegetación de bajo valor de conservación del ámbito de referencia.}} \times 100$$

Unidad: %

INFORMACION BASICA

- Mapa de cultivos y aprovechamientos. MAPA E 1:50.000
- Fotografía aérea E 1:5.000.

AMBITO DE REFERENCIA

Se considera el ámbito de referencia definido por la superficie de los términos municipales por los que discurre la autovía.

SITUACION «SIN PROYECTO»

— Hipótesis de partida:

Superficie equivalente de vegetación de bajo valor de conservación del ámbito de referencia.

Unidad de vegetación	Superficie (Ha.)	Valor de conservación	Superficie equivalente
Matorral degradado	62,5	4	250 Ha.
Pastizal-matorral	134,37	3	403 Ha.
Cultivos de cereal	5.731,25	2	11.462,5 Ha.
Huertos y cultivos herbáceos en regadío	40,62	2	81,24 Ha.
TOTAL			12.196,74

Los valores de conservación se han tomado del Estudio del Medio Físico para las Directrices de Ordenación del Territorio del País Vasco (1989).

— Cálculo del valor del indicador

$$I = \frac{62,5 \times 4(M) + 134,37(P/M) + 5731,25 \times 2(Cer.) + 40,62 \times 2(Reg.)}{12.196,74} \times 100 = 100\%$$

SITUACION «CON PROYECTO»

— Hipótesis de partida:

Superficie equivalente de vegetación de bajo valor de conservación.

Unidad de vegetación	Superficie eliminada (Ha)	Superficie situación «con proyec»	Valor de conserva (Ha).	Superf. equival.
Matorral degradado	2,81	59,69	4	238,76
Pastizal-matorral	—	134,37	3	403,00
Cultivos cereal	92,41	5.638,84	2	11.277,68
Huertos y cultivos herbáceos de regadío	0,39	40,23	2	80,46
TOTAL				11.999,9

— Cálculo del valor del indicador

$$I = \frac{56,69 \times 4(M) + 134,37 \times 3(P/M) + 5638,84 \times 2(Cer.) + 40,23 \times 2(Reg.)}{12.196,74} \times 100$$

I = 98,37%

VALOR DEL INDICADOR

1212-1 Superficie equivalente de vegetación de bajo valor de conservación.

<u>«Sin Proyecto»</u>	<u>«Con Proyecto»</u>
100%	98,37%

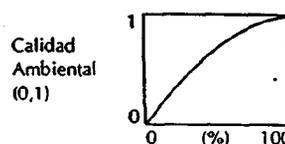
SITUACIONES CRITICAS. MEDIDAS CORRECTORAS

Se consideran críticas pérdidas superiores al 50% de la superficie en alguna de las unidades de vegetación de bajo valor de conservación o de la superficie equivalente del ámbito de referencia.

El proyecto de revegetación de taludes, mediana y enlaces, si bien no es una medida correctora proyectada para paliar este impacto, deberá realizarse en concordancia con la vegetación natural del entorno, por lo que contrarrestará de alguna manera la pérdida de vegetación ocasionada por las obras.

FUNCION DE TRANSFORMACION

1212-1 Superficie equivalente de vegetación de bajo valor de conservación.



JUICIO SOBRE EL IMPACTO Compatible.

ACCION 211 Desbroce y despeje.
 FACTOR 1221 Hábitats faunísticos.
 EFECTO PRODUCIDO Destrucción o alteración de hábitats faunísticos de forma directa por la construcción de la vía, o bien indirectamente a través de las alteraciones sobre la vegetación, suelos y agua.

CARACTERIZACION DEL EFECTO

Grado: Perjudicial Intensidad: Alta.
 Extensión: Parcial. Momento: Inmediato.
 Persistencia: Permanente Reversibilidad: Imposible
 Necesidad de medidas correctoras: No es posible.
 Importancia: -0,882 (0,1)

**DEFINICION/CUANTIFICACION DEL EFECTO:
 INDICADOR**

1221-1 Superficie equivalente de hábitats faunísticos.

$$I = \frac{\sum \text{Superf. del hábitat «1»} \times \text{Mérito de conservación «1»}}{\text{Superficie equivalente de hábitats faunísticos del ámbito de referencia}} \times 100$$

Unidad: %

INFORMACION BASICA

— Estudios de detalle realizados en el ámbito de referencia.

ÁMBITO DE REFERENCIA

Se considera el ámbito de referencia definido por los hábitats faunísticos existentes en los términos municipales por los que discurre la autovía.

SITUACION «SIN PROYECTO»

— Hipótesis de partida:

Superficie equivalente de hábitats faunísticos del ámbito de referencia.

Hábitats	Superficie (Ha.)	Méritos de conservación	Superficie equivalente
Complejo fluvial	81,30	3	243,90 Ha.
Bosque de coníferas-Matorral	190,62	2	381,24 Ha.
Cultivos	5.771,87	1	5.771,87 Ha.
TOTAL			6.397,01 Ha.

El mérito de conservación se establece en función de la abundancia, diversidad y singularidad de las especies faunísticas que lo integran.

— Cálculo del valor del indicador

$$I = \frac{81,30 \times 3 (\text{Compl. fluvial}) + 190,62 \times 2 (\text{Bosque/M}) + 5.771,87 \times 1 (\text{Cult.})}{6.397,01} \times 100 = 100\%$$

SITUACION «CON PROYECTO»

— Hipótesis de partida:

Superficie equivalente de hábitats faunísticos.

Hábitats	Superficie destruida o alterada (Ha)	Superficie situación «con proyecto»	Méritos de conserva	Superf. equival. (Ha).
Complejo fluvial	2,20	79,10	3	237,30
Bosque de coníferas-Matorral	2,31	188,31	2	376,72
Cultivos	92,41	5.679,46	1	5.679,46
TOTAL				6.293,38

— Cálculo de valor del indicador

$$I = \frac{79,10 \times 3 (\text{Compl. fluv.}) + 188,31 \times 2 (\text{Bosque/M}) + 5.679,46 \times 1 (\text{Cult.})}{6.397,01} \times 100 = 98,38\%$$

VALOR DEL INDICADOR

1221-1 Superficie equivalente de hábitats faunísticos.

«Sin Proyecto»	«Con Proyecto»
100%	98,38%

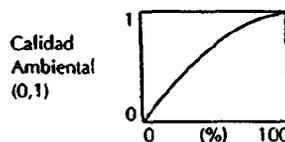
SITUACIONES CRITICAS. MEDIDAS CORRECTORAS

Se consideran críticas pérdidas superiores al 50% de la superficie de algún hábitat de alto mérito de conservación, o bien pérdidas superiores al 30% de la superficie equivalente del total de hábitats considerados.

En estos casos deberán plantearse nuevas alternativas de trazado.

FUNCION DE TRANSFORMACION

1221-1 Superficie equivalente de hábitats faunísticos.



JUICIO SOBRE EL IMPACTO Compatible.

ACCION 251 Ocupación del suelo por la vía.
 FACTOR 1231 Movilidad de especies.
 EFECTO PRODUCIDO Efecto barrera de la autovía sobre la movilidad de la fauna.

CARACTERIZACION DEL EFECTO

Signo: Perjudicial Intensidad: Media.
 Extensión: Parcial. Momento: Medio plazo
 Persistencia: Permanente Reversibilidad: Largo plazo
 Posibilidad de medidas correctoras: En proyecto
 Importancia: -0,588 (0,1)

**MEDICION/CUANTIFICACION DEL EFECTO:
 INDICADOR**

1231-1 Superficie de hábitats faunísticos aislados.

$$I = \frac{\sum \text{Superf. del hábitat «i» aislado} \times \text{Mérito de conservación «i»}}{\text{Superficie equivalente de hábitats faunísticos del ámbito de referencia}} \times 100$$

Unidad: %

INFORMACION BASICA

— Estudios de detalle realizados en el ámbito de referencia.

AMBITO DE REFERENCIA

Se considera el ámbito de referencia definido por los hábitats existentes en los términos municipales por los que discurre la autovía.

SITUACION «SIN PROYECTO»

— Hipótesis de partida:

Superficie equivalente de hábitats faunísticos del ámbito de referencia.

Hábitats	Superficie (Ha.)	Méritos de conservación	Superficie equivalente
Complejo fluvial	81,30	3	243,90 Ha.
Bosque de coníferas	128,12	2	256,24
Cultivos de secano	5.731,25	1	5.731,25

— Cálculo del valor indicador

$$I = \frac{0}{6.231,39} \times 100 = 0\%$$

SITUACION «CON PROYECTO»

— Hipótesis de partida:

Superficie de hábitats faunísticos aislados por la carretera.

Hábitats	Superficie (Ha.)	Méritos de conservación	Superficie equivalente
Complejo fluvial	17,5	3	52,50
Bosque de coníferas	12	2	24
Cultivos de secano	1.851,75	1	1.851,75
TOTAL	1.881,75		1.928,25

— Cálculo del valor del indicador

$$I = \frac{17,5 \times 3 (\text{Compl. flu.}) + 12 \times 2 (\text{Bosque/M}) + 1.851,75 \times 1 (\text{Cult.})}{6.231,39} \times 100$$

I = 30,94%

VALOR DEL INDICADOR

1231-1 Superficie hábitats faunísticos aislados.

«Sin Proyecto»	«Con Proyecto»
0%	30,94%

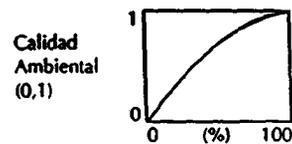
SITUACIONES CRITICAS. MEDIDAS CORRECTORAS

Se consideran críticas alteraciones por efecto barrera en más del 50% de la superficie de alguno de los hábitats faunísticos representativos o significativos del ámbito de referencia, o bien alteraciones en más del 50% de la superficie de hábitats faunísticos equivalentes.

En estos casos se deberán realizar pasos subterráneos que permitan el trasiego de las distintas especies afectadas.

FUNCION DE TRANSFORMACION

1231-1 Superficie de hábitats faunísticos aislados.



JUICIO SOBRE EL IMPACTO Compatible.

BASES CARTOGRAFICAS PARA LA EVALUACION DE IMPACTOS AMBIENTALES

Gallego Valcarce, Ernesto (*) y Bascones Alvira, María (**)

SUMEN

La utilización de cartografías temáticas, en fase de diagnóstico, así como las correspondientes a análisis, valoración y exposición de resultados, son una práctica habitual en los Estudios de Impacto Ambiental, práctica que en otra parte recoge y recomienda el propio Reglamento a la Ejecución del Real Decreto Legislativo sobre Evaluación de Impacto Ambiental.

La emisión de cartografía temática por parte de algunos organismos de la Administración encuentra diferentes problemas en su aplicación a Es.I.A., debido a su falta de actualización, escalas inadecuadas, amplias lagunas en determinadas regiones etc., lo que en muchos casos puede condicionar fuertemente el coste del estudio y la metodología a utilizar en su desarrollo.

Siendo los Es.I.A. dedicados a Proyectos de carreteras más numerosos realizados hasta la actualidad, se analizará de forma más concreta las cartografías temáticas y escalas utilizadas, siguiendo una jerarquización desde estudios de planeamiento hasta proyectos de restauración.

Palabras clave: Evaluación de Impacto Ambiental, Cartografía temática.

INTRODUCCION

La necesidad de contar con cartografías temáticas en los Estudios de Impacto Ambiental (en adelante Es. I.A.), aparecen definidas en el artículo 9 del Reglamento para la ejecución del Real Decreto Legislativo 1302/86, al referirse al inventario ambiental y descripción de las interacciones ecológicas y ambientales, «que comprenderá la identificación, censo, inventario, cuantificación, y en su caso cartografía, de los aspectos ambientales: población, fauna, flora, vegetación, gea, suelo, agua, aire, clima, paisaje y patrimonio histórico artístico».

El inventario ambiental permitirá conocer y definir el medio en la situación preoperacional, y al cruzar ésta con las características del proyecto detectar las interacciones y, en consecuencia, la identificación de los posibles impactos.

El soporte de información en cartografías temáticas puede ser utilizado en los E.I.A. en uno o varios de los pa-

sos metodológicos dentro de su realización: en la fase de inventario ambiental exclusivamente, como instrumento de detección y análisis de impactos y por último como ayuda a la exposición de conclusiones y resultados.

Es por ello que se ha elegido para la exposición parcial de esta cuestión desarrollarla en tres apartados.

El primero pretende dar una visión práctica de los fondos documentales, a nivel estatal, a los que se puede acceder en la búsqueda de información cartográfica temática, en sí misma o como parte integrante de estudios, junto al tipo de información que registran y sus escalas.

Sin pretender la realización de un índice o un «manual» se piensa que es útil informar sobre dicha situación, de tal modo que se obtenga una primera visión de la documentación de la que se puede partir. Este conocimiento es básico para evaluar correctamente tiempos, costes y niveles de rigor a alcanzar ante previsiones económicas y técnicas para la elaboración de un Es.I.A.

Un segundo apartado pretende informar sobre los más importantes sistemas de información ambiental (territorial) a nivel internacional, definiendo sus objetivos y sus características básicas.

Se desarrollan en un tercer apartado, a modo de ejemplo, las cartografías temáticas más comúnmente elaboradas y/o utilizadas en la realización de Es.I.A., en España. Se ha elegido hacerlo en relación a los proyectos de carreteras, por dos razones fundamentales: por ser los de mayor número desde la entrada en vigor del procedimiento de E.I.A. en España, y por lo tanto ofrecer un mayor abanico de situaciones para el análisis, la segunda porque permite entrar a diferenciar fases consecutivas de planificación y decisión.

2. CARTOGRAFIAS TEMATICAS OFICIALES PARA USO EN ESTUDIOS AMBIENTALES

En la actualidad no existe un inventario ambiental a nivel nacional que cubra las necesidades básicas de los Estudios de Impacto. Entendiendo como tal un banco de datos público, aunque garantizando los fines a que se destine la información, debidamente homogeneizado, que recoja al

*) Ldo. en Ciencias Geológicas. Area de Ingeniería Geoambiental. Instituto Tecnológico Geominero de España. C/ Ríos Rosas, nº 23. 28003 Madrid.

**) Lda. en Ciencias Geológicas. Agencia de Medio Ambiente. Comunidad de Madrid. C/ Princesa, nº 3. 28008 Madrid.

menos todas aquellas áreas, zonas o puntos de interés ambiental y que indique su grado de fragilidad y sensibilidad.

En el cuadro adjunto nº 1 se han sintetizado la cartografía temática básica publicada por diferentes organismos de la administración central, cuyos objetivos en su realización son muy diversos y cuyas escalas varían entre las menores de 1:1.000.000 y la escala 1:50.000, considerándose esta última y la escala 1:200.000 como las escalas más comúnmente utilizadas y las que podrían tener una más clara aplicación a los Es.I.A.

Analizando dicho cuadro puede afirmarse que son básicamente dos organismos ITGE y MAPA-ICONA los que han publicado una mayor cantidad de cartografía temática, correspondiendo al IGN, INM y MOPU-SGOP un número mucho menor. Cabe señalar que en los servicios de documentación de todos ellos existe multitud de información no publicada que incluye cartografía a muy diferentes escalas. En este sentido pueden mencionarse el propio servicio de Documentación del ITGE, que edita anualmente un completo catálogo por palabras clave de sus fondos documentales, y ha publicado en 1988 cuadernos de síntesis de los estudios realizados por comunidades autónomas; del mismo modo es especialmente notoria la labor realizada por el Servicio de Documentación de la Secretaría General de Medio Ambiente del MOPU, que edita periódicamente un boletín de todos sus fondos de información.

En algunos casos acceder a determinada información no publicada es una labor difícil y laboriosa ya que sus fondos documentales no son de uso público.

La información cartográfica reseñada en el Cuadro nº 1 tiene, en la mayoría de los casos, y con el objeto de su aplicación a Estudios de Impacto cuatro problemas básicos.

1.—Existe una casi total falta de actualización de su información. Este hecho es especialmente constatable en aquella cartografía que refleja rasgos cambiantes del territorio, debido a la dinámica de utilización por parte del hombre de dicho territorio. Es el caso de los Mapas de Cultivos y Aprovechamientos publicados por el Ministerio de Agricultura, y cuya utilización obliga casi siempre a una testificación en campo o a una actualización utilizando técnicas de fotointerpretación, con vuelos de reciente realización. En otros casos, como por ejemplo en los Mapas Geológicos editados por el ITGE, la falta de actualización repercute más que en la validez actual de dicha información, en el concepto con que ésta se generó. Así la información geomorfológica, o el estudio de los depósitos cuaternarios básico en cualquier estudio de impacto, era prácticamente despreciada en la elaboración de dichos Mapas Geológicos cuyo objetivo iba más encaminado al conocimiento científico de la evolución e historia geológica de nuestro país, y a la obtención de información del sustrato para explotación de recursos minerales y rocas industriales. A este respecto consideramos un hecho muy positivo que los mapas geológicos 1:50.000 de la Serie Magna realizados desde 1984 incluyen en su publicación un mapa

de síntesis geomorfológica a escala 1:100.000, y el mapa original, realizado a escala 1:50.000 puede consultarse en el centro de documentación.

La falta de actualización de la información cartográfica tiene su solución en la utilización de Sistemas de Información Geográfica (G.I.S.), en los cuales dicho proceso supone en tiempo y dinero unos costes mínimos.

Estos sistemas están siendo ya utilizados por la mayoría de los organismos públicos responsables de cartografía temática, siendo especialmente significativo el trabajo de la Agencia de Medio Ambiente de la Junta de Andalucía a través del Sistema de Información Ambiental de Andalucía (Sinamba) (De la Rosa, 1989. Agencia de Medio Ambiente. Junta de Andalucía 1989). La utilización de G.I.S. acabará igualmente con el problema que supone, en muchos casos, el agotamiento y descatalogación de determinados mapas, éste es el caso de los diversos mapas de suelos provinciales existentes que fueron realizados entre 1968 y 1974, por el INIA y cuya adquisición como instrumento de trabajo es difícil.

2.—Existen amplias lagunas en muchas de las series de mapas citados. Por ejemplo, la serie Magna de Mapas 1:50.000 es todavía incompleta y no cubre la totalidad del territorio Nacional, aunque la previsión es completarla en los próximos años. Es especialmente en esta serie a escala 1:50.000, de mayor utilidad, donde se observa más claramente este problema. Las series a escala 1:200.000 aparecen completas excepto en los mapas Hidrogeológicos y Geológicos, iniciadas en los años 1982 y 1983 respectivamente.

En el Cuadro nº 1 se han incluido sólo los mapas que corresponden a series existentes, indicándose para aquellas no concluidas su fecha de inicio: «desde 1982». Para cualquier Estudio de Impacto con utilización del inventario ambiental existente es preciso comprobar con antelación la existencia en el área estudiada de todos los mapas, hecho que incidirá notablemente en el coste económico de la realización de dicho estudio.

3.—Un tercer problema importante resulta de la inadecuada existencia de escalas, ya que la mayor de éstas es 1:50.000, poco útil en muchos Estudios de Impacto que requieren escalas que oscilan entre 1:25.000 y 1:5.000. Se ha detectado una utilización abusiva de la ampliación fotográfica de mapas; por ejemplo, pasar de escalas 1:200.000 a 1:50.000, cuyas consecuencias en el contexto de un Estudio de Impacto Ambiental pueden ser nefastas, ya que suponen como mínimo una simplificación de la realidad del territorio.

A pesar de todo ello, no cabe duda de que toda esta cartografía, sobre todo en la fase de Estudios de Planeamiento, es muy útil con vistas a planificar o realizar el inventario ambiental preciso en cualquier estudio de impacto.

4.—Por último, conviene hacer notar que los contenidos de determinadas cartografías temáticas existentes sobrepasan los contenidos precisos para un Es.I.A., siendo,

rigor, necesaria su interpretación o simplificación. Tal es el caso de los Mapas Geológicos, cuya leyenda compleja y tremendamente especializada puede y debe ser en muchos casos reconvertida en mapas litológicos, de lectura e interpretación más simple y de utilización más clara por equipos pluridisciplinarios.

Será por tanto responsabilidad de cada equipo, en cada zona de trabajo y según el proyecto a analizar, definir los datos de las diferentes cartografías temáticas existentes, y es para sus objetivos.

En el Cuadro nº 2 se incluyen, como datos meramente ilustrativos e informativos, los mapas publicados por los organismos internacionales: CEE y UNESCO, cuyas escalas hacen inutilizables para los estudios aquí planteados, el motivo éste con el cual nunca se realizaron, permitiendo su utilización en trabajos de planificación y diagnóstico territorial a nivel nacional o internacional.

Además de la información publicada por dichos organismos oficiales se cuenta en la actualidad con gran número de información de la realidad biótica y abiótica del territorio plasmada en diversidad de estudios, informes y planes referidos a zonas geográficas determinadas o a aspectos parciales de la realidad del medio.

En este sentido podemos citar los Planes de Ordenación del Medio Físico, inventario de zonas húmedas a nivel provincial o autonómico (el nacional está en estos momentos en elaboración), catálogos de espacios de interés, catálogos de espacios protegidos, estudios sobre endemismos florísticos y faunísticos, inventario de puntos de interés geológico, diagnósticos incluidos en los planes de uso y gestión de los espacios naturales protegidos o en los diversos instrumentos de planeamiento urbanístico y territorial (planes especiales de protección del medio físico), inventarios y catálogos del patrimonio histórico, trabajos de investigación o divulgación realizados por diferentes instituciones, etc.

La diversidad de organismos productores de dicha información, en la mayoría de los casos no publicada y de difícil acceso, da lugar a importantes desequilibrios en el inventario Ambiental de unas regiones a otras de España. Como ejemplo hemos tomado la cartografía temática publicada o informatizada de dos comunidades autónomas, Aragón y Castilla-León (Cuadros nº 3 y 4), y emitida por sus propios organismos autónomos. Es clara y notoria la diferencia de una a otra; y podemos afirmar que esta diferencia sería aún mayor si pudiéramos analizar toda la información ambiental generada para ambas comunidades y no publicada.

SISTEMAS DE INFORMACION AMBIENTAL DE CARACTER INTERNACIONAL

1. INFOTERRA

La inclusión de parámetros medio-ambientales en la toma de decisiones, especialmente en los procesos de desarrollo que implican una utilización de recursos naturales,

ha generado a nivel mundial una masiva demanda de este tipo de información. Respondiendo a esta demanda, y en el marco del Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA) se crea el sistema de información ambiental INFOTERRA (Sistema Internacional de Consulta en Materia de Fuentes de Información sobre el Medio Ambiente), que opera plenamente desde 1977. INFOTERRA se define como una «red mundial descentralizada que facilita el intercambio entre las naciones, que enlaza 137 países, que dependen de una red de centros nacionales de coordinación y que tiene una respuesta superior a las 1.100 esferas temáticas». En España el centro nacional de coordinación es la Secretaría General de Medio Ambiente del MOPU.

Según datos presentados en la reunión del Sistema INFOTERRA celebrada en Moscú en marzo de 1989 y cuyo objetivo fue elaborar la estrategia para el próximo decenio, en 12 años de funcionamiento «ha facilitado respuesta técnica a más de 86.000 problemas ambientales en 114 países».

INFOTERRA incluye en su directorio mundial de instituciones especializadas en medio ambiente una red de más de 6000 instituciones, que han sido seleccionadas por los centros nacionales de coordinación.

Los cinco componentes del sistema INFOTERRA son (Bendahmane, 1989):

1. Centros Nacionales de Coordinación, designados por los gobiernos.
2. Fuentes de información, inscritas en el Directorio Internacional.
3. Fuentes Sectoriales Especiales. Se trata de 24 centros reconocidos por su alta calidad en temas ambientales de interés prioritario, contratados por el PNUMA para proveer de información detallada sobre determinados problemas ambientales.
4. Centros de Servicio Regional, que corresponden a centros seleccionados en función de una problemática ambiental común dentro de una región.
5. Centros de Actividades del Programa, cuya información es desarrollar los centros nacionales, y capacitar a su personal.

3.2. CORINE

En el ámbito de las Comunidades Europeas, y mediante decisión de su Consejo de Ministros (85/338/CEE) se inicia en 1985 el programa CORINE (Programa de Recopilación, Coordinación y Homogeneización sobre la situación del Medio Ambiente y de los Recursos Naturales de la Comunidad) siendo el más ambicioso programa de información para el medio ambiente a nivel europeo que existe en la actualidad.

Además de ser un sistema de información para las instituciones europeas, gobiernos nacionales, administraciones, centros de investigación y universidades, está previsto

igualmente crear una base de datos a la que podrá acceder el público en general.

Los objetivos prioritarios de este programa son 3:

1. Definir y describir los biotipos especialmente importantes para la conservación de la naturaleza en la Comunidad.
2. Contribuir a solucionar el problema de la contaminación atmosférica local y transfronteriza, generalmente denominada «lluvia ácida».
3. Recoger y organizar una información coherente sobre los recursos y las características del medio ambiente más directamente afectados por los programas de desarrollo.

Su fin es servir a la definición y aplicación de políticas medioambientales, a niveles comunitarios, nacionales y regionales, así como informar a la opinión pública.

Los datos temáticos incluidos en CORINE son:

- Biotipos de importancia para la conservación de la naturaleza.
- Riesgo de erosión del suelo en la región mediterránea.
- Recursos terrestres importantes en la región mediterránea.
- Desagüe de corrientes fluviales en la región mediterránea.
- Calidad de las aguas fluviales.
- Emisiones atmosféricas.
- Riesgo de erosión costera.
- Datos suministrados de acuerdo con la legislación comunitaria que dan lugar a los proyectos: Biotopos, recursos hídricos y calidad de agua, emisiones a la atmósfera, riesgos de erosión y recursos del suelo, erosión costera, ocupación del suelo y regiones transfronterizas.

Los organismos responsables en España de cada uno de los proyectos son (Magariños Compaired. 1989):

- Proyecto Biotopos: ICONA.
- Proyecto Cubierta Vegetal: AMA de Andalucía con participación de IGN.
- Proyecto Aguas: Centro de Estudios e investigaciones del agua de Barcelona. E.T.S. Ingenieros de Caminos de Barcelona. Dirección General de Obras Hidráulicas del MOPU.
- Proyecto Erosión Suelos: E.T.S. Ingenieros Agrónomos de Madrid. IGN AMA de Andalucía.
- Proyecto Aire: Ministerio de Industria y Energía coordinado por el Servicio de Calidad Ambiental de la Secretaría de Medio Ambiente.
- Proyecto erosión costera: Dirección General de Costas del MOPU. Junta de Andalucía.

Aunque toda la información generada en estos proyectos puede ser de clara aplicación a los Es.I.A., parece que la primera de ellas: CORINE BIOTOPOS, es especialmente necesaria y significativa, ya que su objetivo general (Rodríguez Martín, 1988) es definir y describir los biotopos especialmente importantes para la conservación de la naturaleza, estableciéndose un registro informático para su posterior incorporación a la base de datos CORINE.

Igualmente el Proyecto Ocupación del Suelo es útil en los Es.I.A., pues permite conocer en la actualidad cuáles son los usos del suelo en cada región, información ésta básica para definir la situación preoperacional de cualquier proyecto sometido a E.I.A.:

De la información consultada respecto al proyecto CORINE existe una diversidad de escalas de trabajo propuestas, que varían entre la 1:50.000 utilizada en la recopilación de información para el proyecto biotopos, hasta la 1: 500.000 para el proyecto Corine Agua, con escalas intermedias 1: 200.000 para el proyecto erosión del Area Mediterránea y 1: 100.000 para los proyectos de ocupación de suelos y erosión costera proponiéndose en todos los casos mapas de síntesis a escala 1: 1.000.000.

4. CARTOGRAFIAS EN LOS ESTUDIOS DE IMPACTO AMBIENTAL EN LOS PROYECTOS DE CARRETERAS

Se analiza el estado actual de la utilización de bases cartográficas en la realización de Es.I.A. relativos a los proyectos de carreteras ya que son éstos los más numerosos, por el momento, en la aplicación del procedimiento de E.I.A. según la legislación vigente en el Estado Español. Según datos obtenidos de la Secretaría General de Medio Ambiente (Mayo 1990), del total de los 155 Es.E.I. que se tramitan por esa Secretaría, 88 corresponden a carreteras, constituyendo por tanto más del 50% de los proyectos en tramitación. Aún más acentuado es ese porcentaje si se tiene en cuenta que de las 19 Declaraciones de Impacto publicadas en el BOE, hasta Octubre de este año, 11 corresponden a dichos proyectos.

La variable ambiental en la toma de decisiones ante la realización de un nuevo viario puede y debe introducirse desde los primeros estudios. Esta conclusión se deriva del propio Real Decreto que regula la ejecución del procedimiento de Evaluación de Impacto Ambiental. El citado Real Decreto define el concepto de Proyecto como «todo documento técnico que define o condiciona de modo necesario, particularmente en lo que se refiere a la localización, la realización de planes y programas, la realización de construcciones o de otras instalaciones y obras, así como otras intervenciones en el medio natural o en el paisaje...».

En el momento de proyectar un nuevo eje viario o modificaciones sustanciales de una carretera preexistente, la legislación básica del Estado por medio de la Ley 25/1988, de 29 de julio, de Carreteras contempla las siguientes fases posibles de aproximación al proyecto de un nuevo trazado:

- Estudio de Planeamiento;
- Estudio Previo;
- Estudio Informativo;
- Anteproyecto;
- Proyecto de Construcción. Proyecto de Trazado;

y por tanto, en cada una de estas fases deben entrar en el proceso de análisis y elaboración los parámetros medioambientales, que tendrán diversas expresiones gráficas a través de diferentes cartografías temáticas, realizadas a distintas escalas.

Las cartografías temáticas a utilizar, incluyendo una correcta base topográfica, tienen tres momentos y tres objetivos diferentes dentro de los Estudios de Impacto Ambiental:

- de inventario y consulta
- de análisis y valoración
- de representación y exposición de resultados

Asimismo no puede olvidarse otra variable que entra a formar parte de la elección del tipo y escala de cartografías a utilizar, y es el ámbito de afección y por lo tanto de estudio, que a su vez depende, en algunos casos, de los factores del medio que se estén analizando.

A continuación se revisan para cada uno de los estudios indicados más arriba las escalas y tipos de mapas más frecuentemente utilizados o recomendados.

— Estudios de Planeamiento y Estudios Previos

De acuerdo con las directrices técnicas del MOPU, desarrolladas en los documentos sobre Recomendaciones para la Redacción de los Estudios de Carreteras, las escalas mínimas recomendadas para el diagnóstico son a 1:200.000 y 1:100.000. No se especifican, sin embargo, las escalas a utilizar en los planos «de condiciones ecológicas, estéticas y paisajísticas». Es necesario recordar que dichos manuales o publicaciones son anteriores a la transposición y adecuación de la legislación comunitaria sobre Evaluación de Impacto Ambiental a la normativa jurídica de nuestro país.

En los Estudios de Corredores o de Planeamiento para el Plan de Carreteras 1992-2000, en los que el MOPU ha incluido una detección de áreas sensibles del territorio con el fin de caracterizar los corredores desde un punto de vista ambiental, la escala utilizada, para las diferentes cartografías temáticas ha sido 1:400.000.

Los mapas temáticos elaborados en estos estudios suelen analizar y plasmar los siguientes descriptores básicos:

- Espacios sujetos a un régimen de protección especial o cuya protección esté en tramitación o en programas.
- Espacios con aprovechamientos cinegéticos o forestales de utilidad pública, como son las Reservas Nacionales de Caza y Cotos Sociales de caza, Montes del Estado y Montes Públicos, en general.

- Geología: Dominios litológico-estructurales. Puntos de Interés Geológico.
- Areas de erosionabilidad elevada.
- Masas arboladas y recursos forestales no necesariamente de carácter público. Montes privados o consorciados. Localización de áreas especiales por existencia de especies endémicas o relictos.
- Areas de alta productividad agrícola.
- Localización y distribución, en relación a la fauna, de especies protegidas o de interés, en los aspectos de: nidificación, migración, áreas de campeo o alimentación.
- Hidrogeología superficial y subterránea. Cursos fluviales y unidades acuíferas. Zonas húmedas.
- Principales dominios geomorfológicos. Puntos o zonas de geomorfología relevante.
- Puntos o zonas de interés paisajístico.
- Recursos culturales de carácter antrópico: grandes obras públicas, patrimonio histórico-artístico y arqueológico, rutas históricas, calzadas romanas y vías pecuarias.

Mediante la utilización de métodos de valoración cuantitativa y/o cualitativa, comunes a los Es.I.A., y que suelen adaptarse a las condiciones de cada caso concreto, se obtienen uno o varios mapas de síntesis que reflejan las principales zonas de importancia medioambiental. En ellos se tendrán en cuenta tanto la calidad objetiva de los espacios, como su vulnerabilidad, reversibilidad, y capacidad de acogida.

En cualquier caso el objetivo de un mapa de síntesis es alertar sobre los posibles efectos ambientales negativos, así como indicar las soluciones más respetuosas, en su caso, con la preservación del medio natural y la calidad ambiental del territorio.

— Estudios Informativos y Anteproyectos

Es la fase de Estudio Informativo de un proyecto, el momento en el cual se realizan los Es.I.A. propiamente dichos dentro del procedimiento de EIA, ya que es en esta fase en la que se estudian las posibles alternativas al trazado y se contempla, asimismo, el trazado definitivo de la carretera en base a la solución adoptada. Es, además, en esta fase en la que tiene lugar el trámite de información pública.

En los documentos antes referenciados, el MOPU no incluye ninguna recomendación específica respecto a escalas. En la práctica, para los proyectos de nuevos trazados y para autovías, suele trabajarse con diferentes escalas. La parte del estudio dedicada a la comparación de las posibles alternativas puede realizarse, preferentemente, a escala 1:50.000 o 1:25.000 en función de la longitud del trazado, la complejidad del territorio afectado y la problemática ambiental detectada en los estudios de planeamiento. Estas escalas son susceptibles de ampliación por efecto de

los condicionantes antes mencionados, y sobre todo, en los casos de entornos urbanos y de uso residencial.

Las cartografías temáticas comúnmente analizadas y realizadas abarcan las siguientes grandes líneas disciplinares:

- Geología, geomorfología, hidrología e hidrogeología.
- Edafología, vegetación, fauna y usos del suelo.
- Espacios naturales protegidos. Patrimonio histórico-artístico. Otros elementos o áreas singulares.
- Análisis del paisaje.
- Representación gráfica de parámetros de calidad del aire y ruidos.
- Planeamiento y ordenación del territorio. Sistema territorial.

En algunos casos se elabora un plano resumen o sintético, cuya función puede denominarse de diagnóstico de la calidad ambiental y de alerta ante impactos ambientales.

Suele ser habitual que dentro de la fase de estudio informativo, la denominada «solución adoptada» se trabaje y evalúe a mayor escala como es a 1:5.000. Aún cuando en la presentación de resultados, y sobre todo para el trámite de información pública, la escala se reduce, para una mejor comprensión del conjunto. Por tanto el trazado que se considera más favorable se estudia a escalas propias de anteproyecto, al menos para algunos aspectos.

También en esta fase se definen las primeras medidas correctoras. Estas parten de un análisis más concreto del proyecto de la traza definitivamente adoptada. En dicho análisis se suelen elaborar los siguientes planos indicativos, a escala 1:5.000, como ya se ha indicado antes:

- Usos del suelo.
- Infraestructuras viarias o de comunicación afectadas.

- Cursos de agua y red de drenaje intercapacitada.
- Distribución en planta del tratamiento paisajístico, revegetación, actuaciones en puntos singulares y otras medidas correctoras y restauradoras.

La representación gráfica, o cartográfica, de los conceptos expuestos en último lugar, varía por el momento, según los estudios. Se suelen representar mediante claves o signos adecuados los tipos de medidas recomendadas o condicionantes para la protección al medio ambiente que se hayan indicado en la Declaración de Impacto, o emanadas de las conclusiones del Es.I.A. en cada tramo del proyecto. Estos mapas sirven de base, junto a los esquemas y perfiles que se consideren necesarios, para la elaboración, a nivel de anteproyecto, de un proyecto de restauración que se redactará definitivamente en la fase de Proyecto de Construcción y Trazado.

Los aspectos fundamentales que se reflejan son los relativos a:

- Revegetación, con indicación de especies, distribución y técnicas de plantación.
- Protección y tratamiento de taludes y márgenes.
- Prevención de procesos erosivos y defensa de la calidad del suelo.
- Corrección de afecciones al sistema hídrico y al sistema territorial.
- Deposición de sobrantes, en su caso.
- Estructuras de permeabilización para el trasiego de la fauna.
- Localización de pantallas acústicas o con cualquier otro fin corrector.

Por último podría entrarse a definir la representación gráfica utilizada en los proyectos de restauración o recuperación del medio natural. Las características y fines de dicha técnica escapan al alcance del tema hasta aquí desarrollado y debería ser objeto de una sesión específica.

CUADRO 1

CARTOGRAFIA TEMATICA BASICA PUBLICADA POR ORGANISMOS DE LA ADMINISTRACION CENTRAL

Escalas menores de 1:1.000.000 .

- Calidad y contaminación de las aguas subterráneas en España Informe de síntesis 1985. ITGE. E. 1:2.000.000.
- Precipitaciones máximas en España 1979. ICONA. E. 1:2.000.000
- Mapa de Suelos de Europa. 1965. FAO. E. 1:2.000.000.
- Mapa Sismotectónico de la Península Ibérica IGN. E. 1:2.500.000.
- Atlas de la radiación solar en España 1979. ICONA. E. 1:5.000.000.
- Atlas climático de España 1983. INM. E. 1:3.000.000 - 1:6.000.000.
- Atlas Nacional de España 1965. IGN. E. 1:2.000.000
- Mapa de suelos de España 1967. CSIC. Instituto Nacional de Edafología. E. 1:2.000.000.

Escala 1:1.000.000.

- Mapa Hidrogeológico Nacional 1972. ITGE.
- Mapa Geológico de la Península Ibérica, Baleares y Canarias 1980. ITGE.
- Mapa Minero de España 1988. ITGE.
- Mapa Tectónico de la Península Ibérica y Baleares 1980. ITGE.
- Mapa Gemológico y predictor de España 1986. ITGE.
- Mapa Nacional del Karst 1986. ITGE.
- Mapa Geotectónico de la España Peninsular, Baleares y Canarias 1980. ITGE.
- Mapa predictor de arcillas expansivas 1986. ITGE.
- Mapa del Cuaternario de España 1989. ITGE.
- Mapa de Embalses 1986. MOPU.
- Mapa de Suelos de España 1966. CSIC. Instituto Nacional de Edafología.
- Mapa de productividad potencial forestal de la España Peninsular 1977. INIA.
- Mapa de las comarcas geográficas de España 1961. IGN.
- Mapa Sismoestructural de la Península Ibérica, Baleares y Canarias. IGN.
- Situación de los Terrenos yesíferos en España. 1962. SGOP.
- Mapa pluviométrico de España (1931-1960). INM.
- Mapa de vulnerabilidad a la contaminación de los mantos acuíferos de la España Peninsular, Baleares y Canarias 1976. ITGE.
- Mapa de cultivos y aprovechamientos de España 1988. MAPA.

Escala 1:750.000.

- Mapa de Cuencas hidrográficas (situación de observatorios) INM.

Escala 1:500.000.

- Mapa Metalogenético de España 1972. ITGE.
- Atlas agroclimático nacional 1986. MAPA.
- Caracterización Agroclimática (por provincias) desde 1974. MAPA.
- Mapa litológico de España 1971. CSIC-SGOP-ITGE.

Escala 1:400.000.

- Mapa minero-metalúrgico de Galicia 1982. ITGE.
- Mapa geológico nacional (a extinguir) ITGE.
- Mapa de Series de Vegetación de España 1987. MAPA-ICONA.
- Mapas de estados erosivos (desde 1986). ICONA - MAPA.
- Mapa Oficial de Carreteras 1990. MOPU
- Mapa Forestal Español 1966. MAPA.

Escala 1:200.000.

- Mapa de Síntesis Geológica 1971. ITGE.
- Mapa Metalogenético 1973-1974. ITGE.
- Mapa Geotécnico General 1973-1974. ITGE.
- Mapa de Rocas Industriales 1973-1974. ITGE.
- Mapa Hidrogeológico, desde 1982. ITGE.
- Mapa Geológico, desde 1983. ITGE.
- Mapa de Cultivos y Aprovechamiento. MAPA.
- Mapa de suelos provinciales. 1968-1974. INIA.
- Mapa Forestal de España (en realización) MAPA-ICONA.

Escala 1:100.000.

- Mapa de suelos (Proyecto LUCDEME desde 1988) MAPA-ICONA.

Escala 1:50.000.

- Mapa Geológico Nacional 1.ª Serie, 1928-1972. ITGE.
- Mapa Geológico Nacional 2.ª Serie, desde 1972. ITGE.
- Mapa Hidrogeológico de España, desde 1982. ITGE.
- Mapa de Orientación del vertido de Residuos Sólidos Urbanos, desde 1978. ITGE.
- Mapa de cultivos y aprovechamientos. MAPA.
- Mapa de clases agrológicas. MAPA.
- Mapa de ordenación productiva. MAPA.

CUADRO 2
MAPAS TEMATICOS DE AMBITO EUROPEO Y MUNDIAL

Editados por la CEE. Escala 1:400.000-1:1.000.000 (*).

- Mapa político.
- Mapa bosques.
- Mapa agricultura.
- Mapa poblados.
- Mapa vegetación.
- Mapa suelos.
- 1985. Soil Map of The European Communities E. 1/1.000.000. Comission of the European Communities, Directorate-General Information Market and Innovation Luxembourg.

Editados por UNESCO (**).

- Atlas climático de Europa 1970 E. 1:10.000.000 - 1:5.000.000.
- Atlas géologique du monde. E. 1:10.000.000.
- Carte de la répartition mondiale des régions arides. 1979 E.1:25.000.000.
- Carte hydrogéologique internationale d'Europe. E. 1:1.500.000.
- Carte internationale du quaternaire de l'Europe desde 1967 E. 1:2.500.000.
- Carte métallogénétique de l'Europe E. 1:2.500.000.
- Carte métamorphique de l'Europe E. 1:2.500.000.
- Carte tectonique internationale de l'Europe et des régions avoisinantes E. 1:2.500.000.
- Mapa geológico internacional de Europa y de la región mediterránea 1971 E. 1:5.000.000.
- Mapa mundial de suelos E. 1:5.000.000.
- Atlas de desertificación E. 1:10.000.000 (en realización).

(*): 1977-1988. Extracto de los Catálogos de Publicaciones de la Comunidad Europea. 84 pp. Madrid.

(**): UNESCO 1990. Catálogo de Publicaciones. Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura, pp. 55-65. París.

CUADRO 3

CARTOGRAFIA TEMATICA BASICA PUBLICADA POR LA COMUNIDAD DE MADRID

Escala 1: 500.000 1:400.000 1:200.000.

- Atlas Geocientífico del Medio Natural de la Comunidad de Madrid 1988. ITGE-CAM.
- Directrices de Ordenación del Territorio. Documento Previo 1985. Consejería de Ordenación del Territorio. Medio Ambiente y Vivienda CAM.
- Atlas Hidrogeológico de la provincia de Madrid 1982. ITGE. Dip. Provincial.
- Mapa de Orientación al vertido de Residuos Sólidos Urbanos de la provincia de Madrid 1982. ITGE. Dip. Provincial.
- Mapa fisiográfico de la Comunidad de Madrid 1985. Consejería de Agricultura y Ganadería. CAM.
- Mapa de formaciones vegetales y usos actuales del suelo 1984. Consejería de Agricultura y Ganadería CAM.
- Mapa de producción forestal potencial de Madrid 1985. Consejería de Agricultura y Ganadería. CAM.
- Posibilidades de energías renovables en el territorio de la Comunidad de Madrid 1985. Consejería de Ordenación del Territorio. Medio Ambiente y Vivienda. CAM.
- Mapa de capacidad de uso agrario del suelo 1984. Consejería de Ordenación del Territorio. Medio Ambiente y Vivienda. CAM.
- Mapa de Intensidad de Tráfico 1988. Consejería de Política Territorial. CAM.
- Mapa de carreteras de la Comunidad de Madrid 1989. Consejería de Política Territorial. CAM.
- Mapa litológico de Madrid 1986. Consejería de Agricultura y Ganadería. CAM.
- Atlas básico del área metropolitana de Madrid. 1979. MOPU-COPLACO.
- Atlas climatológico básico de la subregión de Madrid 1980. MOPU-COPLACO.
- Mapa de capacidad potencial de uso agrícola de la Comunidad de Madrid 1990. CAM. CSIC.
- Mapa de asociaciones de suelos de la Comunidad de Madrid 1990. CAM CSIC.

- Plan Especial de Infraestructura del Transporte de la Provincia de Madrid 1976. COPLACO (Escala 1:50.000).
- Mapa Geotécnico de Ordenación Territorial y Urbana de la subregión de Madrid 1976. ITGE.

Cartografía Temática informatizada. (Consejería de Política Territorial.):

Escala 1:200.000.

- Base geográfica.
- Red Hidrográfica básica.
- Red de ferrocarriles.
- Red de carreteras.
- Red de abastecimiento de agua.
- Red de saneamiento y depuración.
- Suelo ocupado por categorías.
- Patrimonio arquitectónico.
- Espacios naturales.
- Red de transporte no motorizado (en estudio).
- Red de vías pecuarias (en estudio).
- Red de suministro eléctrico (en elaboración).
- Unidades de tratamiento y propuestas del PCARSU (en elaboración).
- Red de gasductos y oleoductos (en elaboración).
- Formaciones vegetales y usos actuales del suelo.
- Fisiográfico.
- Producción forestal potencial.
- Litológico.
- Series de vegetación.
- Clases de usos agrológicos.
- Montes públicos.
- Suelo ocupado por categorías.
- Cultivos y aprovechamientos.
- Recursos minerales y rocas industriales (en elaboración).
- Contraste de usos forestales.
- Contraste de usos agrarios.
- Espacios de apoyo ganadero.
- Potencialidad ganadera general.
- Vegetación arbórea de interés natural.
- Erosión edáfica para usos agrícolas.

Escala 1:25.000.

- Planeamiento Urbanístico.
- Formaciones Vegetales.

Fuentes: 1990. Catálogo de Publicaciones de la Comunidad de Madrid. Mayo 1990. Servicio de Documentación y Publicaciones de la Consejería de Presidencia. 129 pp.
Comunidad de Madrid 1988. Guía de Cartografía Temática Informatizada. Consejería de Política Territorial.

CUADRO 4
CARTOGRAFIA TEMATICA BASICA PUBLICADA POR LA JUNTA DE CASTILLA Y LEON

<p>Escala 1:800.000.</p> <ul style="list-style-type: none">— Mapa de distribución de la Cabaña Ganadera. <p>Escala 1:500.000.</p> <ul style="list-style-type: none">— Mapa de tipología agraria.— Mapa de clases agrológicas.— Mapa de Suelos.— Mapa geológico.— Mapa de formaciones vegetales. <p>Escala 1:400.000.</p> <ul style="list-style-type: none">— Mapa Hidrogeológico.— Mapa del agua.	<p>Escala 1:250.000.</p> <ul style="list-style-type: none">— Imagen Lansat- 5. Usos del suelo. Cartografía digitalizada.— Mapa Ambiental E. 1:250.000.— Mapa Geológico E. 1:200.000.— Mapa Geotécnico E. 1: 200.000.— Mapa Topográfico E. 1: 50.000.— Mapa de usos del suelo E. 1: 50.000.— Mapa de afecciones urbanísticas E. 1: 50.00.
<p>Fuente: Catálogo de Cartografía y Estudios Territoriales 1990. Junta de Castilla y León. 24 pp. Valladolid.</p>	

ABREVIATURAS CORRESPONDIENTES A LOS CUADROS 1, 2 Y 3

ITGE : Instituto Tecnológico GeoMinero de España.

ICONA: Instituto Nacional para la Conservación de la Naturaleza.

MAPA : Ministerio de Agricultura Pesca y Alimentación.

IGN : Instituto Geográfico Nacional.

INM : Instituto Nacional de Meteorología.

FAO : Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación.

MOPU : Ministerio de Obras Públicas y Urbanismo (actualmente MOPT).

CSIC : Consejo Superior de Investigaciones Científicas.

INIA : Instituto Nacional de Investigaciones Agrarias.

UNESCO: Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura.

CEE : Comunidad Económica Europea.

SGOP : Servicio Geológico de Obras Públicas del MOPU.

CAM : Comunidad Autónoma de Madrid.

BIBLIOGRAFIA

AGENCIA DE MEDIO AMBIENTE. JUNTA DE ANDALUCIA (1990): El Sistema de Información Ambiental de Andalucía. Un instrumento para la planificación del ecodesarrollo. En: *Medio Ambiente en Andalucía*. Informe 88. Agencia de Medio Ambiente. Junta de Andalucía, Sevilla, pp. 45-85.

BENDAHDANE, H. (1989): El programa de información sobre medio ambiente del PNUMA: INFOTERRA En: *La información para el medio ambiente. Presente y Futuro*. MOPU, Madrid, pp. 35-44.

CLAVES FARIAS, I. (Coordinador) (1984): *Guía para la elaboración de Estudios del Medio Físico. Contenido y Metodología*. MOPU-GEOTMA. Serie Manuales n.º 3. Madrid, 572 pp.

DE LA ROSA, D. (1989): Sistema de información ambiental de Andalucía (Sinamba), estructura básica y estado de desarrollo. En: *La Información para el medio Ambiente. Presente y Futuro*. MOPU. Madrid, pp. 163-175.

- GALLEGO VALCARCE, E. Y BASCONES ALVIRA, M. (1990): Evaluación de Impactos Ambientales. *IV Reunión Nacional del Grupo Español de Geología Ambiental y Ordenación del Territorio*. Gijón. (En prensa).
- GARCIA BURGUES, J. (1989): El papel de la Comunidad Económica Europea. Programas y Sistemas de información para el medio ambiente. En: *La información para el medio ambiente. Presente y Futuro*. MOPU, Madrid, pp. 45-64.
- MAGARIÑOS COMPAIRED, D. (1989): Participación española en los programas internacionales de información sobre medio ambiente. En: *La información para el medio ambiente. Presente y Futuro*. MOPU, Madrid, pp. 71-76.
- PLAZA, J. (1989): El sistema de información Territorial de la Comunidad de Madrid. Cartografía Temática automatizada. En: *La información para el medio ambiente. Presente y Futuro*. MOPU, Madrid, pp. 199-204.
- PNUMA, (1989): Infoterra llega a la mayoría de Edad. *Nuestro Planeta*. Ed. PNUMA., 1 (2/3). Madrid, p. 8.
- SOLANA GUTIERREZ, J. (1989): Cartografía Temática del Medio natural. En: *El libro rojo de los bosques*. ADENA/WWF España, pp. 315-354.

ANEJO

SERVICIOS DE DOCUMENTACION, BIBLIOTECAS Y VENTA DE PUBLICACIONES CORRESPONDIENTES A LA ADMINISTRACION CENTRAL Y AUTONOMICA EN LA CIUDAD DE MADRID

La creciente demanda de información temática tanto para el desarrollo de Planes de Ordenación Territorial, como para Estudios de Impacto Ambiental, ha chocado tradicionalmente con el problema de la localización ya que se ubica en diferentes organismos de las administraciones central, autonómica o local.

En el marco del presente curso se ha considerado de interés para los alumnos y, muy especialmente, para los no residentes en Madrid, dotarles de un listado de los organismos de la administración central y autonómica, ubicados en Madrid con servicios de publicaciones, documentación o bibliotecas, que les sirva de guía para la obtención de diferente material, tanto durante el desarrollo del curso como durante su práctica profesional.

Como Anejo a la clase referida a «Bases Cartográficas para Evaluación de Impactos Ambientales», dicho listado recoge organismos donde se puede obtener la cartografía citada, así como diferentes datos estadísticos u otros documentos.

ORGANISMOS DE LA ADMINISTRACION CENTRAL

MINISTERIO DE ECONOMIA Y HACIENDA

Centro de Publicaciones y Punto de Venta del Ministerio:
Plza. del Campillo del Mundo Nuevo, 3. 28005 Madrid.
Horario: 9 a 14, 16:30 a 18 horas.
Tlfn.: 527 14 37.

Biblioteca:

C/ Alcalá, 7-9. 28014 Madrid.

- Instituto Nacional de Estadística (INE).

Punto de Venta:

Paseo de la Castellana, 183. 28046 Madrid.

Horario: 9 a 14 horas.

Tlfn.: 583 94 38.

Biblioteca:

Paseo de la Castellana, 183. 28046 Madrid

Tlfn.: 583 92 32-583 94 11.

Observaciones: La mayoría de las publicaciones del INE pueden ser adquiridas en microfichas. Existen delegaciones provinciales.

TEMAS: Población, Actividades, Información estadística.

MINISTERIO DE EDUCACION Y CIENCIA

Punto de Venta del Ministerio:

C/ Alcalá, 36. 28014 Madrid.

Horario: 9 a 14 horas.

Tlfn.: 522 76 24.

- Consejo Superior de Investigaciones Científicas (C.S.I.C.).

Centro de Publicaciones y Punto de Venta del CSIC:

C/ Vitruvio, 8. 28006 Madrid.

Horario: 9:00 a 14:00 horas.

Tlfn.: 262 96 33-262 96 34.

Biblioteca Central:

C/ Serrano, 117. 28006 Madrid.

Horario: 9 a 17:00 horas (descanso de 14:30 a 15:30).

Tlfn.: 261 98 00.

- Instituto de Información y Documentación en Ciencia y Tecnología (C.S.I.C.).

C/ Joaquín Costa, 22. 28002 Madrid.

Tlfn.: 563 54 82.

- Instituto de Geología Económica (C.S.I.C.).
Fac. de Ciencias Geológicas. Univ. Complutense de Madrid. 28040 Madrid.
Tfño: 394 47 86.
- Museo Nacional de Ciencias Naturales (C.S.I.C.).
C/ José Gutiérrez Abascal, 2. 28006 Madrid.
Tfño. 261 86 00.
- Centro de Ciencias Medioambientales (C.S.I.C.).
C/ Serrano, 115. 28006 Madrid.
Tfño.: 262 50 20.
Observaciones: El Consejo Superior de investigaciones Científicas, consta de un total de 81 centros de actividad, repartidos por diferentes comunidades autónomas, y cuyas áreas de actividad son:
Biología y Biomedicina.
Ciencias Agrarias.
Ciencia y Tecnología de materiales.
Física y Tecnologías Físicas.
Información y Documentación.
Química y Tecnologías Químicas.
Recursos Naturales.
Tecnología de alimentos.

La mayoría de estos centros tienen, además de en los servicios centrales, bibliotecas, muchas de ellas de uso restringido.

TEMAS: Clima, Aire, Tierra, Agua, Vegetación, Fauna, Procesos, Patrimonio Natural, Patrimonio Histórico Artístico.

MINISTERIO DE ADMINISTRACIONES PUBLICAS

- Punto de Venta del Ministerio:
C/ Alcalá Galiano, 10. 28010 Madrid.
Horario: 9 a 14 horas.
- Instituto Nacional de Administraciones Públicas.
Punto de Venta:
C/ Santa Engracia, 7. 28010 Madrid
Horario: 9 a 13:30 horas.
Tfño.: 446 17 00 (ext. 254)
TEMAS: Asentamientos urbanos, Normativa, Sociología.

MINISTERIO DE CULTURA

- Punto de Venta del Ministerio:
C/ Gran Vía, 51. 28004 Madrid.
Horario: 9:00 a 21:00 (ininterrumpidamente).
Tfño.: 247 21 46.
C/ Muntaner, 221. 08036 Barcelona.
Dirección General de Bellas Artes y Archivos.
Sub. Gral. de Protección del Patrimonio Histórico.
Centro de Documentación Patrimonio Histórico.
Plaza del Rey, 3. 28004 Madrid.
Tfño.: 532 50 89.
- Instituto de Conservación y Restauración de Bienes Culturales.
C/ El Greco, 4. Ciudad Universitaria, 28011 Madrid.
MATERIAS: Patrimonio Histórico.

MINISTERIO DE AGRICULTURA, PESCA Y ALIMENTACION

- Servicio de Publicaciones de la Secretaría General Técnica. Punto de Venta:
Paseo Infanta Isabel, 1. 28014 Madrid.
Horario: 9 a 14 horas.
Tfño.: 347 50 00.
- Instituto Nacional para la Conservación de la Naturaleza (ICONA).
Punto de Venta y Biblioteca.
C/ Gran Vía de San Francisco, 4. 28003 Madrid.
Horario: 9 a 14:00 horas.
Tfño.: 347 60 00.
 - Instituto Nacional de Investigaciones Agrarias (INIA).
Biblioteca:
C/ José Abascal, 56. 28003 Madrid.
Tfño.: 442 31 99.
TEMAS: Clima, Vegetación, Fauna, Patrimonio Natural, Actividades, Procesos.

MINISTERIO DE INDUSTRIA, COMERCIO Y TURISMO

- Centro de Publicaciones del Ministerio:
C/ Doctor Fleming, 7. 2.º 28006 Madrid.
Tfño.: 250 02 02/03/04/05.
Punto de Venta del Ministerio:
C/ Paseo de la Castellana, 160. 28046-Madrid.
Horario: 9 a 14 horas.
Tfño.: 458 80 10 (ext. 1076).
- Instituto Tecnológico GeoMinero de España (ITGE).
Servicio de Documentación y Biblioteca.
C/ Ríos Rosas, 23. 28003 Madrid.
Horario: 9:45 a 13:30 horas.
Tfño: 441 65 00.

Servicio de Publicaciones. Punto de Venta.
C/ Cristobal Bordiú, 34. 28003 Madrid.
Horario: 9 a 13 horas.
Tfño.: 441 70 67.
 - Instituto para la Diversificación y Ahorro de Energía (IDAE).
Biblioteca:
Paseo de la Castellana, 93. 28071 Madrid.
Horario: 8 a 14:00 y de 15:00 a 18:00 horas.
Tfño: 556 84 15.
 - Centro de Investigaciones Energéticas, Medioambientales y Tecnológicas (CIEMAT).
Biblioteca:
Avenida de la Complutense, 22. 28040 Madrid.
Horario: 8 a 16:30 horas.
Tfño: 346 60 00.

Punto de Venta:

• Librería Ciencia e Industria.
C/ San Juan de la Cruz, 3. 28003 Madrid.
Tfño: 533 75 43.

Bases cartográficas para la evaluación de impactos ambientales

IAS: Tierra, Procesos, Patrimonio Natural, Aire, Agua, Actividades, Normativa.

Observaciones: Está previsto que las publicaciones referidas a Comercio y Turismo, anteriormente en otro Ministerio, puedan adquirirse en el punto de venta del actual.

MINISTERIO DE OBRAS PUBLICAS TRANSPORTES

Centro de Publicaciones del Ministerio:
Paseo de la Castellana, 67. 28071 Madrid.
Teléfono: 533 49 00-533 16 00.

Punto de Venta:
Paseo de la Castellana (esquina Pza. San Juan de la Cruz).

Secretaría de Estado para las Políticas del Agua y el Medio Ambiente.

Centro de Documentación:
Paseo de la Castellana, 67. Plta. 4. Nuevos Ministerios. 28071 Madrid.

Horario: 9 a 14:30 horas.
Teléfono: 553 16 00 - 553 56 00 - 553 49 00 (ext. 3606-3604)

Instituto Geográfico Nacional (IGN).
Punto de Venta y biblioteca:
General Ibáñez de Ibero, 3. 28003 Madrid.
Horario: 9 a 14:00 horas
Teléfono: 533 38 00 - 533 24 00.

Centro de Estudios y Experimentación de Obras Públicas (CEDEX).

Punto de Venta y biblioteca:
Alfonso XII, 3 y 5. 28071 Madrid.
Horario: 9 a 14:00 horas.
Teléfono: 467 37 08.

Instituto Nacional de Meteorología.
Punto de Venta y Centro de Información:
Calle Universidad. 28040 Madrid.
Teléfono: 581 96 30.

Centro Geológico de Obras Públicas (SGOP).
Biblioteca:
Calle Portugal, 81. 28071 Madrid.
Horario: 9 a 14:30 horas (uso restringido).
Teléfono: 464 08 00.

Centro de Estudios Hidrográficos.
Punto de Venta y biblioteca:
Calle Bajo de la Virgen del Puerto, 3. 28071 Madrid.
Horario: 9:30 a 14:30 horas.
Teléfono: 265 68 00.

- Instituto del Territorio y Urbanismo.

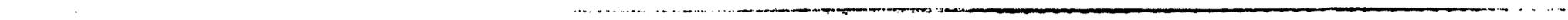
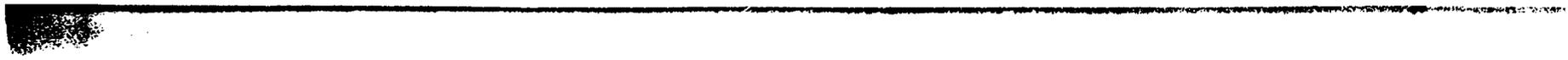
Biblioteca:
Paseo de la Castellana, 67. Nuevos Ministerios. 28071 Madrid
Horario: 9 a 14:00 horas.
Teléfono: 553 16 00.
Publicaciones Transportes:
Pza. San Juan de la Cruz, s/n. 28003 Madrid.
Teléfono: 533 24 03 (ext. 2395).

TEMAS: Actividades, Asentamientos Urbanos, Infraestructura, Normativa, Medio Físico.

Observaciones: Está previsto que las publicaciones referidas a Transporte, anteriormente en otro Ministerio, puedan adquirirse en el punto de venta del actual del MOPT.

LIBRERIAS

- Librería PHOEBE, S.A.
C/ Fernández de los Ríos 95. 28015 Madrid.
Teléfono: 449 31 07.
(Mapas).
- Librería GEA.
Facultad de Ciencias Biológicas y Geológicas.
Universidad Complutense. 28040 Madrid.
Teléfono: 243 30 27.
Centro Comercial Madrid 2. Local B-66.
Avda. Monforte de Lemos, s/n (La Vaguada). 28029 Madrid.
Teléfono: 730 47 30.
(Geología, Ecología, Mapas, Guías, Medio Ambiente).
- NAOS Libros S.A.L.
C/ Quintana 12. 28008 Madrid.
Teléfono: 247 39 16.
(Urbanismo, Arquitectura, Ordenación del Territorio).
- Tienda Verde.
C/ Maudes 38. 28003 Madrid.
Telf. 91-533 64 54-253 07 91.
(Mapas, Guías, Medio Ambiente).
- Librería Agrícola.
C/ Fernando VI, 2. 28004 Madrid.
Teléfono: 319 09 40.
(Agricultura).
- Mundi Prensa Libros, S.A.
C/ Castelló, 37. 28001 Madrid.
Teléfono: 431 33 99.
(Agricultura, Economía, UNESCO, FAO, CEE).



LOS PELIGROS NATURALES EN LAS EVALUACIONES DE IMPACTO AMBIENTAL EN OBRAS CIVILES

Ayala Carcedo, Francisco Javier (*)

LOS PELIGROS NATURALES

La Tierra es un planeta vivo en el que existen procesos vivos que pueden generar una situación de riesgo que a su vez desencadenada puede originar daños o incluso un desastre. A estos procesos o fenómenos, se les denominan Peligros Naturales.

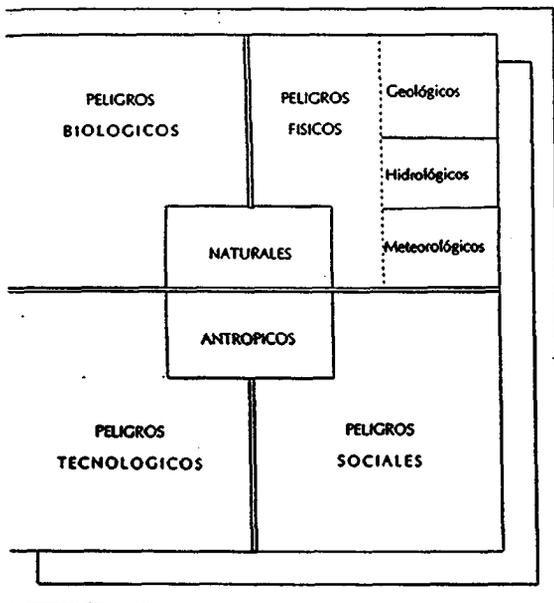


Figura 1. Los peligros naturales.

Tal y como se ve en la Fig. 1, se dividen en dos grandes grupos: Peligros Físicos y Biológicos. Aquí sólo trataremos los Físicos, que según su ligazón a la Tierra, Agua y aire, se subdividen a su vez en Geológicos (p.e., un Deslizamiento), Hidrológicos (p.e., una Avenida) y Meteorológicos (p.e., la Niebla).

Los Peligros Naturales, como los demás, presentan dos conceptos fundamentales a la hora de su análisis: Peligrosidad y Riesgo.

La Peligrosidad (Ayala, 1990), puede definirse como el conjunto de aspectos físicos que caracterizan a un fenómeno potencialmente dañino, especialmente su Tipología, Probabilidad de Ocurrencia, Dimensión espacial, Duración y Características Dinámicas, que pueden definirse cualitativa o cuantitativamente.

Así un Deslizamiento tendría la Peligrosidad definida, por ejemplo, así:

Tipología: Flujo de barro.

Activación: Con Intensidad de lluvia superior a 50 mm/h.

Dimensión: 10.000 m².

Duración: Hasta 6 meses de actividad.

Velocidad: 0.1 m/d.

El Riesgo que presenta un Peligro viene definido (Ayala, 1990) como el Daño Potencial Anual producible por un fenómeno potencialmente dañino que puede ser cuantificado en términos económicos o sociales o evaluado cualitativamente.

$$R = P \times v \times V$$

R = Riesgo.

P = Probabilidad de Ocurrencia.

v = Vulnerabilidad (0—1).

V = Valor del Bien Expuesto.

Los Peligros Naturales tienen una importancia económica significativa, y en nuestro país, sólo por lo que hace a los Geológicos e Hidrológicos, puede llegar casi al 0.5 % P.I.B.

Por otra parte, los Peligros Naturales son la fuente principal de Catástrofes con pérdida de vidas.

En la Fig. 2, puede verse la importancia relativa de cada uno de los Peligros.

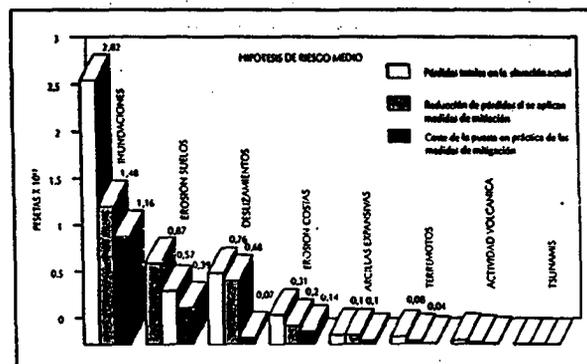


Figura 2. Pérdidas potenciales por peligros geológicos en España. 1986-2016 (Ayala, González et al., 1986).

Dr. Ingeniero de Minas (Ingeniería Geológica). Area de Ingeniería Geoambiental. Instituto Tecnológico Geominero de España. C/ Ríos Rosas, nº 23. 28003 Madrid.

2. PELIGROS NATURALES Y EIA: ASPECTOS GENERALES

La forma en que los Peligros Naturales pueden ser Impactados fruto de las Obras Civiles, puede verse en la Fig. 3. El resultado es siempre el mismo: la aparición o elevación del Riesgo como consecuencia de la actuación.

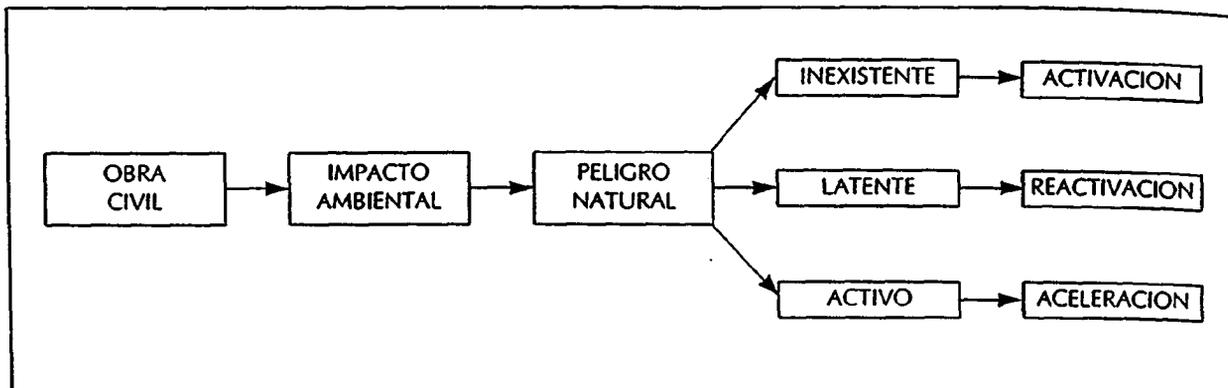


Figura 3. Producción de peligros naturales como Impacto Ambiental de las obras civiles.

El Peligro desencadenado o agravado, debe ser:

- Identificado.
- Caracterizado.
- Valorado.
- Corregido.

La Identificación, puede representarse con una matriz Acciones-Impactos (Peligros), de las cuales pueden verse ejemplos en cualquier publicación sobre EIA. Esta fase es fundamental, ya que gran parte de las catástrofes y problemas habidos, han surgido de la no Identificación.

La Caracterización, por lo que hace a los Peligros Naturales, debe centrarse en la Peligrosidad, tal y como se definió antes. Esta tarea, puede ser a veces ardua. Será nor-

malmente facilitada por la elaboración de Mapas de peligrosidad (Ayala, 1990).

La Valoración, tendrá normalmente dos aspectos:

- a) Determinación de la Vulnerabilidad de los elementos expuestos (bienes, personas).
- b) Determinación del Riesgo, tal y como antes se definió.

- c) Análisis del Riesgo y Evaluación como Admisible o no. Para esta etapa será necesario un estudio previo de las posibilidades de corrección y un análisis de costo.

El uso de Mapas de Vulnerabilidad y Riesgo, puede ser muy útil en estas etapas.

La Corrección requerirá un Diseño Ingenieril acorde con el problema.

En definitiva, el tratamiento de los Peligros Naturales, en la EIA, es un trabajo científico aplicado y tecnológico.

A continuación se analizan para cada uno de los tipos de Obras Civiles los aspectos de Identificación y Caracterización.

CUADRO 1
PELIGROS NATURALES EN LAS OBRAS LINEALES

OBRA	PELIGRO		
	TIERRA	AGUA	AIRE
CARRETERAS Y FERROCARRILES	<u>Deslizamientos</u> <u>Desprendimientos</u> Erosión <u>Subsidencia</u> <u>(Túneles)</u>	<u>Agravación</u> de <u>inundaciones</u>	Modificación de vientos
CANALES Y DUCTOS	<u>Deslizamientos</u> <u>Desprendimientos</u> Erosión <u>Subsidencia</u> (Colapso/hundimiento)	Agravación de inundaciones	

Subrayado: Posible efecto catastrófico.

3. PELIGROS NATURALES Y OBRAS LINEALES

En el Cuadro 1, pueden verse los principales Peligros Naturales a considerar en la EIA de las Obras Civiles tales como Carreteras, Ferrocarriles, Canales y Ductos.

Las Obras Lineales, tienen en general una alta probabilidad de cruzar zonas con deslizamientos y desprendimientos latentes o activos, y de generarlos.

A veces, la plataforma preparada para la Obra, sirve para aumentar la infiltración o alterar el estado tensional en la superficie de corte de algún deslizamiento latente, tal y como se ven en la Fig. 4. La realización de Estudios Geotécnicos y de Riesgos por Movimientos de Ladera, es preceptiva. A ello pueden ayudar los Mapas Publicados por el Instituto Tecnológico GeoMinero de España o el Servicio Geológico del MOPU. Sin embargo, será preciso hacer estudios específicos a escalas mayores, que a título orientativo, pueden ser:

- Viabilidad : 1/50.000 — 1/25.000
- Anteproyecto: 1/10.000 — 1/5.000
- Proyecto : 1/1.000

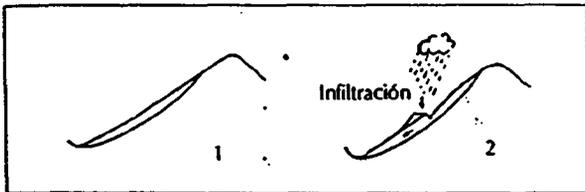


Figura 4. Reactivación de un deslizamiento latente por una carretera.

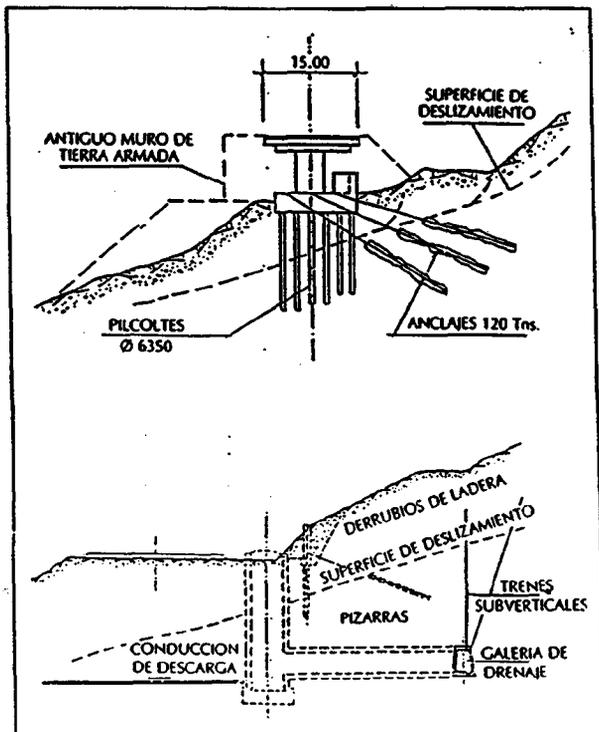


Figura 5. Soluciones empleadas en una carretera nacional para corregir deslizamientos (Llorca y Delgado, 1988).

Debe tenerse presente:

- a) Que la estabilización de deslizamientos es cara, y a menudo es preferible desviar la traza. Por ello la Identificación es esencial.
- b) Que una vez en servicio, las inestabilidades resultan mucho más peligrosas y costosas. Por ello, las actuaciones deben ser preventivas.

La Fig. 5 da idea de lo costosas que pueden llegar a ser las soluciones (Llorca y Delgado, 1988).

Las inestabilidades de ladera, pueden llegar a ser especialmente problemáticas en las boquillas de los túneles, y por ello deben ser investigadas especialmente, ya que una inestabilidad puede generar una catástrofe. En la Fig. 6, Delgado, F.J. (1976) pueden verse las inestabilidades en la boquilla del Túnel de Ujo (Asturias) y la campaña de investigación geotécnica de las mismas.

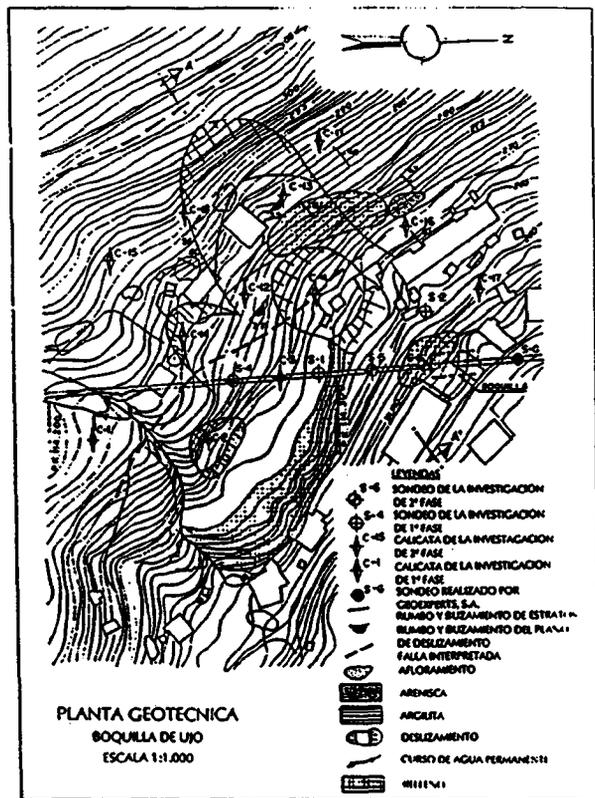


Figura 6. Inestabilidades en la boquilla del túnel de Ujo (Asturias) (Delgado, 1976).

Los túneles en zonas urbanas, pueden generar problemas de subsidencia en las construcciones asentadas encima. Por ello, aparte el necesario Estudio Geotécnico, debe llevarse un control instrumental de asentamientos y utilizarse métodos de excavación y construcción adecuados. En la Fig. 7, pueden verse los asentamientos medidos en las etapas constructivas de media sección y destroza en un túnel en Barcelona (Serrano y Vidal, 1976).

Los problemas geotécnicos, pueden revestir un peligro especial en el caso de los gasoductos y oleoductos al producir por asentamiento diferencial la rotura, con el peligro de explosión.

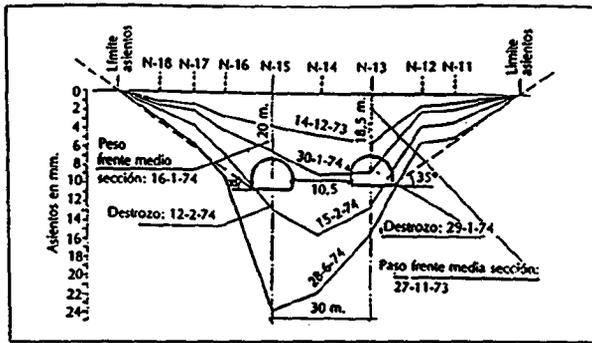


Figura 7. Asentamiento del terreno debido a la construcción de un túnel urbano en Barcelona (Serano y Vidal, 1976).

En la Fig. 8, pueden verse algunos problemas de inestabilidad detectados en el gasoducto de Serrablo (Huesca) (Rodríguez y Sánchez, 1988).

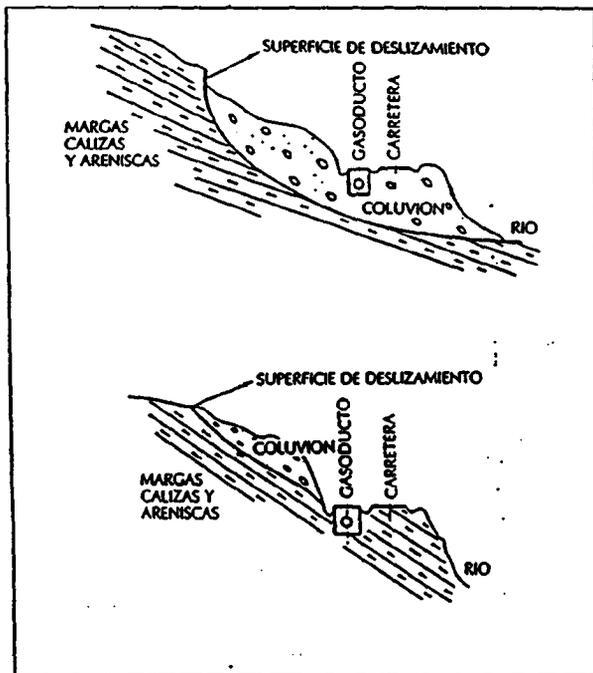


Figura 8. Inestabilidad de ladera en el gasoducto de Aurín (Huesca) (Rodríguez y Sánchez, 1988).

Un problema conocido en las zonas de clima árido, es el de las subsidencias por colapso de suelos, inducidas por las fugas de los canales, especialmente en suelos limosos. En España, no son infrecuentes en las márgenes del Canal Imperial de Aragón.

En la Fig. 9, puede verse, en a) la colapsabilidad (Gibbs y Bara, 1967) y en b) colapso en laboratorio (Dudley, 1970). Los canales, y en general la irrigación, pueden, por disolución, producir hundimientos por colapso de cavidades en zonas yesíferas.

La agravación de inundaciones naturales por el efecto de grandes terraplenes, como posiblemente sucedió en Alcira (Valencia), es otro tema a tener en cuenta, e igualmente el cambio del régimen de vientos por «efecto pasillo».

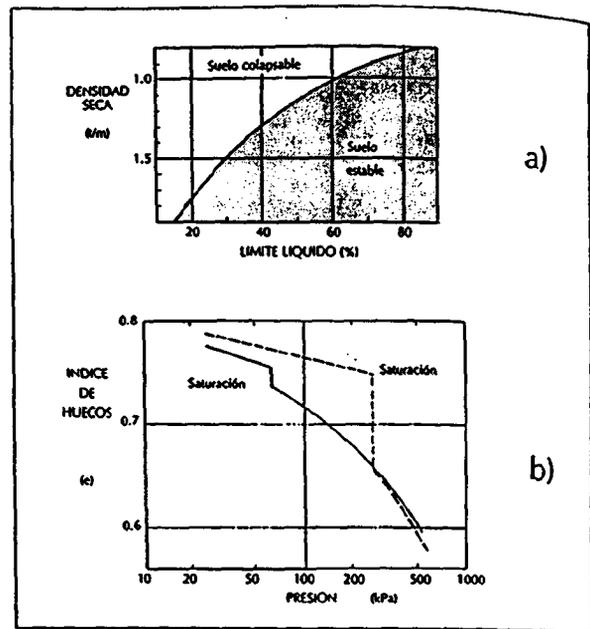


Figura 9. Colapso de suelos (hidrocompactación). a) Condiciones de colapso. (Gibbs y Bara, 1976). b) Colapso de muestras en laboratorio (Dudley, 1970).

4. PELIGROS NATURALES Y PRESAS

Las presas producen importantes beneficios para la comunidad, desde el abastecimiento del agua al control de avenidas, pasando por la electricidad y la irrigación.

Sin embargo, han producido importantes catástrofes. La rotura de la presa de Vaiont produjo en el pueblo italiano de Longarone en 1963 la muerte de unas 3.000 personas; la de Vaiont (Francia), en Frejus, unas 300 en 1959. En España, está reciente la rotura de la presa de tierra de Tous en 1982.

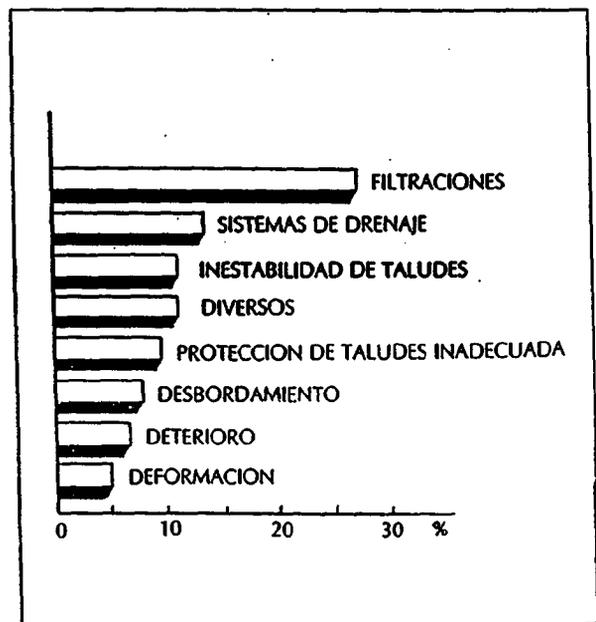


Figura 10. Causas de rotura de presas en EE.UU. (Engineering News Records).

En definitiva, la construcción de una presa supone a veces la introducción de un riesgo en los valles fluviales, a menudo abundantemente poblados. El problema no es espreciable. En EE.UU., en 1980, el Corps of Engineers, e 4.906 presas no federales, había encontrado que el 2% eran inseguras (Ross, 1984).

Como puede verse en la Fig. 10, los problemas asociados con los sistemas de drenaje interno y externo, son la causa de más de un 40% de las roturas en EE.UU., seguidas por los problemas de laderas, con casi un 20% (Engineering News Records).

En el Cuadro 2, pueden verse los problemas principales asociados con las presas.

CUADRO 2
PELIGROS NATURALES Y PRESAS

TIERRA Y AGUA	AIRE
Inundaciones por rotura*	Nieblas
Inundaciones por tsunamis (deslizamientos)*	
Sismicidad inducida**	
Deslizamientos externos inducidos	
Activación del Karst	
Erosión del cauce aguas abajo	
Erosión de costas	

Catástrofes.

* Puntualmente catastrófico.

Las roturas, en su gran mayoría tienen que ver con problemas del terreno o con problemas de los materiales usados y su disposición (presas de tierra), por lo cual están asociados a Estudios Geotécnicos insuficientes o fallos de diseño.

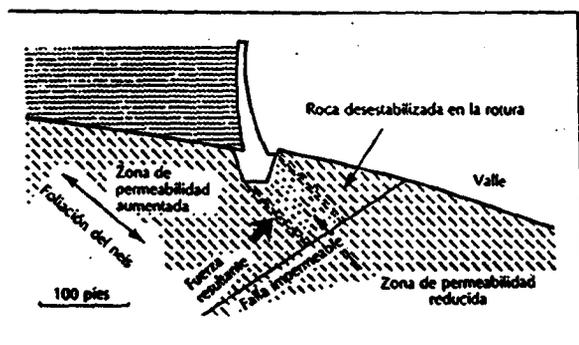


Figura 11. Rotura de la presa de Malpasset (Francia) (Waltham, 1978).

En la Fig. 11 (Waltham, 1978), puede verse el problema que generó la rotura de la presa de Malpasset (Francia) en 1959 y que destruyó totalmente 5 Km aguas abajo. Los cambios de permeabilidad producidos por la concentración de presiones y la presencia de delgadas capas arcillosas en la falla, rompieron el terreno, que arrastró a la presa.

A veces, el fallo es constructivo, no de diseño, como sucedió en la rotura de la presa de Teton en EE. UU. en 1976, con 135 desaparecidos y 550 millones de US \$ en

pérdidas. En este caso, la cortina de inyecciones, inadecuadamente ejecutada, falló.

En Vaiont (1963), las calizas jurásicas del Monte de Toc deslizaron tras su inmersión, moviéndose unos 260 millones de m³ (Hm³). Su introducción en el embalse generó un tsunami que rebasando la coronación arrasó el pueblo italiano de Longarone, en el Piave. La presa resistió.

En la Fig. 12, pueden verse la onda de agua y la masa deslizada (Selli y Trevisan, 1964).

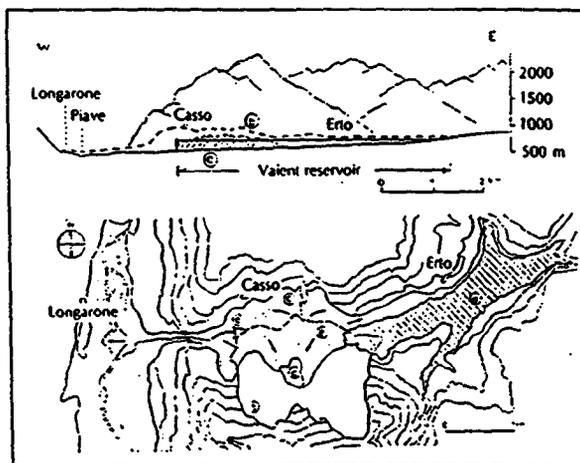


Figura 12. Catástrofe de la presa de Vaiont (1963). A) Perfil longitudinal: a) Masa deslizada. b) Perfil de la onda de agua. B) Planta: a) Presa. b) Raíz del deslizamiento. c) Área devastada por la onda aérea y de agua. d) Lagos. e) Área deslizada.

El agua, al afectar la estabilidad de las laderas, puede generar deslizamientos en otras obras. Eso es lo que al parecer sucedió en una línea férrea en Galicia al saturarse el pie (González V. et al., 1988), Fig. 13.

Los desembalses rápidos suelen ser, al igual que los primeros llenados, peligrosos en zonas con problemas. En Pont de Bar (Lérida), pasó al parecer algo similar en las lluvias de 1982, al romperse la presa, reactivando un gran deslizamiento fósil que destruyó el pueblo (Rodríguez et al. 1988).

Tras el llenado de grandes embalses, suelen producirse terremotos debido a los reajustes tectónicos y la presión intersticial inducida. Generalmente, se trata de terremotos que sólo producen alarma. Sin embargo, en Koyna (India), en 1963, un año después del llenado, un terremoto de Magnitud 6.5 mató a 177 personas. Resulta pues conveniente analizar el Riesgo Sísmico en el entorno de grandes embalses. En la Fig. 14, puede verse el registro del número de terremotos en el Embalse de Camarillas (García Yagüe, 1988).

En el caso de embalses emplazados en terrenos kársticos, con redes de cavidades internas, no es infrecuente el lavado de rellenos limo-arcillosos por la subida de la presión hidráulica. Esto produce golpes de agua de notable violencia en zonas a veces alejadas, como en el caso del embalse del Alfílorio (Asturias), o inducción de hundimientos.

La acción de retención del sedimento en el vaso, produce una disminución de la carga sólida en el cauce aguas abajo. Este hecho desequilibra las márgenes, fruto de la dinámica natural previa. El resultado es la erosión de márgenes.

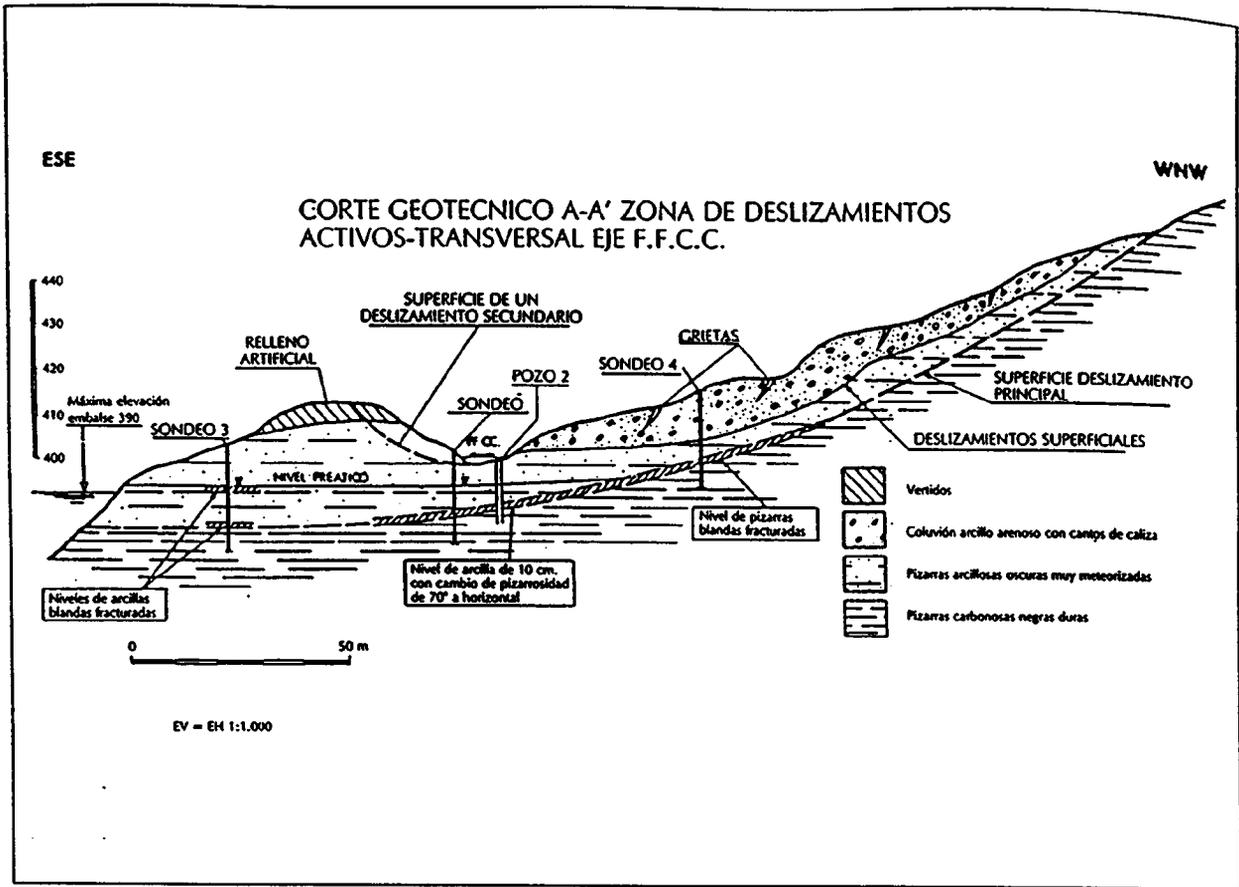


Figura 13. Deslizamiento en el túnel 40 producido por la presa del pie (González V., et al., 1988).

nes. Métodos de protección de las mismas, pueden verse en la Gufa Metodológica de EIA en Presas (DGMA, MOPU, 1989).

Esta misma retención, es la que produce el retroceso de deltas, como el del Ebro, fruto de las presas de la vertiente S. de los Pirineos, o la erosión de costas en la zona de Huelva, fruto de las presas.

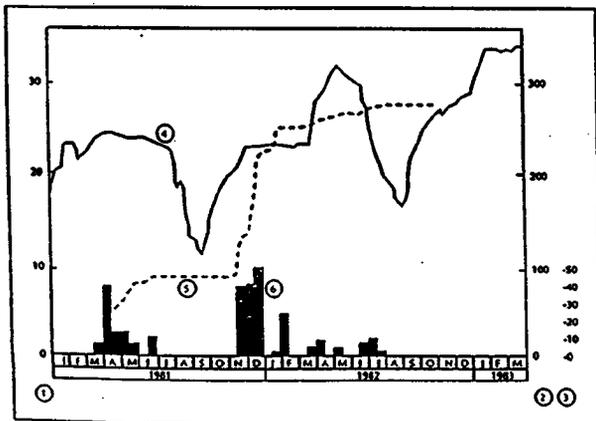


Figura 14. Terremotos registrados en el embalse de Camarillas.

- 1 y 4: Altura de agua en embalse.
- 2 y 5: Número de terremotos observados.
- 3 y 6: Número de terremotos cada quince días.

5. PELIGROS NATURALES Y OBRAS COSTERAS

La morfología de las Costas, es fruto de un equilibrio dinámico. En las costas bajas, el drenaje inducido por el viento produce al incidir oblicuamente sobre la costa, un arrastre longitudinal de sedimento por la corriente de deriva. Cualquier alteración en su camino, produce perturbaciones.

Por otra parte, los estuarios son zonas intrínsecamente inestables, ya que conducen grandes cantidades de sedimento. Cualquier alteración en la erosión de la cuenca vertiente, sea un aumento producido por deforestación o incendios, o una retención debida a abancalamientos, repoblaciones o embalses, inducirá cambios en el litoral. Se calcula que casi un 20% de los procesos de erosión de costas, son debidos a la retención de sedimentos por los embalses en España.

En la Fig. 15, pueden verse la evolución del estuario del río Vélez (Hoffmann y Schulz, 1987). La activa erosión de la cuenca vertiente, ha colmatado el estuario y formado un delta.

Cuando existen litorales frágiles y de gran importancia ecológica, cómo es el caso del Coto de Doñana con el cierre dunar de las marismas, cualquier actuación de Ingeniería en las costas, debe ser bien analizada.

Cómo puede verse en la Fig. 16, la construcción de un Dique, produce sedimentación y erosión.

Los sistemas playa-cabo, son asimismo frágiles. En la Fig. 17, puede verse cómo el vertido en un cabo, erosiona la playa (Dabrio y Polo, 1981).

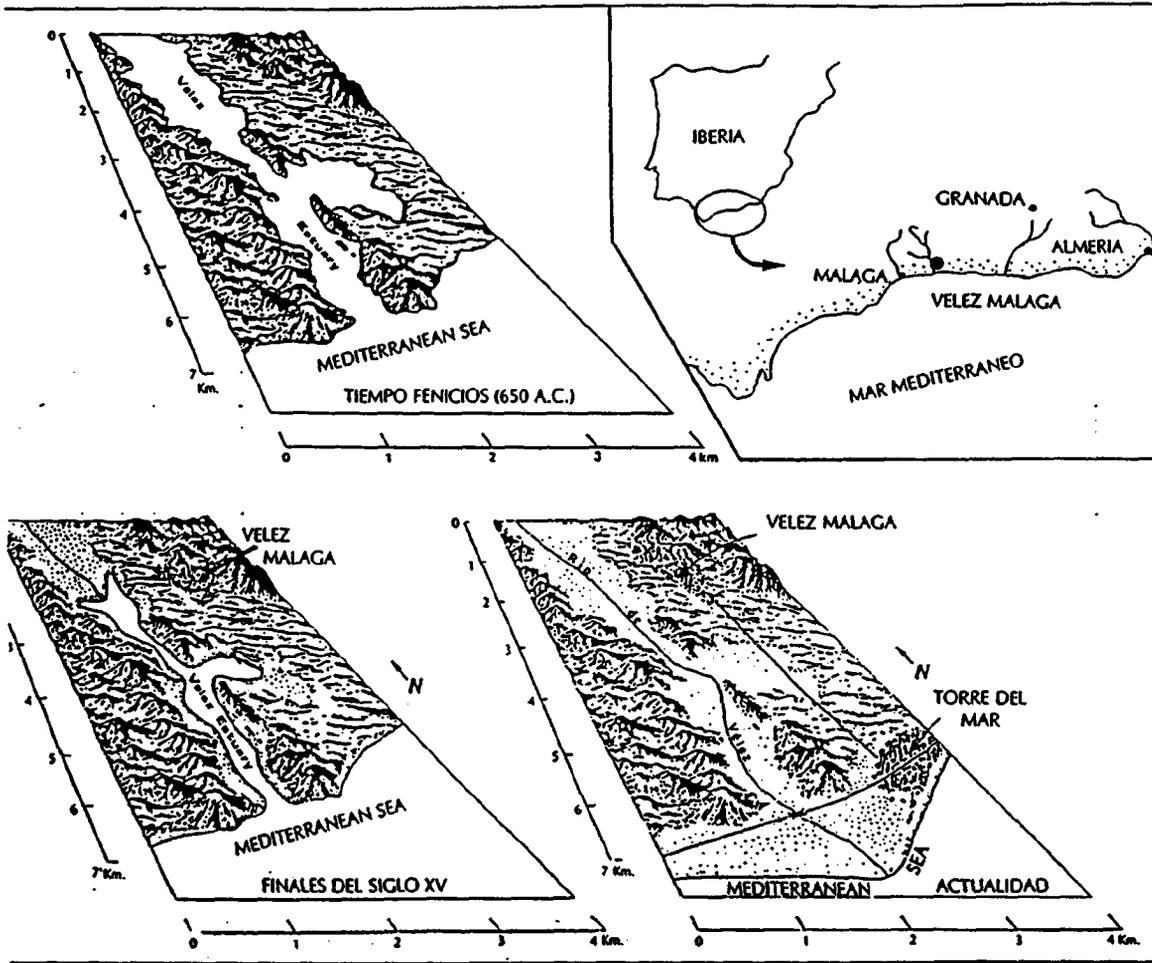


Figura 15. Evolución del estuario del río Vélez (Hoffmann y Schulz, 1987).

construcción de puertos es por tanto una actividad que potencialmente altera el entorno litoral. Gracias a los modelos físicos de puertos y litorales y a los modelos matemáticos, pueden preverse estos efectos y adoptar las medidas correctoras oportunas.

agravar las riadas aguas abajo. El efecto parece ser mayor para pequeñas cuencas.

En la Fig. 18 (Rantz, 1971), puede verse el cambio significativo del hidrograma introducido por el saneamiento y la pavimentación y construcción.

PELIGROS NATURALES Y ACTUACIONES URBANÍSTICAS

Las actuaciones urbanísticas impactan a veces en forma de peligros naturales.

Los principales peligros producidos por actuaciones urbanísticas son:

Agravación de riadas aguas abajo.

Desencadenamiento de deslizamientos.

Las avenidas, se desarrollan en el tiempo conforme a un hidrograma que presenta un Caudal Punta a cuyo paso produce el mayor desbordamiento.

La urbanización, produce un cambio en el Coeficiente de Escorrentía, el cual aumenta al disminuir la infiltración del agua de lluvia. Por otra parte, introduce el agua en las alcantarillas, produciendo de forma más rápida que en la escorrentía natural.

Ambos efectos contribuyen a aumentar el Caudal Punta, al disminuir el Tiempo de Concentración, es decir, a

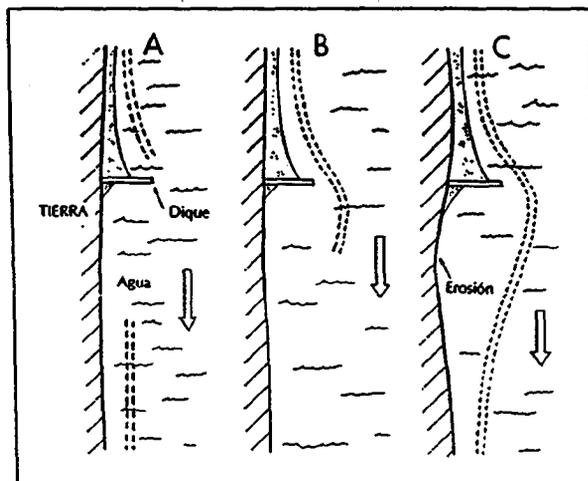


Figura 16. Erosión y sedimentación tras la construcción de un rompeolas (Rosembaum, 1976).

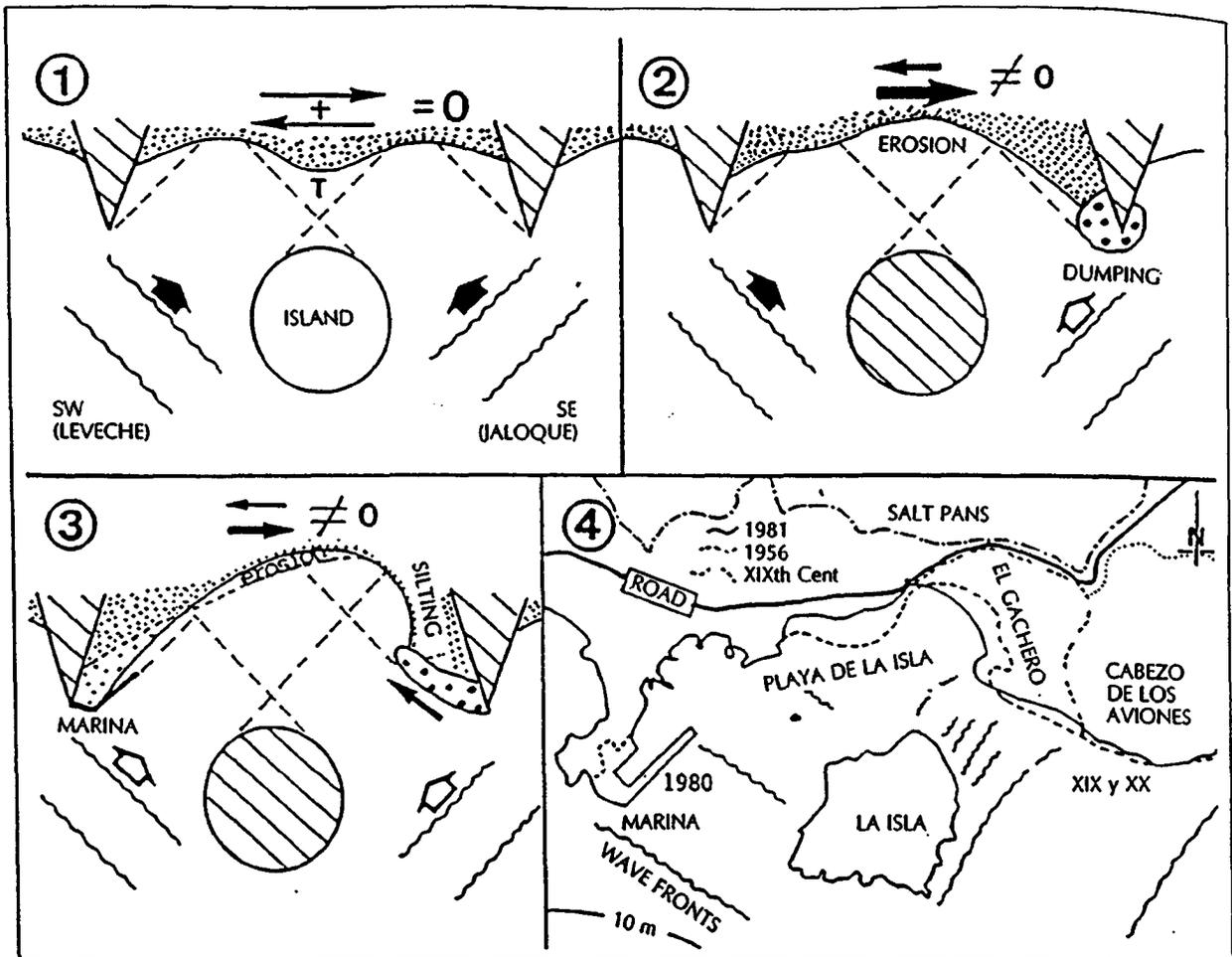


Figura 17. Impactos en sistemas playa-cabo (Dabrio y Polo, 1981).

El desencadenamiento o la inducción de deslizamientos es frecuente.

No pocas veces, las actuaciones se producen en laderas sobre deslizamientos latentes, que son reactivados por diversos procesos.

En la Fig. 19, puede verse el efecto del riego en zonas ajardinadas. Debe tenerse en cuenta que el agua infiltrada

en el terreno en una zona ajardinada no impermeabilizada y drenada, puede ser cinco veces superior a la infiltración pluvial. En estas condiciones, resulta fácil que la elevación del nivel freático reactive o incluso produzca, el deslizamiento. También puede inducirse por este procedimiento la expansividad de arcillas ladera abajo, con efecto dañino sobre las construcciones. Los deslizamientos por elevación del nivel freático, pueden producirse también por fugas en el saneamiento, y obviamente, pozos negros.

Los movimientos de tierra, al cargar con vertidos laterales inestables, pueden reactivar o desencadenar deslizamientos que afecten a terceros. E igualmente las excavaciones; tal y como se ve en la Fig. 20.

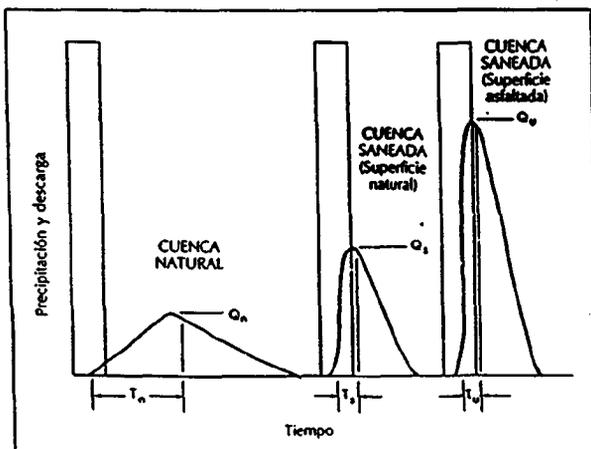


Figura 18. Hidrogramas para áreas naturales y urbanizadas (Rantz, 1971).

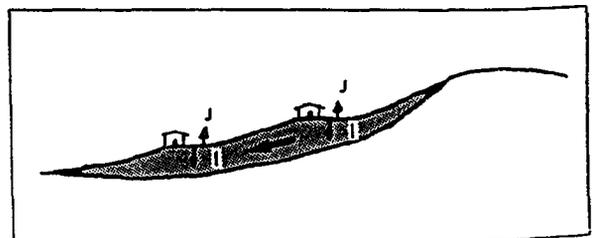


Figura 19. Deslizamiento reactivo por riego en jardines (I), infiltrado (I).

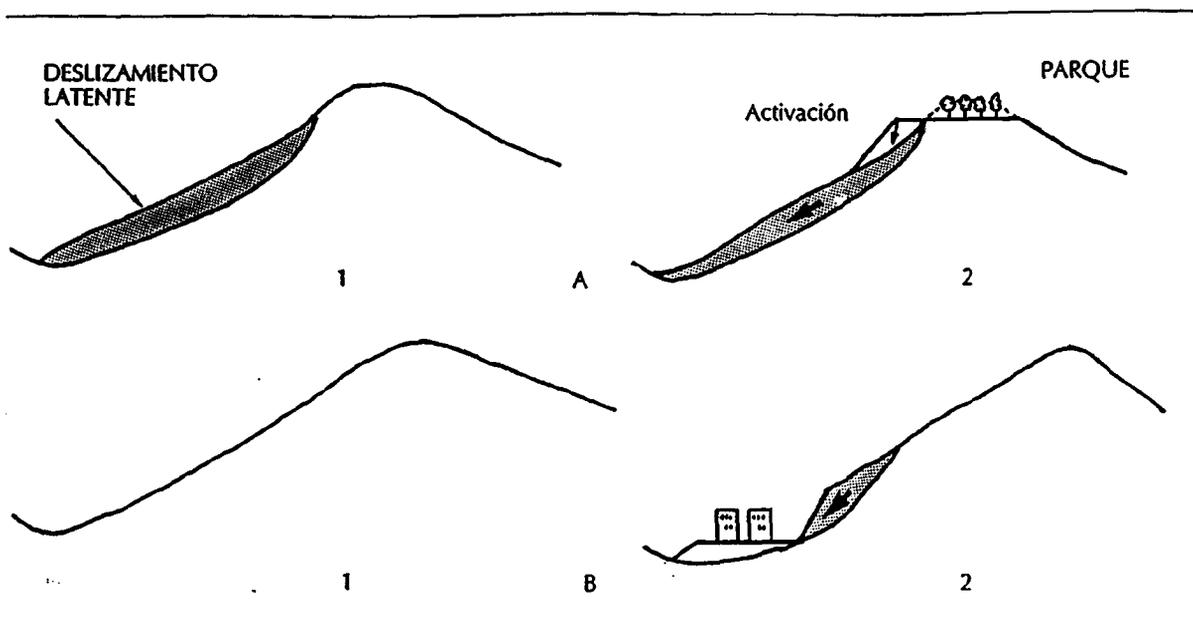


Figura 20. Deslizamientos inducidos por actuaciones urbanísticas: A) Vertido. B) Excavación.

LA EVALUACION DEL RIESGO COMO IMPACTO AMBIENTAL

Los Peligros Naturales desencadenados o reactivados por Obras Civiles, son un Impacto Ambiental que debe ser evaluado.

La integración dentro de sistemas como la matriz de impacto, es factible, pero resulta de fiabilidad difícil de conseguir, por la gran heterogeneidad de los datos y la falta de series de comparación adecuadas a la hora de la evaluación de magnitudes y pesos. El problema con el método de Unidades de Impacto Ambiental, puede ser similar.

Una vía alternativa es la siguiente:

* Fase 1: Evaluación del Riesgo social de acuerdo con fórmula general del Riesgo en vidas perdidas/año. Si el riesgo resulta ser superior al de otras actividades de alto riesgo admitidas, como la conducción de automóviles, deberá ser corregido, o si hay posibilidad de Catástrofes.

* Fase 2: Evaluación del Riesgo Económico en Ptas. perdidas/año a nivel de la Obra Civil y a nivel externo. Comparación con los Beneficios obtenidos del Costo de construcción a un nivel admisible y Decisión final.

Este sistema, de carácter objetivo, presenta incertidumbres en la determinación de parámetros como la probabilidad de ocurrencia y la vulnerabilidad, pero puede ser un instrumento útil.

8. CONCLUSIONES

Las Obras Civiles, tanto en la etapa de construcción, como en las de explotación y abandono, pueden generar impactos ambientales en forma de peligros naturales que pueden afectar directamente a las obras y también, frecuentemente, a terceros.

Las Obras Lineales, producen inestabilidades de Ladera, Erosión, Subsistencia, Agravación de Inundaciones y Modificaciones del régimen de vientos.

Las Presas, han generado los mayores impactos ambientales en forma de catástrofes tales como grandes inundaciones, terremotos inducidos, deslizamientos, activación de redes kársticas, erosión del cauce aguas abajo, erosión de costas y nieblas.

Las Obras Costeras, cambian generalmente el régimen de erosión y sedimentación en playas, deltas y estuarios.

Las Actuaciones Urbanísticas pueden provocar agravación de inundaciones aguas abajo y deslizamientos que afecten a terceros.

Se propone como sistema objetivo de Evaluación del Impacto Ambiental, la cuantificación del Riesgo en términos de Pérdidas Potenciales Económicas y Sociales por año, y el Análisis Coste-Beneficio.

Son de especial utilidad para la Identificación y Caracterización de los Peligros Naturales inducidos los Mapas de Riesgos, y en general la Ciencia e Ingeniería del Riesgo.

Los Estudios Geotécnicos son imprescindibles.

REFERENCIAS

- AYALA, F.J. (1990): Análisis de los Conceptos Fundamentales de Riesgo y su Aplicación a la Definición de Tipos de Mapas de Riesgos. *Bol. Geol. Min. I.T.G.E. Madrid*. En prensa.
- AYALA, F.J., GONZALEZ, V., L.I. et al. (1987): *Impacto Económico y Social de los Riesgos Geológicos en España*. I.T.G.E. Madrid.
- DABRIO, C.J. y POLO, M.D. (1981): Dinámica Litoral y Evolución Costera del Puerto de Mazarrón (Murcia). *Bol. R. Soc. Esp. de Hist. Nat.* 79.
- DELGADO, F.J. (1976): Contención de laderas en las boquillas del túnel de Ujo y en Reicastro. *Simp. Nac. Rocas Blandas. SEMR. Madrid*.
- DIRECCION GENERAL DE MEDIO AMBIENTE (1989): *Guías Metodológicas de Evaluación de Impacto Ambiental: Presas*. MOPU. Madrid.
- DUDLEY, J.H. (1970): Review of Collapsing Soils. *Proc. Soc. Civil Engin.*, 96.
- GARCIA Y., A. (1989): Métodos de Prospección Geofísicos Aplicados en las Obras Públicas. *Informac. y Est. del S. Geológico de O.P.*, 50. MOPU. Madrid.
- GIBBS, H.J. y BARA, J.P. (1967): Stability Problems of Collapsing soils. *Proc. Amer. Soc. Civil Engin.*, 93.
- HOFFMAN, G. y SCHULZ, H.D. (1987): Holocene stratigraphy and changing coastlines at the Mediterranean coast of Andalusia (SE-Spain). In: Late Quaternary sea-level changes in Spain (C. Zazo, Ed.). *Trabajos sobre Neógeno-Cuaternario*, 10, pp. 153-158.
- LLORCA, J. y DELGADO, C. (1988): *Problemática del trazado de una Carretera Nacional a través de un valle inestable. II Simp. Tal. y Lad. Inestables*. (Alonso y Corominas, Ed.). Barcelona.
- RANTZ, P. (1971): *Suggested Criteria for Hydrologic Design of Storm-Discharge Facilities in the San Francisco Bay Region, California*. U.S. Geol. Survey Open File Report.
- RODRIGUEZ, G., I. y SANCHEZ, H., O. (1988): *Estabilidad de Laderas en el Gasoducto de Aurín. II Simp. de Tal. y Lad. Inestables*. (Alonso y Corominas Ed.), Barcelona.
- RODRIGUEZ O. J.M^a., HINOJOSA, J.A. y CASTANEDO, F.J. (1988): *El Deslizamiento de Pont de Bar (Lérida) de Octubre de 1982. II Simp. de Tal. y Lad. Inestables* (Alonso y Corominas Ed.), Barcelona.
- ROSS, S.S. (1984): *Construction Disasters*. Engin. News-Record. USA.
- SELLI, R., TREVISAN, L. et al. (1964): La Frana del Vaiont. *Ann. del Museo Geologico di Bologna*, 32.
- SERRANO, J.M. y VIDAL, J. (1976): Reflexiones sobre el proyecto y construcción de Túneles Urbanos en Rocas Blandas. *Simp. Nac. de Rocas Blandas*. Tomo 1. SEMR. Madrid.
- WALTHAM, T. (1978): *Catastrophe. The Violent Earth*. Mc. Millan. London.

LA EVALUACION DE IMPACTO AMBIENTAL DESDE UNA OPTICA ECOLOGISTA

Martín Barajas, Santiago (*)

RESUMEN

Con la entrada de España en la CEE, el Gobierno se vio obligado a asumir la Directiva Europea sobre Evaluación de Impacto Ambiental. Aparte de los supuestos para los que se considera obligatorio la realización del estudio de impacto ambiental, únicamente se asumieron unos pocos más de la larga lista de optativos. En la actualidad, el Real Decreto Legislativo se incumple reiteradamente por parte de los particulares y de las administraciones públicas. Los organismos de la administración responsables de medio ambiente se encuentran bastante coartados en su actividad por parte de instancias superiores, lo que impide que desarrollen plenamente las competencias que les atribuye el Real Decreto de Evaluación de Impacto Ambiental.

1. ANTECEDENTES. MARCO LEGAL

Con la entrada de España de la Comunidad Económica Europea, el Estado Español se ha visto obligado a acatar la «Directiva sobre evaluación de los impactos sobre el medio ambiente de ciertas obras públicas o privadas», aprobada en el Consejo de la CEE de 27 de junio de 1985 (65/337/CEE). En nuestro país se aprueba mediante Real Decreto Legislativo de 28 de junio de 1986 («B.O.E.» 30 de junio de 1986) y el Reglamento para su ejecución, Real Decreto de 30 de septiembre de 1988 («B.O.E.» de 5 de octubre de 1988).

El objetivo de esta normativa es que se lleven a cabo una serie de estudios técnicos que permitan determinar con la mayor exactitud posible los efectos que la ejecución de un determinado proyecto va a tener sobre el medio ambiente. En la Directiva Comunitaria se determinan una serie de proyectos para los cuales es obligatorio la realización de un estudio de impacto ambiental, y que se recogen en el anejo I. Asimismo, se señalan otra serie de proyectos para los que se da libertad a los estados miembros para determinar la obligatoriedad o no de realizar el estudio de impacto ambiental, y que se recogen en el anejo II.

En el Real Decreto aprobado por el Gobierno Español se recogen como supuestos obligatorios todos los proyectos incluidos en el anejo I, así como para primeras repoblaciones forestales, grandes presas y actividades extractivas a cielo abierto; supuestos pertenecientes al anejo II de la Directiva, en el que se incluyen un total de 79 tipos de proyectos.

Con la Ley 4/1989, de 27 de marzo, de Espacios Naturales, se amplía la lista a transformaciones de uso del suelo, de más de 100 hectáreas, que implique la eliminación de la cubierta vegetal arbustiva o arbórea.

Posteriormente, algunas comunidades autónomas han desarrollado dicho Decreto, aumentando, en mayor o menor medida, el número de actividades sometidas a estudio de impacto.

En cuanto al procedimiento administrativo seguido por el estudio de impacto ambiental no vamos a describirlo en el presente artículo, pues aun siendo de gran interés, no es el objeto del mismo, aunque sí queremos destacar tres aspectos que consideramos de gran importancia, y que comentaremos en apartados posteriores.

En primer lugar, señalar el hecho de que sea la empresa o administración promotora del proyecto la encargada de elaborar el estudio de impacto ambiental.

También importante destacar que es el organismo responsable del medio ambiente el encargado de realizar la «declaración de impacto», que es el pronunciamiento respecto a los efectos ambientales previsibles ocasionados por el proyecto, la conveniencia o no de realizarlo y, en caso afirmativo, las condiciones que deberán establecerse en orden a la adecuada protección del medio ambiente y de los recursos naturales. Los organismos de la administración encargados de realizar la declaración de impacto es, en el caso del Gobierno Central, la Secretaría General de Medio Ambiente, dependiente del Ministerio de Obras Públicas, y para proyectos cuyas competencias recaigan en las comunidades autónomas, esa responsabilidad recae en el organismo responsable del medio ambiente en la Autonomía. En el caso de que surgieran discrepancias entre el organismo responsable de medio ambiente y el organismo promotor del proyecto, la resolución corresponderá al Consejo de Ministros, o al órgano competente de la Comunidad Autónoma, según la Administración que haya tramitado el expediente.

Por último, es importante destacar la potestad que tiene el órgano administrativo de medio ambiente para efectuar voluntariamente consultas a personas, instituciones y administraciones que puedan verse afectadas por la elaboración del proyecto.

Después de este pequeño repaso el marco legal en el que se sitúa el estudio de impacto ambiental, en el que se han destacado aquellos aspectos que se consideran de ma-

(*) Ingeniero Agrónomo. Coordinadora de Organizaciones de Defensa Ambiental (CODA). C/ Marqués de Santa Ana, nº 28. 28004 Madrid.

por interés, pasamos a describir lo que, desde nuestro punto de vista, es la realidad actual en España del estudio de impacto ambiental.

2. SITUACION ACTUAL DE LA EVALUACION DE IMPACTO AMBIENTAL EN EL ESTADO ESPAÑOL

2.1. Actitud de las administraciones públicas, tanto Estatal como de Comunidades Autónomas, ante la evaluación de impacto ambiental

A la hora de analizar la actitud de las distintas administraciones ante la evaluación de impacto ambiental, debemos partir del hecho de que el Real Decreto que lo regula, en realidad le viene impuesto a la Administración Española como consecuencia de la entrada de nuestro país en la Comunidad Económica Europea, y que en ningún momento ha sido promovido por el Gobierno de forma voluntaria.

El escaso interés de las distintas administraciones se refleja, por ejemplo, en el hecho de que son muy pocos los proyectos para los que es obligatorio la elaboración del estudio de impacto ambiental de los supuestos recogidos en el anejo II de la Directiva. También es interesante señalar que la mayor parte de los proyectos recogidos en el Real Decreto son necesariamente promovidos por el Estado, o por empresas ligadas a éste, y sólo alguno de ellos, como es el caso de algunas actividades extractivas, suelen ser promovidos por empresas privadas.

En el caso del Gobierno Central, el organismo responsable de realizar la declaración de impacto es la Secretaría General de Medio Ambiente, dependiente del Ministerio de Obras Públicas, que es el Organismo oficial que promueve más proyectos recogidos en el Real Decreto. Esto supone para la Secretaría General un enorme «handicap» y, a nuestro entender, una gran pérdida de libertad e independencia a la hora de realizar las declaraciones de impacto, como demuestra el hecho que desde la entrada en vigor del Real Decreto, de los cientos de proyectos sometidos a evaluación de impacto ambiental, solamente en un caso la Secretaría General de Medio Ambiente ha informado desfavorablemente en la declaración de impacto a la realización del proyecto, que fue en el caso de una extracción de áridos en Cantabria.

A pesar de las pocas trabas que se ponen a la realización de la práctica totalidad de los proyectos, las administraciones y empresas públicas intentan por todos los medios evitar que se tenga que realizar la evaluación del impacto ambiental originado por los proyectos promovidos por ellas, como ha sido el caso de la RENFE en ciertos tramos del trazado del tren de alta velocidad Madrid-Sevilla.

En cuanto a las comunidades autónomas, la situación es aún mucho más penosa. Como se indicó anteriormente, sólo algunas han desarrollado el Real Decreto, incrementando los supuestos para los que es obligatorio la elaboración del estudio de impacto ambiental.

En la mayor parte de las comunidades autónomas todavía no se ha realizado ni una sola declaración de impacto, a pesar de que se han llevado a cabo una gran cantidad de proyectos adscritos competencialmente a las comunidades

autónomas, y para los que es obligatorio la elaboración del estudio de impacto ambiental.

2.2. Elaboración de los estudios de impacto ambiental

La elaboración de los estudios de impacto ambiental corresponde, según el Real Decreto, a la empresa u organismo de la administración promotor del proyecto. Este hecho plantea un grave problema, pues los organismos promotores suelen contratar con empresas consultoras la realización de los estudios de impacto ambiental, exigiéndoles, las empresas privadas siempre, y los organismos públicos en una buena parte de los casos, que el resultado del estudio de impacto sea favorable a la realización del proyecto.

Ante esta lamentable situación, una parte importante de las empresas dedicadas a la realización de estudios de impacto ambiental se suelen plegar a las exigencias de sus clientes, y sólo algunas empresas consultoras con más escrúpulos profesionales se niegan a aceptar, en mayor o menor medida, este tipo de presiones, lo que, en la práctica se traduce en que dichas empresas contraten un volumen muy inferior a las primeras. Esta vergonzosa situación está generada, aparte de por los escasos escrúpulos de determinadas administraciones públicas, empresas promotoras de los proyectos y profesionales del estudio de impacto ambiental, por la excesiva permisividad de los organismos administrativos de medio ambiente, unos más que otros, responsables de «fiscalizar» los estudios de impacto ambiental.

2.3. Cumplimiento de los estudios de impacto ambiental

En los estudios de impacto ambiental se deben establecer una serie de medidas preventivas, protectoras y correctoras, encaminadas a minimizar los impactos ocasionados por la actuación, y restaurar, en la mayor medida posible, las áreas afectadas.

En el momento de realizar las obras, la mayor parte de las medidas recomendadas no se llevan a la práctica, debiéndose, en su mayor parte, al absoluto desinterés existente en las administraciones responsables de las obras, que en muchos casos ni siquiera han presupuestado estas actuaciones, o que simplemente no se molestan en exigir al contratista que las lleve a cabo tal y como se indica en el estudio de impacto ambiental.

2.4. Participación ciudadana

En el Real Decreto, aparte de la correspondiente información pública a la que debe someterse el estudio de impacto ambiental (30 días hábiles), se prevé que «el organismo administrativo de medio ambiente podrá voluntariamente efectuar consultas a las personas, instituciones y administraciones que puedan verse afectadas por la ejecución del proyecto».

Como podemos apreciar, la participación ciudadana se reduce, aparte del obligado trámite de información pública, a la libre decisión del organismo de medio ambiente que decide sobre qué proyectos y a qué personas, instituciones y administraciones se le efectúan consultas.

La Secretaría General de Medio Ambiente suele consultar de forma habitual a las organizaciones ecologistas sobre parte de los proyectos que recibe.

En el caso de los organismos responsables de la gestión del medio ambiente en las comunidades autónomas, las consultas a las organizaciones ecologistas son muy escasas, no habiéndose realizado todavía ninguna en la mayor parte de ellas.

3. BASES Y MEDIDAS NECESARIAS PARA EL FUNCIONAMIENTO DE LA EVALUACION DE IMPACTO AMBIENTAL.

Como hemos podido apreciar, en nuestro país la evaluación de impacto ambiental prácticamente no funciona, habiendo pasado a ser un trámite administrativo más que hay que pasar para llevar a cabo los proyectos, y que no ha habido más remedio que adoptar al entrar a formar parte de la Comunidad Económica Europea. La principal responsabilidad de haber llegado a esta triste situación recae por completo, a nuestro entender, en los responsables de las distintas administraciones autonómicas y central, que no suelen comprender, salvo honradas excepciones, la necesidad de conservar nuestro medio ambiente. Para ellos, parece que lo único aceptable es fomentar el progreso económico, aunque sea a costa de la calidad de vida de la población.

A pesar de ello, somos optimistas y confiamos que con el tiempo la sociedad y los acontecimientos vayan empujando a los gobernantes a asumir la necesidad de conservar el medio ambiente. Será entonces cuando la evaluación de impacto ambiental se empezará a tomar más en serio, para lo que será necesario subsanar una serie de deficiencias que la hagan mucho más eficaz.

Entre las modificaciones que, a nuestro juicio, se deberían introducir, enumeramos las siguientes:

- Incrementar sustancialmente los proyectos para los que sea obligatorio la realización del estudio de impacto ambiental. Se deberán abarcar todos aquellos que puedan provocar un impacto de cierta entidad sobre el medio ambiente, y que incomprensiblemente se quedaron fuera del Real Decreto, como es el caso de urbanizaciones, industrias contaminantes, carreteras, etc.
- Las administraciones responsables de la gestión del medio ambiente deberían ejercer realmente las competencias que el Real Decreto les confiere, persiguiendo y paralizando aquellas obras incluidas en el Decreto y que no tengan redactado el estudio de

impacto ambiental, paralizando y evitando que se certifiquen aquellas obras en las que no se hayan respetado o llevado a cabo las medidas y actuaciones recomendadas en el estudio de impacto ambiental.

A la hora de realizar la declaración de impacto, se debería actuar con plena independencia de los organismos oficiales promotores o valederos de los proyectos, desautorizando aquellos cuyo impacto sobre el medio sea importante y que no sea posible evitar mediante la adopción de medidas preventivas, protectoras y correctoras. También se debería exigir que los estudios de impacto ambiental sean técnicamente correctos y no se falseen para justificar la realización de los proyectos, tal y como se hace de forma tan habitual en la actualidad.

- En lo que a la participación ciudadana se refiere, los organismos responsables de medio ambiente deberían transmitir mucha más información de la que actualmente remiten a las personas, instituciones y administraciones que pudieran verse afectadas por la ejecución del proyecto.

Asimismo, sería de gran interés exigir al promotor que pusiera a disposición del organismo competente en medio ambiente una cierta cantidad de dinero, que no tendría por qué ser muy elevada, y que normalmente sería despreciable comparada con el coste total de los proyectos, para que las instituciones y administraciones que puedan verse afectadas por la ejecución de la actuación pudieran encarar estudios de impacto ambiental del proyecto a equipos técnicos no relacionados con los promotores del proyecto. De esta forma se incrementarían sustancialmente los elementos de juicio del organismo responsable de realizar la declaración de impacto.

Si estas consideraciones se llevasen a la práctica, no cabe la menor duda de que la evaluación de impacto ambiental pasaría a ser realmente útil, y no lo que es ahora. Las cosas nunca cambian de la noche a la mañana, por lo que creemos que lo primero que deben asumir las autoridades es la necesidad que existe de proteger el medio ambiente frente a las agresiones que continuamente sufre, una buena parte de ellas perfectamente evitables si se adoptasen a tiempo las medidas necesarias. En este sentido, las distintas administraciones no tendrían más remedio que tomarse en serio la evaluación del impacto ambiental, elemento clave para conseguir ese objetivo.

EVALUACION Y CUANTIFICACION DE IMPACTOS SOBRE EL PATRIMONIO HISTORICO Y ARQUEOLOGICO

Larrén Izquierdo, Hortensia (*)

EN

Importancia e interés científico que posee el Patrimonio Histórico y Arqueológico en nuestro país son sobradamente conocidos por todos y, de forma especial, por los estudiosos y técnicos que se dedican a su investigación, protección y divulgación, mostrándolo como un patrimonio al que tiene acceso toda la sociedad.

Sin embargo, no siempre se actúa con el respeto que se merece un edificio o vestigio arqueológico, como herencia histórica que son de nuestros antepasados y que, como tal, tienen la obligación de preservar para el futuro. En este sentido son abundantes los ejemplos de destrucciones y deterioros que pueden rastrearse desde muchos años atrás, ya sean de origen natural o antrópico que son muy proliferos de enumerar; pese a todo, los mayores daños hacia nuestro Patrimonio se han producido y se producen en el uso de los avances tecnológicos más recientes en la ejecución de obras públicas en general que, en muchas ocasiones, han tenido en cuenta los valores históricos, arqueológicos o etnológicos.

Por ello, lo que nos proponemos es analizar el Patrimonio Histórico y Arqueológico tomando como premisas el marco legal, su situación real exponiendo ejemplos concretos y propuesta de actuaciones.

Palabras clave: Patrimonio Histórico, Patrimonio Arqueológico, Conservación, Protección, Documentación Histórica.

INTRODUCCION

La consideración que el Patrimonio Histórico y Arqueológico ha tenido en nuestro país, por parte de los organismos —públicos o privados— que, de una u otra manera han tenido alguna incidencia sobre el mismo, puede ser calificada cuanto menos de «desigual», ya que muy pocos los casos que pueden utilizarse como ejemplos para seguir a la hora de hacer una valoración de los bienes hacia el edificio eclesial, castillo, puente y, en general, yacimiento arqueológico.

Esta circunstancia hace que agradezcamos de manera especial la inclusión en el programa de este 2º Curso de Investigación y Corrección de Impactos Ambientales, una exposición sobre los bienes históricos arqueológicos, aparentemente ajenos al medio natural pero, por el contrario, muy relevantes a él.

Este curso ofrece una casuística tan amplia que podrían realizarse unas jornadas específicas para su tratamiento;

sin embargo vamos a centrarnos en tres aspectos básicos: la definición de Patrimonio Histórico-Arqueológico y su marco legal, evaluaciones concretas de impactos ambientales y propuestas de actuación.

Pero previamente a pasar a desarrollar cada uno de estos aspectos creo conveniente hacer unas aclaraciones: en primer término hay que decir que los impactos sobre nuestro patrimonio se producen tanto en ámbitos rurales como urbanos, si bien, y aunque haga una breve referencia a éstos últimos, por el programa del curso, voy a centrarme sobre todo en los primeros.

En segundo lugar resulta evidente que, la evaluación y cuantificación de impactos sobre el Patrimonio Histórico y Arqueológico integrados en proyectos de obras públicas, es relativamente reciente en nuestro país, debiendo tomarse como fecha de partida el año 1986, momento de ingreso en la Comunidad Europea, que conlleva entre otras cosas, la aceptación de unos principios sobre medio ambiente que se asumen en la legislación interna. Sin embargo, pese a la existencia de un marco legal, todavía no muy desarrollado, existe poca experiencia a la hora de establecer prioridades o programas de trabajo que, al menos, garanticen la máxima documentación científica del bien que va a ser objeto de destrucción, al tiempo que deben ser respaldados por las Administraciones Públicas competentes.

Por último hay que señalar que, si bien las destrucciones o impactos negativos sobre el Patrimonio tienen un amplio recorrido histórico, es en los momentos de desarrollo de infraestructuras, de ejecución de grandes obras públicas, como las que ahora se están llevando a cabo —pongamos por ejemplo los proyectos de autovías, gasoductos, tren de alta velocidad, etc.— cuando existe un mayor riesgo de pérdida y se hace absolutamente obligado el trabajo interdisciplinar para conseguir los objetos comunes.

2. EL PATRIMONIO HISTORICO Y ARQUEOLOGICO Y SU MARCO LEGAL

No se puede decir que el Patrimonio Histórico y Arqueológico haya estado desprotegido por la carencia de una legislación específica, ya que las primeras normas se retrotraen al siglo XVIII, aunque es opinión generalizada que ésta se fue gestando «según han ido surgiendo los problemas o el expropiario» (González-Ubeda, 1981: 25; García-Escudero, Pendas, 1986: 26), hasta la promulgación de la Ley 16/1985, de 25 de junio, del Patrimonio Histórico Español y del Real Decreto 111/1986, de 10 de enero, de desarrollo parcial de la Ley.

* en Geografía e Historia. Unidad de Arqueología. Servicio Territorial de Cultura. Delegación Territorial de la Junta de Castilla y León. Avda. de Requejo, nº 4. 49003 Zamora.

Sin embargo, y aunque no es posible analizar con detenimiento todo el marco legal que afecta al Patrimonio Histórico Artístico, hay que señalar la existencia de una amplia normativa que contempla su protección de obligada referencia, haciéndonos concluir de antemano que ha sido la no ejecución de la misma la que ha llevado a los mayores desmanes y pérdidas. Asimismo no se incluyen aquí los Decretos y Ordenes emitidos por las Administraciones Autonómicas, dado que haría este apartado interminable.

Es el art. 1º.2 el que define los bienes objeto de protección, en el siguiente enunciado: «Integran el Patrimonio Histórico Español los inmuebles y objetos muebles de interés artístico, histórico, paleontológico, arqueológico, etnográfico, científico o técnico. También forman parte del mismo el patrimonio documental y bibliográfico, los yacimientos y zonas arqueológicas, así como los sitios naturales, jardines y parques, que tengan valor artístico, histórico o antropológico».

Asimismo, en el párrafo 3 se indica que «Los bienes más relevantes del Patrimonio Histórico Español deberán ser inventariados o declarados de interés cultural en los términos previstos en esta Ley». Por otro lado, dentro de los bienes inmuebles, podrán ser declarados como bien de interés cultural (BIC) los Monumentos, Jardines, Conjuntos y Sitios Históricos y Zonas Arqueológicas (art. 14.2), siendo ésta su máxima protección legal, al tiempo que, para el caso de declaración como BIC de Conjunto Histórico, Sitio Histórico o Zona Arqueológica «determinará la obligación para el municipio o municipios en que se encontraran de redactar un Plan Especial de Protección del área afectada por la declaración u otro instrumento de planeamiento de los previstos en la legislación urbanística que cumpla, en todo caso, las exigencias en esta Ley establecidas» (art. 20.1); es decir, se trata de una normativa subsidiaria que busca la protección integral de estos bienes.

También deben tener una referencia específica en este apartado los denominados «hallazgos casuales», que pueden carecer de un contexto arqueológico y que, por otro lado, suelen ser bastante frecuentes en las intervenciones en el subsuelo. Estos están definidos en el art. 44.1 como «Son bienes de dominio público todos los objetos y restos materiales que posean los valores que son propios del Patrimonio Histórico Español y sean descubiertos como consecuencia de excavaciones, remociones de tierra y obras de cualquier índole o por azar ...». Asimismo se disponen las obligaciones del descubridor y sus derechos.

Por otro lado, también se contemplan las infracciones y sanciones, tanto en el Código Penal, en su art. 558.5, entre otros, el «Patrimonio Histórico Artístico Nacional», y 6. «En puentes, caminos, paseos u otros bienes de uso público o comunal», como en el art. 66 de la citada Ley de Patrimonio.

Pasando ahora al análisis de otras normas que tienen incidencia directa sobre el Patrimonio, bien conocidas en este foro, comenzaremos citando el R.D. Legislativo 1302/1986, de 25 de junio («B.O.E.», 30 junio 1986), de Evaluación de Impacto Ambiental, el cual al exponer los datos que deben contener, «al menos» los proyectos en su art. 2º 1.b) dice: «Evaluación de los efectos previsibles directos e indirectos del proyecto sobre ... los bienes materiales, incluido el Patrimonio histórico-artístico y arqueológico», que es ratificado en el R.D. 1131/1988, de 30 de

septiembre, por el que se aprueba su Reglamento («B.O.E.», de 5 octubre 1988), en su art. 6º. «... Asimismo debe comprender la estimación de la incidencia que el proyecto, obra o actividad tiene sobre los elementos que comprenden el Patrimonio Histórico Español...».

Finalmente, dentro de este bloque hay que referirse a la Ley 4/1989 de 27 de marzo, sobre Conservación de los Espacios Naturales y de la Fauna y Flora Silvestre, que incluyen «Los Paisajes Protegidos», definiéndose como «lugares concretos de medio natural, que por sus valores estéticos y culturales, sean merecedores de una protección especial» (art. 17), donde tienen cabida los elementos integrantes del P.H.E. tal y como especificaba el Reglamento de la derogada Ley 15/1974, de 2 de mayo, de Espacios Naturales en su disposición adicional 1ª.

Un segundo bloque de normas está constituido por los referidos a los planeamientos urbanos, que sólo vamos a enumerar, si bien, como síntesis, cabe decir que se prevé la redacción de Normas Subsidiarias, Planes Generales Municipales, que pueden ser Parciales, Especiales, de Actuación Urbanística y Estudio de Detalle, que deben contener entre otras cosas, medidas para la protección y conservación de los conjuntos urbanos e históricos artísticos. (arts. 12 al 18 de la Ley sobre régimen del suelo). En este sentido la introducción de una «Ordenanza Arqueológica» y un inventario de yacimientos garantiza su protección.

Estas normas son las siguientes:

- R.D. 1346/1976 de 9 de Abril, del Texto refundido de la Ley sobre Régimen del suelo y Ordenación Urbana. («B.O.E.», 16 y 17, junio 1976).
- R.D. 2159/1978, de 23 de Junio, sobre Reglamento de Planeamiento para el desarrollo del anterior («B.O.E.», 15 y 16, septiembre 1978).
- R.D. 2187/1978, de 23 junio, sobre Reglamento de Disciplina Urbanística para el desarrollo de la Ley («B.O.E.», 18 septiembre 1978).
- Ley 7/1985 de 2 de Abril, reguladora de Bases del Régimen Local («B.O.E.», 3 abril 1985, corrección errores 11 junio 1985).
- Ley 8/1990, de 25 de julio, sobre Reforma del Régimen Urbanístico y Valor del Suelo («B.O.E.», 27 julio 1990).
- Ley 31/1987, de 18 de diciembre, de Ordenación de Telecomunicaciones («B.O.E.», 19 diciembre 1987).

El último bloque hace referencia a los tratados internacionales que nuestro país asume en distintos momentos.

- Convenio europeo para la protección del Patrimonio Arqueológico, hecho en Londres el 6 de mayo de 1969. Instrumento de adhesión de 18 de febrero de 1975 («B.O.E.», 4 julio 1975).
- Convención para la Protección del Patrimonio Mundial Cultural y Natural, hecha en París el 23 de noviembre de 1972, aceptada por Instrumento de 18 de marzo de 1982 («B.O.E.», 1 julio 1982).
- Tratado constitutivo de la Comunidad Económica Europea de 25 de marzo de 1957. Instrumento

de ratificación de 12 de junio de 1985 («B.O.E.», 1 enero 1986), en lo que afecta al tema, art. 36.

Recomendación a los Estados miembros relativo a la protección y puesta en valor del Patrimonio Arqueológico en el contexto de las operaciones urbanísticas de ámbito urbano y rural. Consejo de Europa, Estrasburgo, 13 de abril de 1989.

mo conclusión a este apartado, prolijo con la mera ración de esta legislación básica, en la que no está la emanada por las Comunidades Autónomas, nar lo dicho anteriormente: es el incumplimiento de lo que produce los problemas, no su inexistencia.

VALUACIONES CONCRETAS: ALGUNOS JEMPLOS

bastante usual, últimamente, leer noticias en la sobre destrucciones de restos arqueológicos, paralies de obras para poder hacer las denominadas «exiones de urgencia», etc., al tiempo que son cada vez bundantes las llamadas de atención entre el colecti- arqueólogos sobre las pérdidas irreversibles de nues- trimonio, manifestándose el poco interés que a nivel se demuestra ante estos hechos, valorándose «casi re» más la obra pública —considerada como bien — que el vestigio del pasado.

te sentir puede quedar reflejado en la fase de un pro- al recientemente publicada:

parece que es inevitable el conflicto entre el progreso imonio arqueológico. O al menos, entre mejoras de terminado modo de vida y lo que otro menos agresivo ha conservado hasta hoy» (Gómez, 1989).

activamente este lamento no es caprichoso. La ejecu- obras públicas de gran o pequeña envergadura,

han ocasionado y siguen ocasionando no ya impactos ambientales negativos, sino pérdidas absolutas de valores irreparables, de los que vamos a ver unos pocos ejemplos.

Empezaremos con la construcción de Embalses, Presas y Pantanos dado que, por la magnitud de la obra que se realiza y la pérdida por anegación de amplias zonas con lugares de habitación, vías de comunicación, etc., representan uno de los elementos de riesgo más importantes.

Sin embargo, vamos a iniciar mostrando algunos casos positivos en los que se salvaron importantes monumentos, por ejemplo «El Puente de Alcántara», no afectado por la cercana presa o el de «Alconétar», ambos en Cáceres. Este último, tras las excavaciones realizadas en la década de los 60, en el asentamiento y vía romanos (Caballero, 1970), fue trasladado, si bien no corrió la misma suerte el castillo medieval cuya torre puede verse cuando el nivel del pantano es bajo, como si de una isla se tratase.

Otro ejemplo en este sentido es el del monasterio de «San Pedro de Arlanza» (Burgos), en torno al cual se debatió una gran polémica manteniéndose éste, frente a la construcción del embalse de Retuerta.

Sin duda, significativa fue la gran batalla mantenida sobre el traslado, en la década de los 30, de la iglesia visigoda de «San Pedro de la Nave» (Zamora), afectada por el embalse del Esla y declarada Monumento Nacional en 1912 (Mateos 1980; Corzo, 1986). Sin embargo esta suerte no la tuvieron otros dignos monumentos y yacimientos arqueológicos afectados por la misma obra: «puente de Castrotañe», asentamiento castreño y medieval de «San Martín» en Manzanal del Barco o el espléndido yacimiento romano de Villalcampo, del que sólo se salvaron una cuantas estelas de su necrópolis, o el totalmente desaparecido de «El Castro» en Manzanal de Abajo por el embalse de Valparaíso (Fotos 1, 2, 3 y 4).

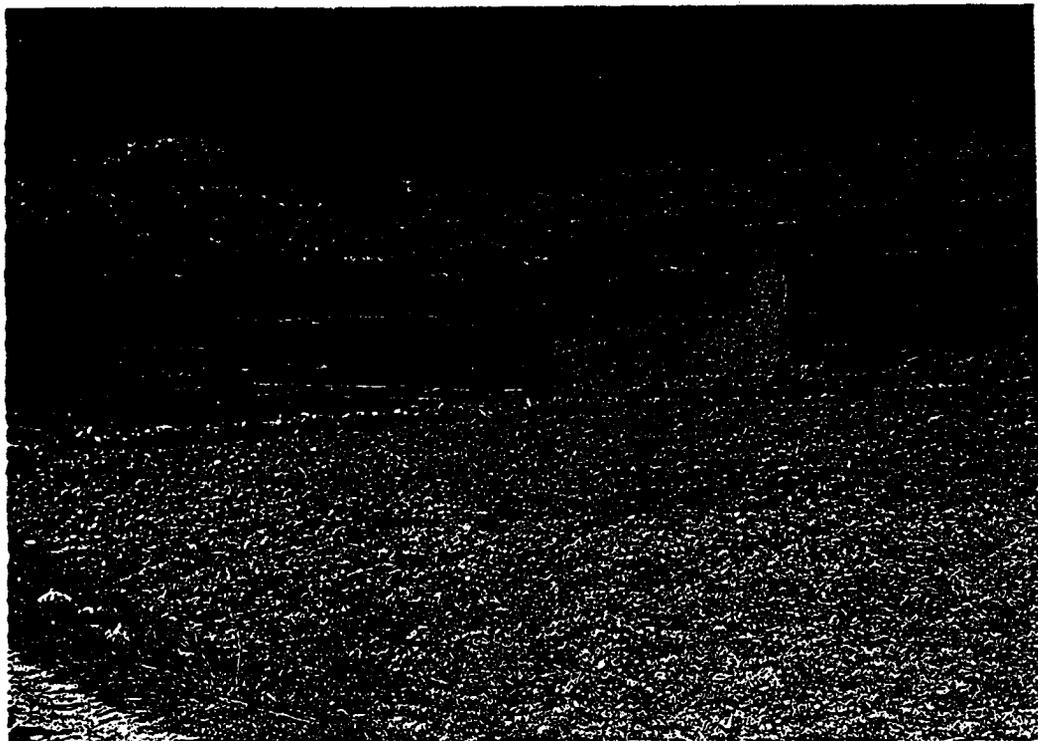


Foto 1. Castrotañe (Zamora): Vista general del castillo y parte de la cerca sobre el embalse del Esla (1987).



Foto 2. Castroto-
rafe (Zamora):
Restos del puen-
te medieval visi-
bles cuando el emba-
se es bajo (1989).



Foto 3. Manza-
nal de Abajo (Za-
mora): Vista aé-
rea del yacimien-
to de «El Casti-
llo» en el proce-
so de su excava-
ción (1987).

Para finalizar este apartado, citaremos el caso del conocido yacimiento abulense de «Las Cogotas», objeto de documentaciones arqueológicas de prospección y excavaciones con aplicación del 1% cultural, según D. 2032/1978 de 27 de octubre, desde 1984, cuya presa anegará el 30% del yacimiento (Mariné y Ruíz Zapatero, 1988) (Foto 5).

Un segundo apartado importante es el de las Carreteras, Autovías y Puentes, cuyo desarrollo en el momento actual,

está provocando un gran incremento de los trabajos de urgencia. Los ejemplos son muy abundantes y, en muchos casos alarmantes, aunque vamos a hacer unas someras referencias.

Aunque conocemos algunos casos en los que, los responsables públicos han decidido tomar medidas para preservar los restos, caso de la C.C.336 en Alamedilla (Córdoba), donde se descubrió y documentos un importante asentamiento romano (Vaquerizo, 1990), o el de la Autovía de

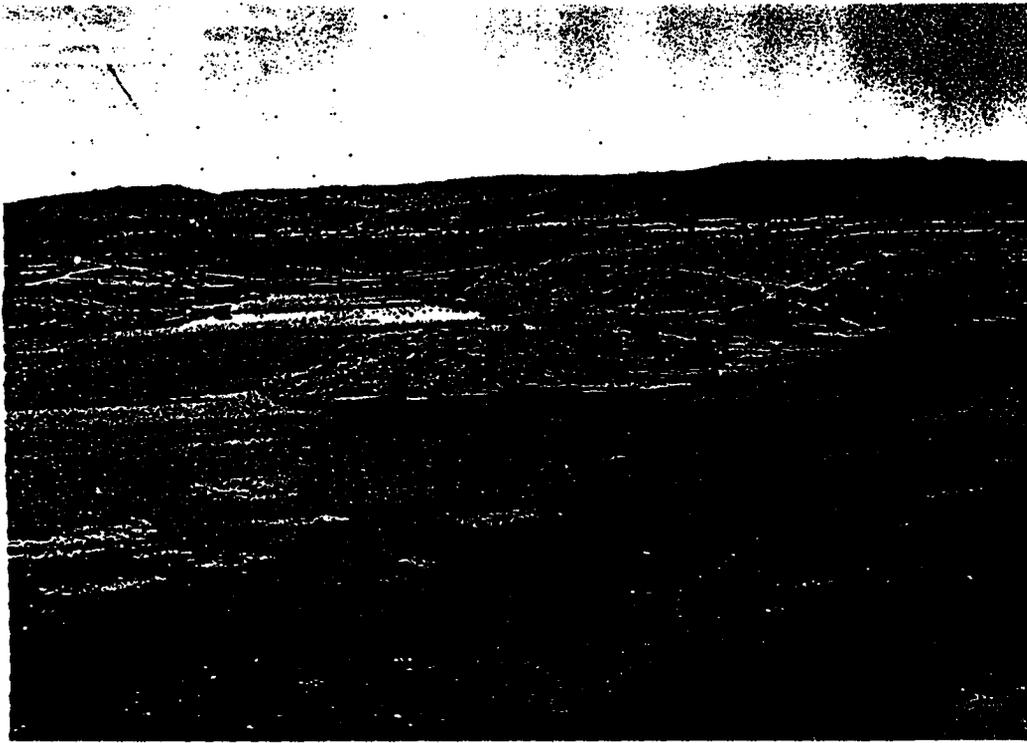


Foto 4. Manzanal de Abajo (Zamora): «El Castillo» en el momento previo a su anegación definitiva bajo el embalse de Valparaíso (1988).



Foto 5. Cardenosa (Ávila): Impacto de la presa de «Las Cogotas» sobre el yacimiento homónimo durante su construcción (1987).

ón, a su paso por Somaén, Soria (Fernández, 1990), en la destrucción de los restos ha sido irreversible, como so de Trillo (La Rioja) o Mazariegos (Burgos) (Foto 6).

Respecto a los puentes, nos asombraría conocer el número de destruidos frente a los conservados. Una frase de Fernando Bustos es ilustrativa al respecto: «Y la misma mano el hombre que construyó el puente a veces se empeñó en destruirlo. La construcción de embalses, la incontro-

lada extracción de arena que socava los frágiles cimientos de la obra y la adaptación de nuevas necesidades del tráfico dan fe de ello» (Bustos, 1987:40). Como ejemplo de este hecho son los puentes de Castroverde de Campos, Bamba o Almeida de Sayago, en Zamora (Fotos 7 y 8).

Importantes asentamientos o hallazgos se están produciendo en los trabajos previos a la red de gas natural, algunos de los cuales, por su interés, han sido respetados con el cam-



Foto 6. Trillo (La Rioja): Trabajos de documentación previos a la destrucción total por la construcción de la carretera (1988).



Foto 7. Castroverde de Campos (Zamora): Puentes sobre el Valderaduey antes de la construcción del nuevo trazado (1988).

bio de trazado de la misma, como por ejemplo en la provincia de Ciudad Real. En este caso no se debe ocultar la actitud positiva de la empresa ENAGAS en ésta y otras provincias.

Otro tipo de trabajos que comportan destrucciones absolutas, al margen de los impactos ambientales, son las explotaciones de áridos y canteras, en la mayor parte de los casos incontrolados. Como ejemplos nos son válidos los yacimientos de Zorita de los Molinos, donde existía un yacimiento del

Bronce Inicial, y en la villa romana de Niharra, ambos en Avila, de la que ha desaparecido la mitad de la misma (Foto 9).

Igualmente se han producido daños irreparables con los programas de Concentración Parcelaria —que comportan redes de caminos ...— o Medidas forestales —como la ejecución de cortafuegos—, en los cuales hasta hace relativamente poco tiempo, no se contemplaba una prospección previa a la realización de las obras. Algunas

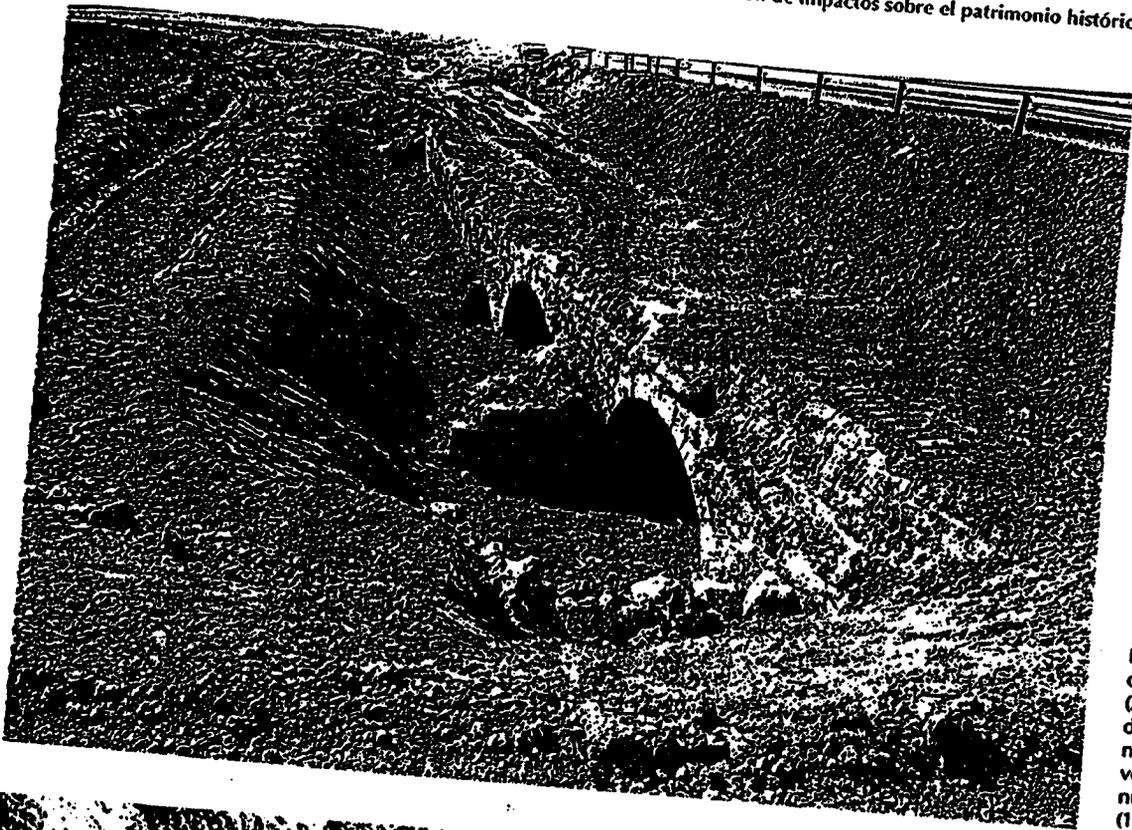


Foto 8. Castroverde de Campos (Zamora): Restos del puente romano-medieval una vez realizada la nueva carretera (1989).

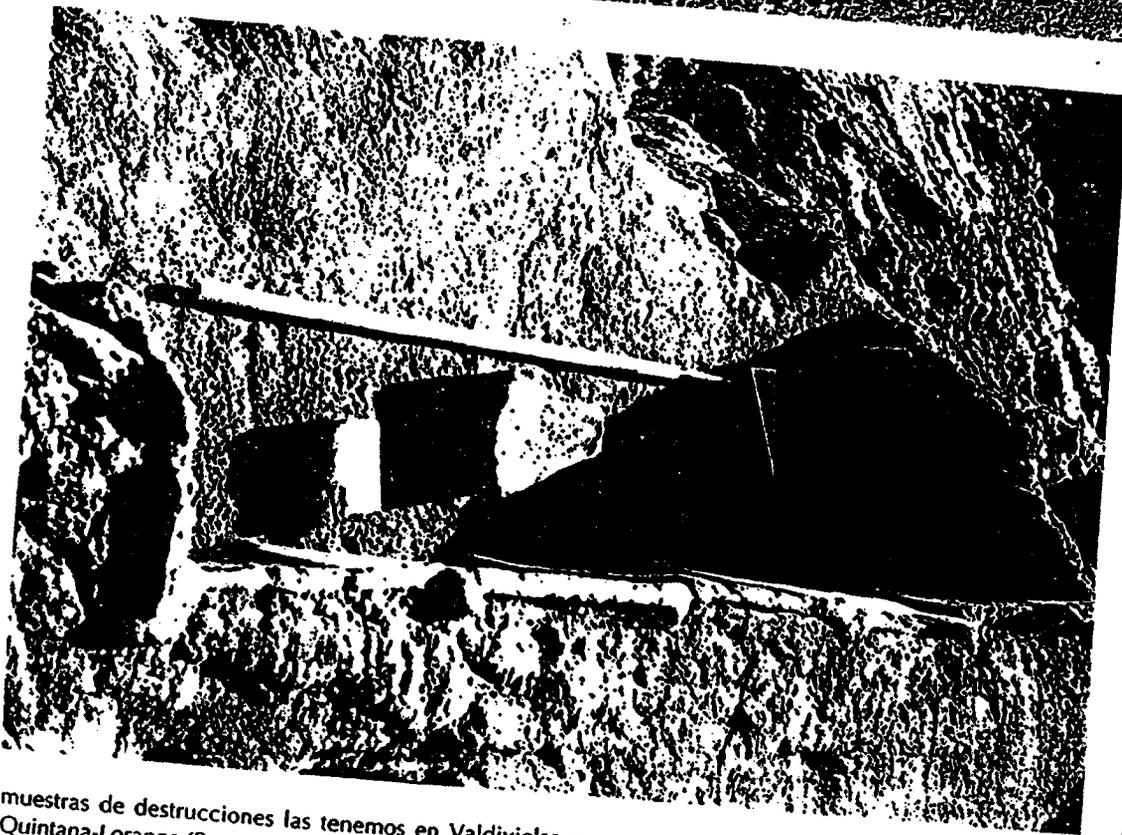


Foto 9. Niharra (Avila): Restos de la tumba seccionada por los trabajos de extracción de áridos en el asentamiento romano de «La Pared de los Moros» (1984).

muestras de destrucciones las tenemos en Valdivielso y Quintana-Loranco (Burgos), o Arrabalde y Moveros (Zamora), donde los cortafuegos han destruido parte del recinto amurallado de los castros (Fotos 10 y 11).

La búsqueda de puntos altos para emplazar Repetidores de Radio y Televisión suele coincidir con la existencia de asentamientos defensivos como sucede en los ejemplos de «El Viso» (Bamba) y «Socastro» (Milles de la Polvorosa)

en Zamora, donde se han elegido los castros protohistóricos, o el de los castillos islámico y cristiano de San Esteban de Gormaz, en Soria (Foto 12).

Para finalizar vamos a exponer otros casos relacionados con Restauraciones, sin entrar aquí a definir conceptos de restauración, aunque viene a colación el impacto realizado por técnicas poco propicias, como es el uso de maquinaria pesada y palas excavadoras en la ciudad de Cala-

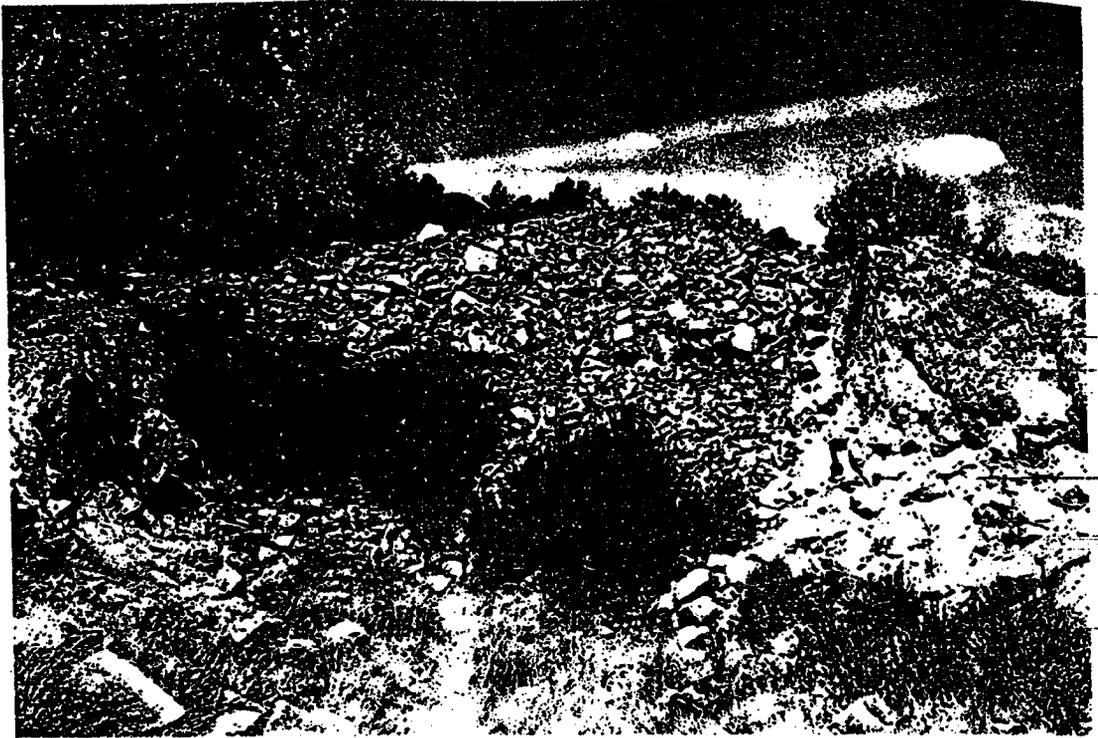


Foto 10. Arrabalde (Zamora): Muralla del castro de «Las Labradas» seccionada por un cortafuegos (1987).



Foto 11. Moveiros (Zamora): «Pasos» hechos con pala excavadora en la muralla del «Castro de la Luz» (1991).

trava la Vieja (Ciudad Real), cuando se pretendía «consolidar» los restos existentes (foto 13).

Similar circunstancia tienen muchos núcleos, donde es usual encontrar problemas urbanísticos, incluso en Conjuntos Históricos. Tal es el caso de las destrucciones en los recintos amurallados de Mansilla de las Mulas y Valderas en León, Talamanca y la propia Madrid; la construcción de depósitos de agua en lugares impactantes como en Toro,

junto a su Alcázar, o en Villalpando, que aprovechan un cubo de su castillo, y la presencia de tendidos eléctricos y telefónicos que parecen ser elementos ornamentales para nuestros monumentos (Fotos 14, 15 y 16).

4. PROPUESTAS DE ACTUACION. PROBLEMÁTICA.

Este breve recorrido por la legislación básica que afecta a la protección de nuestro Patrimonio Histórico y Arque-

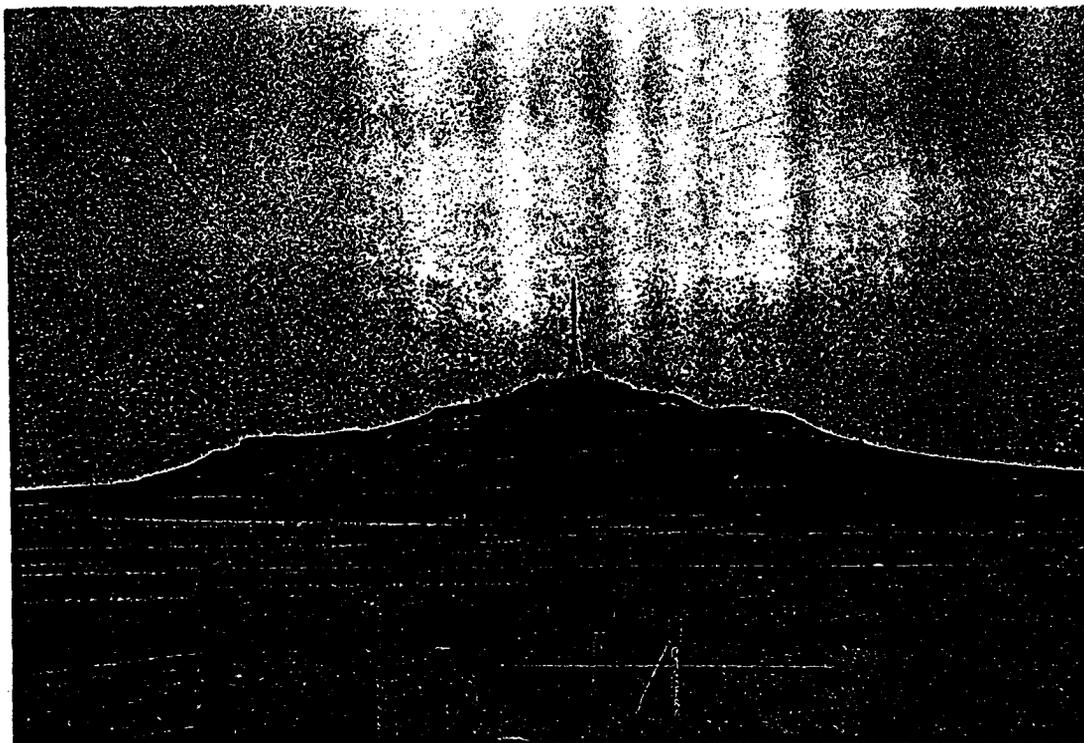


Foto 12. Bamba (Zamora): Repetidor de Televisión en el «Castro de El Viso» (1987).



Foto 13. Calatrava la Vieja (Ciudad Real): Consolidación con hormigón de la base del recinto amurallado de la ciudad (1988).

ológico y los impactos de destrucciones que, distintas intervenciones en el medio producen sobre el mismo, es fiel reflejo de una mala aplicación de las normas.

Es cierto que estos problemas no son privativos de nuestro país, la diferencia, quizás, con la Europa Comunitaria radica en que aquí son más los años de andadura en este tema que los realizados por nosotros. Sin embargo éste es un tema candente puesto de manifiesto en el Coloquio del Consejo

de Europa, celebrado en Niza del 4 al 6 de noviembre de 1987, denominado «Arqueología y grandes trabajos» (1988).

Poco después, el 13 de Junio de 1989, el Comité Directivo para la Conservación Integrada del Patrimonio Histórico aprueba la ya citada «Recomendación a los estados miembros relativo a la protección y puesta en valor del Patrimonio Arqueológico en el contexto de las operaciones urbanísticas de ámbito urbano y rural», donde se especifican unas

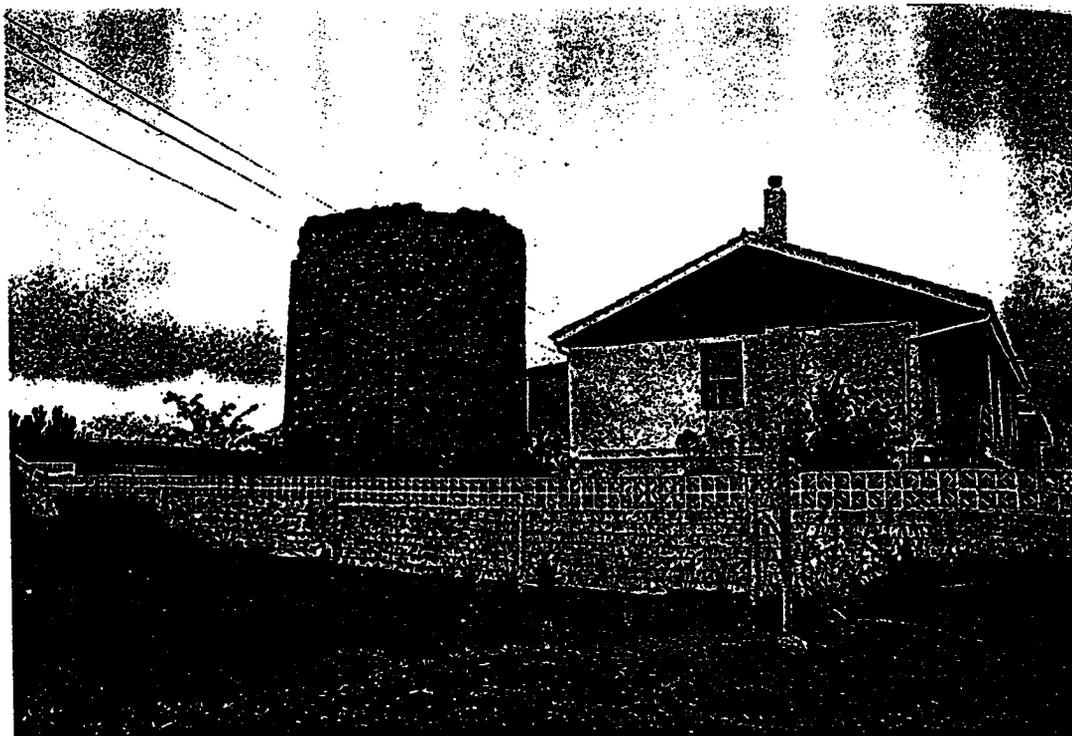


Foto 14. Mansilla de las Mulas (León): Construcciones adosadas a uno de los cubos de la muralla (1987).



Foto 15. Valde-ras (León): Piscinas y otras construcciones realizadas en el interior del castillo medieval (1988).

normas básicas que prevén la máxima participación de los arqueólogos, tanto en la elaboración de planes como en la ejecución técnica de los proyectos, al tiempo que establece un «código de buena conducta» (sic) a respetar por constructores y arqueólogos, en las construcciones de todo tipo, contando con una estructura administrativa preexistente.

España se está iniciando en este proceso de formación, si bien las soluciones a los problemas que se plantean no siempre

son fáciles. En primer término no todas las Comunidades Autónomas cuentan con una estructura administrativa que permita encauzar los grandes proyectos desde sus inicios y, por ello, no siempre existen técnicos en las distintas comisiones que debaten y aprueban las obras —tales como patrimonio, urbanismo o medio ambiente—; tampoco los datos arqueológicos están sistematizados en Inventarios válidos en su totalidad y, casi siempre, surge el problema de la financiación de los trabajos.



Foto 16. Toro (Zamora): Depósito de agua y tendido eléctrico junto a su Alcázar (1988).

Este es un aspecto bastante espinoso que, cuando fue promulgada la Ley 16/85 se creía resuelto dado que, en su art. 68.1 regula el 1% Cultural para «financiar trabajos de conservación o enriquecimiento del P.H.E. o de fomento de la creatividad histórica, con preferencia en la propia obra en su inmediato entorno», siempre que la obra pública exceda de cien millones de pesetas y no afecte a la seguridad y defensa del Estado y seguridad de los servicios públicos (68.2).

La regulación de este 1% Cultural se recoge en el R.D. 11/86 del reglamento de la ley, según el cual tanto el organismo público promotor como el adjudicatario, deben especificar al Ministerio de Cultura, los primeros y en el contrato, los segundos, las dos opciones de inversión. Esto es, financiar las intervenciones previo traspaso al Ministerio de Cultura —el organismo público— o ingreso en el Tesoro Público —la contrata—, debiendo el citado Ministerio elaborar Planes Anuales de Conservación y Enriquecimiento (58.4). La otra fórmula es ejecutar los trabajos con arreglo con la Dirección General de Bellas Artes y Archivos MOPU, siempre con el conocimiento del Ministerio de Cultura.

Posteriormente se promulga la Ley 33/87 de 23 de diciembre de Presupuestos Generales del Estado para 1988 (B.O.E. 24/XII), por la que el 1% Cultural se aplicará directamente a los trabajos (art. 20.2) reseñándose la vía de financiación al Estado consiguiendo partidas para «conservación o enriquecimiento del P.H.E.» (Mariné, 1988:52).

Este sistema ha producido problemas tales como, una vez aprobado un proyecto de obra, alegarlo dado que afectaba a yacimientos que, ante la falta de información de los redactores, serían destruidos. Asimismo esta circunstancia provoca paralizaciones, retrasos en el proceso de ejecución o destrucciones que podían haberse evitado con un planeamiento interdisciplinar.

Con estos precedentes parece que se está iniciando un camino de valoración que comportaría, desde nuestro punto de vista, las siguientes fases de actuación:

1.—Integración en los «Estudios informativos» de todos los datos artísticos, arqueológicos y etnográficos existentes en el espacio afectado por la obra y su zona de influencia. Ello supone, lógicamente, el conocimiento a través de los Inventarios.

2.—Redacción del informe técnico a incluir en el anteproyecto, en el que se especifiquen, en caso de ser irreversible, presupuestos y tiempo de ejecución material de los trabajos arqueológicos que deben ser realizados con antelación a la ejecución de la obra.

3.—El proyecto definitivo contemplará posibles medidas de protección del yacimiento, aunque haya sido documentado. Asimismo, aparte de la obligación que tendrá la contrata de notificar cualquier nuevo hallazgo, si se considera oportuno, se llevará a cabo un seguimiento de la obra.

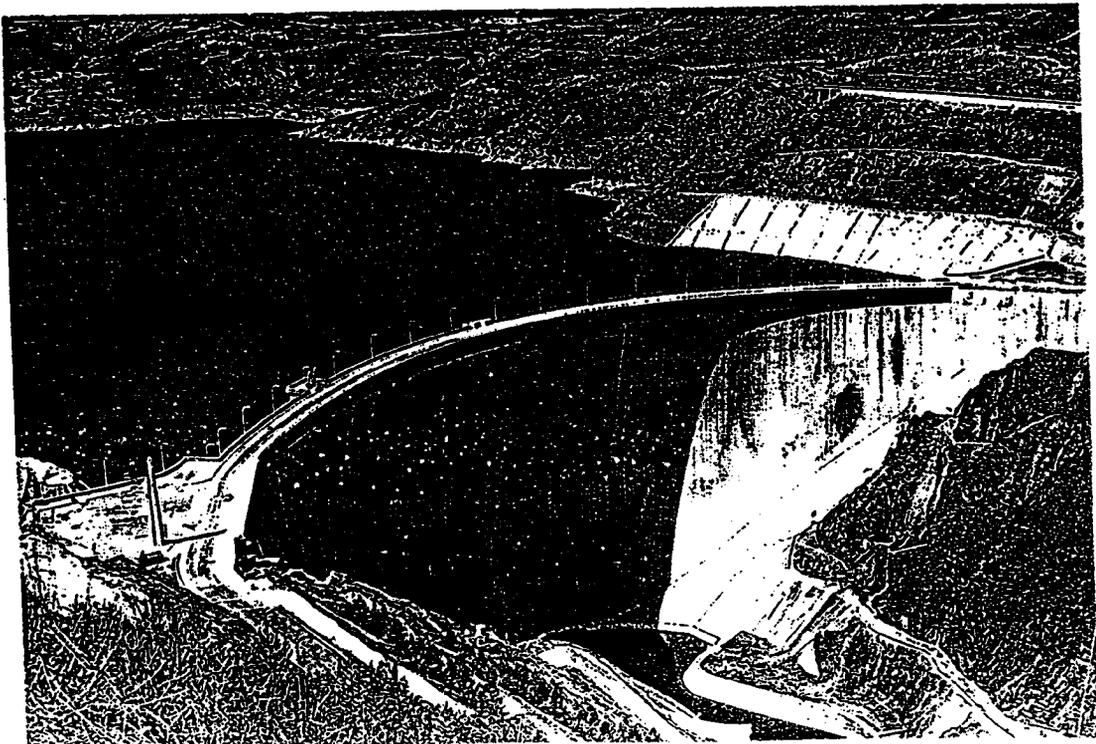
4.—En ningún momento hay que olvidar que la actividad arqueológica es, ante todo, una actividad científica, por lo que no se podría eludir el fin último de la misma: dar a conocer a la sociedad los resultados obtenidos tanto a través de la redacción de una memoria o publicación, como de exposiciones que puedan asociarse a los Museos Provinciales, dado que es aquí donde se van a depositar los hallazgos exhumados.

Como conclusión final se puede decir que, para obtener unos mínimos objetivos positivos, quizás lo prioritario sea concienciarnos de que el Patrimonio Histórico Español es un bien de todos y su protección, por los valores que contiene debe de entenderse como una obligación social y no como el capricho o sueño de los arqueólogos.

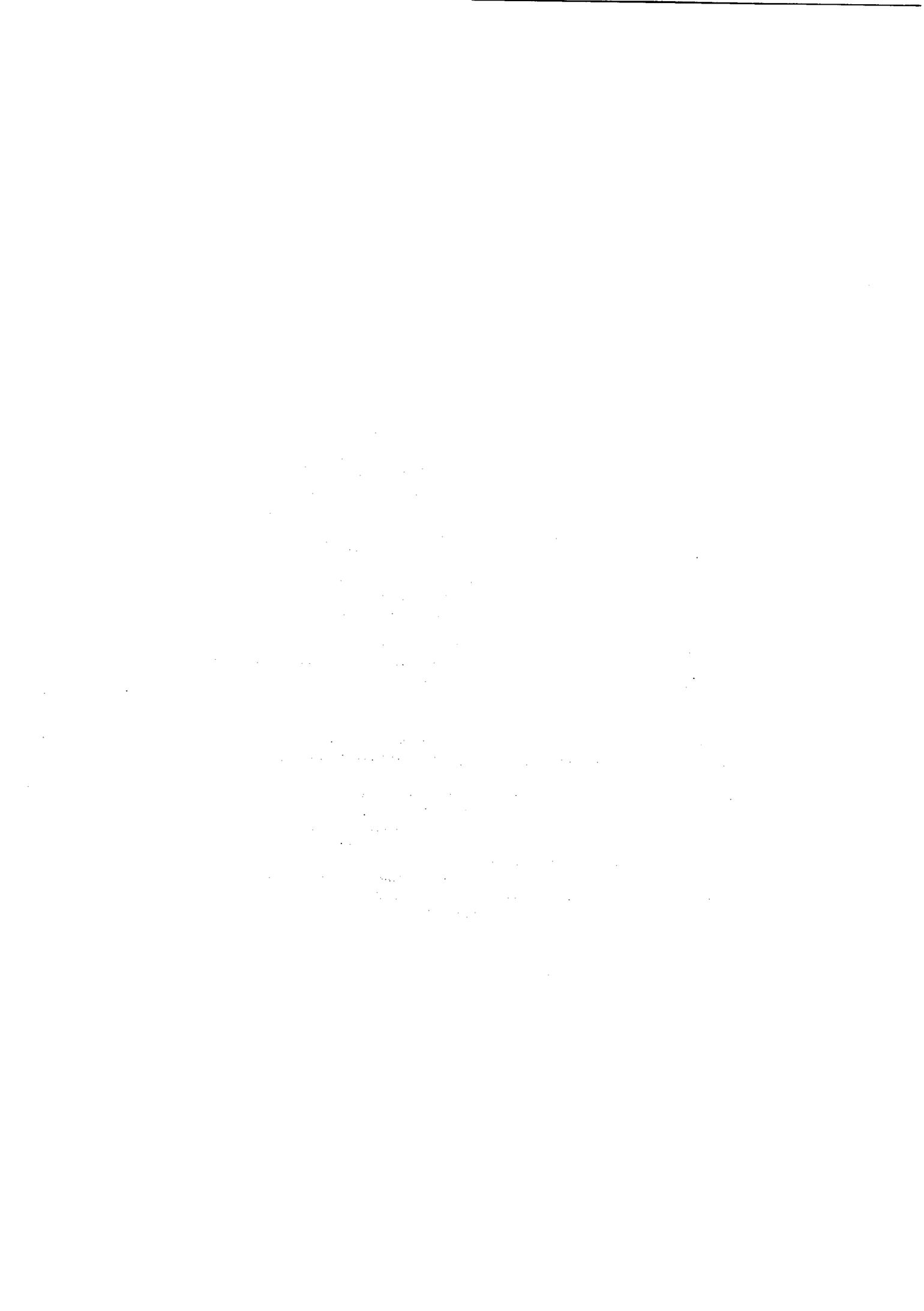
REFERENCIAS

- BUSTOS, G. (1987): Puentes romanos. El poder y la gloria, en *Guía de los puentes de España. Revista del MOPU*, julio-agosto, p. 12-45.
- CABALLERO ZOREDA, L. (1970): *Alconétar en la vía romana de la Plata. Garrovillas (Cáceres). Excavaciones Arqueológicas en España*, 70.
- CONSEIL DE L'EUROPE (1988): *Un avenir pour notre passé*, nº 33.
- CORZO SANCHEZ, R. (1986): *San Pedro de la Nave. Estudio histórico y arqueológico*. Instituto de Estudios Zamoranos «Florián de Ocampo», Zamora.
- FERNANDEZ MORENO, J.J. (1990): Arqueología preventiva y de gestión (1984-1989): Soria. *Numantia III*, p. 315.
- GARCIA FERNANDEZ, J. (1987): *Legislación sobre Patrimonio Histórico*. Ed. Tecnos, Madrid.
- GARCIA-ESCUADERO, P. y PENDAS GARCIA, B. (1986): El nuevo régimen jurídico del Patrimonio Histórico Español. *Cultura y Comunicación*, 23, Ministerio de Cultura, Madrid.
- GOMEZ MARTINEZ, J.R. (1989): Carreteras y Arqueología. *Revista de Arqueología*, 101, p. 6-7.
- GONZALEZ-UBEDA RICO, G. (1981): Aspectos jurídicos de la protección del patrimonio Histórico-Artístico y Cultural. *Cultura y Comunicación*, 17. Ministerio de Cultura, Madrid.
- MARINE, M. y RUIZ ZAPATERO, G. (1988): Nuevas investigaciones en Las Cogotas. Una aplicación del 1% Cultural. *Revista de Arqueología*, 84, p. 46-83.
- MATEOS RODRIGUEZ, M.A. (1980): *San Pedro de la Nave*. Colegio Oficial de Aparejadores y Arquitectos Técnicos, Zamora. (1988, 2ª ed.).
- VAQUERIZO GIL, D. (1990): El Ruedo. Una villa excepcional en Córdoba. *Revista de Arqueología*, 107, p. 36-48.

III. LEGISLACION AMBIENTAL



Presa de El Atazar (Madrid). (Foto: E. Gallego)



ADMINISTRACION AMBIENTAL EN LA CEE, ESTADO Y CCAA EN RELACION CON LAS EIA

Fuentes Bodelón, Fernando (*)

RESUMEN

Al relacionar la administración ambiental con las evaluaciones de impacto ambiental estamos conectando dos principios claves del derecho ambiental: el de la unidad de gestión y el de la introducción de la variable ambiental en la toma de decisiones.

La unidad de gestión se revela de manera indudable, en un proceso que hay que considerar irreversible, frente a una Administración que ha tenido como punto de partida la sectorialización con los tratamientos parciales e interdependientes que tal perspectiva comporta, y que hoy está totalmente superada aunque existen organizaciones anacrónicas que la mantengan, pues ha revelado su ineficacia para la correcta solución de los problemas ambientales.

La evaluación de impacto y como acto final la declaración es la técnica de prevención más adecuada y característica y exige un órgano imparcial y distinto del que deba otorgar la autorización sustantiva, pero dentro de la misma administración pública, especialmente capacitado y dotado de medios para identificar, valorar y calificar los efectos que sobre el medio pueden tener las actividades industriales importantes, así como sobre los ecosistemas y sobre el patrimonio cultural y arquitectónico.

Como muestra de la tendencia a la unidad de gestión en la CEE está la marcada desde la División XI hasta la creación de la Agencia Europea del Medio Ambiente recientemente, la tendencia en nuestro entorno más próximo es significativa en el modelo adoptado en los otros países comunitarios y a nivel de Comunidades Autónomas las seis Comunidades que han adoptado el modelo de Agencia.

La existencia de un doble y paralelo procedimiento de autorización sustantiva y de EIA con duplicidad de órganos y posibilidad de conflictos, dentro de una misma Administración Pública, añade nuevos matices al importante tema de la Administración Ambiental.

Palabras clave: Administración Ambiental, Administración autonómica, Administración Comunitaria, Administración estatal, Administraciones Públicas, Declaración de Impacto Ambiental, Ecogestión, Estudio de impacto, Evaluación de impacto, Gestión sectorializada, Unidad de gestión.

1. ADMINISTRACION AMBIENTAL Y EIA

Al relacionar las E.I.A. con la Administración Ambiental estamos conectando dos principios clave del de-

recho ambiental, como son de una parte el de unidad de gestión, que debe inspirar la organización de la Administración ambiental, en los diversos niveles comunitario, estatal y autonómico, y el preventivo de introducción de la variable ambiental en la toma de decisiones, de una administración no ambiental, pero en la que la declaración de impacto del órgano ambiental dará lugar a ciertas matizaciones y planteamientos distintos de los tradicionales.

La palabra «integración», unidad de la diversidad, es común a ambos; la Administración ambiental debe integrar la gestión de sectores heterogéneos pero estrecha y continuamente interrelacionados, las técnicas de evaluación de impacto deben integrar la valoración de las diversas incidencias que las actividades humanas tienen sobre los distintos sectores que constituyen el medio ambiente, una y otra reproducen o intentan reproducir en el sofisticado mundo de la organización administrativa y de la técnica en los que, como dice Alfred North Whitehead, falta la percepción del hecho completo, el complejo dinamismo de interrelaciones que se da en la naturaleza.

Los llamados sectores, factores o componentes ambientales aparecen con esa visión ecosistémica, no como hechos físicos ni mucho menos como tareas administrativas separadas, sino como juegos interdependientes de lo que Jaro Mayda llama «haz de problemas» (*problem cluster*), como síndrome conjunto socio-ambiental o socio-administrativo ambiental que sólo pueden afrontarse de forma interdisciplinaria.

Los elementos principales del sistema —datos físicos y socioeconómicos, alternativas políticas, decisiones administrativas— deberían constituir así un proceso continuo y cíclico con ayuda de enlaces o conexiones que asegurasen la retroalimentación de todo el sistema desde una perspectiva holística tipo Gestalt, al que se da el nombre de «ecogestión» (*ecomangement*) como gestión o administración ecosistémica en el marco integrado del hombre y los recursos naturales, dentro de un desarrollo orgánico.

El medio ambiente aparece así como una variable que debe tenerse en cuenta con otras variables en la elaboración de normas, toma de decisiones y, por supuesto, en la organización administrativa.

La peculiaridad de esta organización integradora de sectores heterogéneos trasciende a los tipos de órganos que pueden reconocerse en una Administración ambiental, según Guillermo Cano:

(*) Doctor en Derecho. C/ Jorge Juan, nº 75. 28009 Madrid.

- órganos de estrategia por la importancia que tiene el diseño de la política ambiental;
- órganos de operaciones o de gestión y ejecución; y
- órganos de inteligencia o consultivos en conexión con la comunidad científica y técnica.

2. LA CRISIS DE LOS MODELOS DE GESTION SECTORIZADA

La organización administrativa ha respondido, y en gran medida responde todavía, a un modelo sectorializado que de las tradicionales estructuras universitarias, trascenderá a los Cuerpos profesionales y a la Administración pública.

Las consecuencias de ese modelo sectorializado serán principalmente:

- La dispersión de esfuerzos y multiplicación de acciones paralelas e innecesarias, contradictorias entre sí con toda su capacidad paralizante de esfuerzos y capacidades.
- Ineficacia jurídica, económica y técnica de muchas acciones singulares que por el reparto de competencias necesitarán el respaldo de otros sectores difíciles de conseguir en ocasiones.
- Invalidez de la solución por su carácter fragmentario, oscilación pendular en las soluciones sobre el mismo o parecido problema, según la óptica del órgano administrativo que lo contempla.
- Dilución de la responsabilidad, pues siempre se aducirá como pretexto la opinión contraria.
- Multiplicación de decisiones que imposibilitan la necesaria coherencia de la Administración.
- Preterición de las consideraciones ambientales por su novedad que chocan con los planteamientos tradicionales y por su globalidad o integración a la que se oponen las consideraciones sectoriales.

De aquí la resistencia que se ha opuesto a las nuevas organizaciones, tanto en el ámbito comunitario, estatal y económico, y el lento progreso en el reconocimiento y afirmación de las nuevas estructuras integradas que demanda la protección del medio ambiente.

3. LA ADMINISTRACION AMBIENTAL EN LA CEE. LA AGENCIA EUROPEA DEL MEDIO AMBIENTE

Dentro de la Comisión para las Comunidades Europeas, existe una Dirección General XI sobre el medio ambiente, protección de consumidores y seguridad nuclear. Existen unidades dependientes del director general, y dos direcciones: A) sobre protección y mejora del medio ambiente, y B) sobre política y promoción de los consumidores.

La estructura de las unidades directamente relacionadas con el director general y la Dirección A es la siguiente:

- Directamente dependientes del Director General:
 1. Aplicación de programas y asuntos generales.
 - Control de la aplicación del derecho comunitario.

2. Asuntos internacionales.
3. Seguridad nuclear.

— Dirección A:

- Protección y mejora del medio ambiente.
- Consejero-Asuntos interambientales.
 1. Vinculación con otras políticas e información.
 2. Protección y gestión de las aguas.
 3. Prevención y reducción de las contaminaciones en el ámbito del aire y sustancias químicas.
 - Contaminación del aire.
 - Sustancias químicas.
 4. Gestión de residuos y prevención de perturbaciones sonoras.
 - Gestión de residuos y tecnologías limpias.
 - Ruidos y problemas de inmisión.
 5. Protección y gestión del espacio del medio y de los recursos naturales: aspectos económicos y sensibilización.
 - Jefe adjunto de división especialmente encargado de los aspectos económicos y de la utilización de los suelos.

Con esta organización la CEE ha conseguido la pauta de los Estados miembros, reconocimiento a nivel de Dirección General en relación con las otras sectoriales (Agricultura VI, Transporte VII, Ciencia, Investigación y Desarrollo XII, Pesca XIV, Energía XVII) en las cuales a veces existirán unidades ambientales, ya que los actos sobre el medio ambiente no son monopolio de la División XI, con lo cual reproduce en el seno de la Comisión los defectos de falta de integración que luego advertiremos en las Administraciones nacionales, que unido a la novedad de su reconocimiento y a la falta de medios, hace todavía más ineficaz su acción en este campo.

La aprobación del Acta Unica Europea y el reconocimiento en el artículo 130 R.2 de que las exigencias de la protección del medio ambiente serán un componente de las demás políticas de la Comunidad, en el artículo 130 R.3 la importancia de basar la elaboración de una acción en materia de medio ambiente en los datos científicos y técnicos disponibles, y en el artículo 100 A.3 de que la Comisión en sus propuestas en materia de salud, seguridad, protección del medio ambiente y protección de los consumidores se basará en un nivel de protección elevado, demostraban la inoperancia de la organización adoptada, aunque estas formulaciones habían recortado notablemente los reconocimientos que sobre el medio ambiente había hecho el Parlamento en su resolución de 14 de febrero de 1984, a través del Comité Dooge.

Estos planteamientos conducirán a la Agencia Europea del Medio Ambiente. En el Consejo de Rodas, celebrado el 2 y 3 de diciembre de 1988, se emite una declaración sobre medio ambiente en base a la cual el Presidente de la Comisión, Jacques Delors, al dirigirse al Parlamento Europeo el 17 de enero de 1989, propondrá la introducción de un sistema europeo de medición y verificación de los parámetros medioambientales que podría convertirse en una Agencia Europea reafirmada por el Comisario de Medio Ambiente, Sr. Ripa Meana, el 7 de febrero, en conferencia de prensa, se incluirá el programa de la Comisión para 1989 presentado al Parlamento el 16 de febrero.

En el Consejo de Ministros de Medio Ambiente informal, celebrado en Trujillo el 2 de marzo de 1989, se habla de un organismo independiente con nivel de autonomía apropiado y en base al principio de subsidiariedad, con funciones sobre: recogida y evaluación de datos científicos y técnicos, facilitados por los Estados; investigar sus posibilidades de comparación y homologación de procedimientos; perfeccionamiento de datos económicos y aplicación del principio contaminador-pagador y asistencia a la puesta en práctica de la legislación existente, ayudando a la Comisión a revisar de forma sistemática la aplicación y efectos prácticos de la política comunitaria existente y suministrar el balance de situación al Parlamento y al Consejo.

Más recientemente se ha publicado el Reglamento CEE núm. 1.210/90 de 7 de mayo (DOCE serie L núm. 120, de 11 de mayo) por el que se crea la Agencia Europea de Medio Ambiente y la Red Europea de Información y Observación del Medio Ambiente.

El objetivo de la Agencia y de la Red europea será doble, proporcionar a la Comunidad y a los Estados miembros:

- informaciones objetivas fiables y comparables a escala europea que les permitan tomar las medidas necesarias para proteger el medio ambiente, evaluar su aplicación y garantizar una buena información al público sobre la situación del medio ambiente;
- el apoyo técnico y científico necesario para este fin.

Sus funciones serán:

- establecer y coordinar la red siendo responsable de la recogida, tratamiento y análisis de los datos obtenidos;
- proporcionar información objetiva necesaria para elaborar y ampliar políticas eficaces y acertadas en materia de medio ambiente;
- registrar, cotejar y evaluar los datos sobre el estado del medio ambiente, elaborar informes de expertos sobre la calidad, sensibilidad y presión sobre el medio ambiente, facilitar criterios uniformes de evaluación para que estos datos se apliquen en todos los Estados miembros;
- contribuir a la comparabilidad de los datos ambientales a escala europea;
- fomentar la integración de información en programas internacionales de vigilancia del medio ambiente en el marco de las Naciones Unidas;
- ocuparse de una amplia difusión de las informaciones fiables sobre el medio ambiente;
- estimular el desarrollo y aplicación de técnicas de previsión medioambientales;
- estimular el desarrollo de métodos de evaluación de los costes de daños ambientales y de los costes de las políticas de prevención, protección y restauración;
- fomentar el intercambio de información sobre mejores tecnologías disponibles para prevenir o reducir los daños ambientales;

- cooperar con otros organismos de la CEE (Centro común de investigaciones, Oficina de Estadística) o de otros organismos (OCDE, Consejo de Europa, PNUMA).

Se incluirán los elementos que permiten recoger información para describir la situación actual y previsible del medio ambiente desde los siguientes puntos de vista:

- calidad del medio ambiente;
- presiones a que está expuesto;
- sensibilidad del medio ambiente.

La Red comprenderá:

- los principales elementos que componen las redes nacionales de información;
- los centros de control nacionales;
- los centros temáticos.

Dada la importancia que se da a la información, dentro de la Agencia, es significativa la omisión del proyecto CORINE frente al respaldo que se busca en la decisión 85/338/CEE (DOCE serie L núm. 176, de 6-7-85).

4. LA ADMINISTRACION AMBIENTAL EN LOS ESTADOS MIEMBROS Y EN ESPECIAL EN EL ESTADO ESPAÑOL

4.1. Modelos de Administración ambiental estatal

Los modelos de organización responden a alguna de estas tendencias, que no se presentan en toda su pureza, pues a veces mezclan supuestos diferentes, pero que en una tendencia generalizada hacia la integración responden a alguno de estos tipos:

Modelo A: Potenciación de un Departamento ya existente (España y Grecia).

Modelo B: Creación de comités o comisiones de coordinación de una administración fuertemente sectorializada.

Modelo C: Agencias, Comisarías o Institutos de Medio Ambiente (Estados Unidos y Japón).

Modelo D: Ministerio o Secretaría de Estado de Medio Ambiente.

Este modelo D admite las siguientes variaciones:

- a) Ministerio de Medio Ambiente asociado a materias afines como las Sanitarias y de Consumo (Holanda).
- b) Ministerio de Medio Ambiente y de los Recursos Naturales (o de Protección de la Naturaleza) (Portugal) y/o la materia nuclear.
- c) Ministerio de Medio Ambiente en el que a su vez cabe distinguir:
 - I) como órgano exclusivamente coordinador (Francia), pues existen fuera de él competencias ambientales;
 - II) como superministerio englobando materias ajenas al medio ambiente (Inglaterra);
 - III) Ministerio de Medio Ambiente como organismo integrador de todos y sólo de los órganos

que realizan funciones ambientales. Alemania creando un Ministerio de Medio Ambiente a partir de una Agencia, Italia creando un Ministerio de la Ecología a partir de un Ministerio de bienes culturales y ambientales, reflejan dentro de este subgrupo más una tendencia que un resultado efectivamente logrado.

El modelo A es el más antiguo y puede considerarse como una fase o transición a otros evolucionados. En todo caso este modelo, así como el D c) I, al respetar la sectorialización, y para lograr una mínima coherencia en la acción administrativa precisarán de la solución B de las Comisiones o Comités Interdepartamentales para coordinar de alguna forma a los responsables de las diversas parcelas relacionadas con el medio ambiente. En todo caso, la solución B puede formular políticas, pero no ejecutarlas, ya que se respeta la competencia para hacerlo de los distintos departamentos ministeriales.

El modelo B admite muchas variantes según que en las Comisiones o Comités se dé entrada en él sólo a los representantes de los ministerios o también de la sociedad y de la comunidad científica, así como el valor que se dé a sus informes o actos.

El modelo C se da preferentemente en Estados federales, y reconoce una mayor importancia a los planteamientos ambientales al crear un organismo independiente que se hace depender del primer ministro cuyas funciones son superiores a las de coordinación, y que a la vez dispone de presupuestos propios para financiar una política ambiental cuya líneas generales debe asimismo establecer.

Sin que pueda considerarse perfecto, representa un evidente progreso respecto a los modelos A y B, como en el B hay un ruptura entre la programación y la ejecución, pero en cambio existe un fortalecimiento evidente de este órgano central que supera notablemente la mera función coordinadora.

Principalmente tiene una iniciativa en la elaboración de estrategias nacionales de carácter global, incluida la planificación y programación con este carácter, y en segundo lugar el disponer de un presupuesto propio, le permite acometer la financiación de esa política. A estos dos grandes medios se unen otros dos complementarios como son el control y seguimiento de dicha política ambiental y disponer de unos servicios de vigilancia e inspección con las consiguientes redes.

Evidentemente la Agencia que representa una fase avanzada hacia la integración, tiene los inconvenientes de la resistencia que pueden ofrecer los ministerios tanto para hacer dejación de sus funciones de programación como facilitar información para un tratamiento centralizado, como en fin ejecutar dicha política ambiental.

4.2. Evolución de la Administración estatal española sobre medio ambiente

Cinco etapas de un proceso que no cabe considerar cerrado en el momento actual definen la evolución de la Administración española estatal a nivel central.

- La primera llega al año 1960, y en ella nuestro esquema orgánico responde en el plano horizontal al

más puro principio de especialización por sectores: por la ausencia de una auténtica preocupación ambiental que de la legislación sustantiva del más acusado signo desarrollista trascenderá a la organización administrativa. En ella incluso falta la coordinación tanto interna (intrasectorial) como externa (intersectorial), pues a lo más que se llega en cada sector es a una solución coyuntural para resolver los problemas de competencias concurrentes o compartidas en actuaciones multidisciplinares.

- La segunda fase se caracteriza por intentos de coordinación basados en el artículo 2º II de la Ley orgánica del Estado, de 20 de abril de 1967, «el sistema institucional del Estado Español responde a los principios de unidad de poder y coordinación de funciones».

Aunque no existe una clara conciencia de la temática ambiental, pues en este período se aprueban algunas leyes de las más agresivas al medio como la de Centros y Zonas de interés turístico nacional de 1964, sí en cambio, la coordinación significará la aprobación de organismo coordinados en ámbitos ambientales (Comisión Central de Saneamiento, Comisión interministerial para la protección contra los incendios, Comisión Técnica Asesora sobre problemas de la contaminación atmosférica de origen industrial, Comisión protectora contra las radiaciones ionizantes, etc).

- La tercera fase comprende el comienzo de la década de los 70 y recibe el impacto del movimiento universal sobre protección del medio ambiente, que conducirá a la Conferencia de Estocolmo (junio, 1972). El 29 de enero de 1971 surge tímidamente el primer intento de coordinación global al crearse, en el marco de la Ponencia de Desarrollo Regional, un «Comité Interministerial para el Acondicionamiento del Medio Ambiente» (CIAMA), con la misión de coordinar y promover a escala nacional toda clase de decisiones e iniciativas sobre protección general y revalorización del medio ambiente.

El 13 de abril de 1972, dos meses antes de Estocolmo, se crea la Comisión Delegada del Gobierno para el Medio Ambiente, integrada por 14 Ministros, lo que aseguraba su inoperancia, pues no llegó a reunirse nunca, con el fin de «coordinar y asegurar la unidad de programación de todas las acciones referentes al medio ambiente y a la defensa contra la contaminación, correspondiendo su ejecución a los ministerios en cada caso competentes». Como órgano de trabajo de aquella se crea la Comisión Interministerial del Medio Ambiente (CIAMA), compuesta de 34 miembros, en muchos casos representantes de la Administración Estatal. Su labor de cooperación se encomienda a los comités especializados (9), que cubren tanto los sectores verticales (naturaleza, medio ambiente rural, agua continentales y marítimas, atmósfera, urbanismo, turismo) como horizontales (relaciones internacionales, acción local y sanidad).

La composición de la CIMA será varias veces modificada, la más importante el 23 de abril de 1977, pero se prevé que gracias a ella se podría obtener la co

ordinación sin vencer grandes resistencias, habida cuenta que la pérdida de libertad de cada sector podría ejercer sobre la libertad de acción de los demás.

La carga de asegurar la unidad de programación recayó no en el órgano idóneo —la Comisión Delegada, sino en un órgano de trabajo —la CIMA— que no estaba preparado para ello; así no pudo realizar una formulación de la política ambiental, ni menos llevarla a cabo. Sus acuerdos o dictámenes carecían de fuerza vinculante, y aún siendo considerados preceptivos, fueron omitidos en muchos casos; además carecían de medios y efectivos para su seguimiento. Desde su creación en 1972, ha estado vinculado a tres Ministerios tan diferentes como el de Planificación del Desarrollo, Presidencia del Gobierno, Obras Públicas y Urbanismo, lo que impide su fijación y consolidación de estructuras. Finalmente, la CIMA desaparece por Real Decreto 1327/1987, de 16 de octubre.

— La cuarta etapa se inicia en la segunda mitad de 1977, al aprobarse el Real Decreto de 14 de julio e integrar en el M.O.P.U. la Dirección General de Acción Territorial y Medio Ambiente, configurando en dicho Ministerio dos Subsecretarías, una de carácter integrador denominada de Ordenación del Territorio y Medio Ambiente, estructurada por Real Decreto 754/1978, de «embrión de organismos de efecto interdepartamental a la espera de que las circunstancias adecuadas permitan su desarrollo en la forma necesaria». Dentro de ella existirá la Dirección General del Medio Ambiente y el CEOTMA (Centro de Estudios de Ordenación del Territorio, 1979-1985). Al suprimirse el CEOTMA serán redefinidas las competencias de la Dirección General en el art. 10 del Real Decreto de 3 de julio de 1985. Desaparecerá el CEOTMA y la Subsecretaría de Ordenación del Territorio y Medio Ambiente en 1985, y la CIMA en 1987. La Comisión Delegada lo había hecho en 1981.

— La quinta etapa se inicia en 1990, cuando por Real Decreto 199/1990, de 16 de febrero, se crea la Secretaría General de Medio Ambiente con rango de Subsecretaría como primera aproximación a nuevas formas de organización modular de la Administración Civil del Estado, que inicia a nivel ministerial un proceso perfeccionable mediante actuaciones posteriores hacia la integración de las responsabilidades operativas e instrumentales de los órganos gestores y hacia la implantación de sistemas más eficaces de dirección por objetivos.

Al Secretario General le corresponde en particular la formulación de las propuestas de objetivos y prioridades de la política ambiental, así como el impulso y, en su caso, la dirección de las actuaciones para su cumplimiento.

Dependen de la Secretaría General:

— La Dirección General de la Política Ambiental, con funciones sobre:

- 1) Elaboración de proyectos de legislación básica y de desarrollo.

- 2) Elaboración de planes ambientales de ámbito nacional.
- 3) Elaboración de metodologías de E.I.A.

- 4) Relaciones con Organismos Internacionales y con las C.E. en colaboración con la Secretaría General Técnica y en coordinación con Asuntos Exteriores.

- 5) Obtención de información precisa para cumplir la normativa comunitaria que recabar de los ministerio y de otras Administraciones Públicas.

— La Dirección General de Ordenación y Coordinación Ambiental, con funciones sobre:

- 1) Impulso y coordinación de acciones integradas.

- 2) Elaboración y desarrollo de los programas de educación e información ambiental.

- 3) Establecimiento de cauces de participación para la elaboración de criterios de política ambiental.

- 4) Funciones de planificación y distribución entre las Comunidades Autónomas de subvenciones y beneficios previstos en la legislación ambiental.

- 5) Difusión de actividades y publicaciones en coordinación con la Secretaría General Técnica.

- 6) Examen y valoración de los estudios de impacto ambiental y formulación de las declaraciones de impacto.

Con esta nueva organización de la situación sectorizada sigue manteniéndose, pues aparte del Ministerio de Obras Públicas y Urbanismo tienen competencias sobre medio ambiente el Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación a través del ICONA, organismo autónomo creado por Decreto Ley 17/1971, de 28 de octubre, Decreto 639/1972, de 9 de marzo; en el Ministerio de Industria y Energía en lo referente a la contaminación de origen industrial (Orden Ministerial de 23 de febrero de 1931) y en el Ministerio de Sanidad y Consumo la Subdirección de Sanidad Ambiental, cuya organización y funcionamiento está regulado por Real Decreto 1274/1980, de 30 de junio, y Real Decreto 2967/1981, de 18 de diciembre.

También hay competencias ambientales en las Direcciones Generales del Ministerio de Obras Públicas y Urbanismo, como ocurre con las aguas continentales (Dirección General de Obras Hidráulicas y, en general, en los Organismos de cuenca) y marítimas (Dirección General de Costas y Puertos en conexión con las Comandancias de Marina y con las Direcciones Generales de Marina Mercante en el Ministerio de Transportes).

Por otra parte, desaparecidos los órganos de coordinación, ésta será más difícil en el futuro.

5. EN LA ADMINISTRACION AUTONOMICA

La organización deriva en gran medida de las competencias y, al existir diferentes techos autonómicos, así como diferentes formas de entender el medio ambiente, a lo que unida la diversidad física y socioeconómica de las diferentes regiones, da lugar a una organización también diferenciada.

Seis Comunidades Autónomas siguen el modelo de Agencia: Andalucía (Ley 6/1984, de 12 de junio); Asturias (Decreto 114/1984, de 4 de octubre); Extremadura (Decretos 130 y 131/1984, de 21 de noviembre); Madrid (Decreto 31/1989, de 7 de abril); Murcia (Ley 10/1986, de 19 de diciembre) y Valencia (Decreto 3/1989, de 16 de enero). Pero varían, como se puede comprobar en el cuadro adjunto, la naturaleza, adscripción, funciones y organización del órgano ambiental, cuestionario no sólo sus funciones sino también su organización.

Las otras 11 Comunidades Autónomas siguen, por lo general, el modelo de la Administración Central, figurando el órgano ambiental dentro de la Consejería de Obras Públicas o relacionado con los temas de Ordenación o de Política Territorial y Urbanismo.

Así, en Aragón, por Decreto 42/1984, de 25 de mayo, asigna estas competencias ambientales al Departamento de Obras Públicas y Transporte. Baleares, por Decreto 85/1984, de 30 de agosto, a la Consejería de Obras Públicas y Ordenación del Territorio. Canarias, por Decreto 72/1984, a la Consejería de Obras Públicas de Ordenación del Territorio y Medio Ambiente. *Castilla-La Mancha*, por Decreto 97/1984, de 4 de agosto, a la Consejería de Política Territorial. *Castilla y León*, por Decretos 17/1984, de 23 de febrero y 98/1989, de 31 de marzo, a la Dirección General de Urbanismo y Medio Ambiente, dentro de la Consejería de Medio Ambiente y Ordenación del Territorio. Cataluña, por Decreto 428/1983, de 23 de septiembre, al Departamento de Política Territorial y Obras Públicas. Galicia, por Decretos 116/1984, de 29 de junio, y 17/1987, de 3 de febrero, a la Consejería de Ordenación del Territorio y Obras Públicas, creando en ella una Agencia de calidad ambiental. Navarra, por Decreto Foral 138/1985, de 17 de julio, al Departamento de Ordenación del Territorio, Vivienda y Medio Ambiente. Y en el País Vasco, por Decreto 202/1985, se adscribe al Departamento de Política Territorial y Transporte. En La Rioja, por Decreto 8/1984, de 8 de marzo, se adscriben estas competencias a la Consejería de Ordenación del Territorio y Medio Ambiente. En Cantabria, contra la tendencia generalizada hacia la Agencia (Decreto 116/1986, de 30 de diciembre), ha pasado a este modelo generalizado devolviendo la Agencia.

A diferencia de la Administración Central, y debido a las facultades heredadas de la Comisión Provincial de Servicios Técnicos dentro del régimen de actividades clasificadas, subsisten órganos de coordinación como Comisiones de Medio Ambiente o simplemente Comisiones sobre Actividades clasificadas o calificadas en casi todas las Autonomías.

Se trata de una materia, la organización ambiental, en continuo cambio, por lo que resulta difícil dar esa impresión panorámica, e imposible pretender fijarla en esquemas definitivos.

6. ADMINISTRACION MUNICIPAL AMBIENTAL

Quedaría incompleto el examen de los aspectos organizativos de la Administración ambiental si no se examinara el nivel local, el más inmediato a la realidad, ámbito natural en donde muchos de los problemas ambientales nacen y terminan. Este ámbito es el más genuino, pues es el origen de la Administración ambiental ligado a la policía de salubridad, y aún hoy tiene gran importancia dentro del ré-

gimen de las municipales, que existen por otra parte en los Municipios más importantes, con el siguiente marco de actuación.

- Aplicación de las Leyes sectoriales medioambientales e incluso denunciar a otras Administraciones públicas dicho incumplimiento.
- Elaboración de las Ordenanzas y Reglamentos ambientales.
- Planeamiento municipal del medio ambiente e intervención en otros planes municipales como en los generales de ordenación urbana y calificación del suelo o no urbanizable para la conservación de los recursos naturales, o planificación especial de defensa de determinados espacios naturales y del paisaje, así como en los de educación ambiental.

Los fines de la gestión ambiental se pueden conseguir con unidades clásicas (servicios, secciones o negociados), creación de Delegaciones municipales, como Director e incluso como organismo autónomo como Instituto, Patronato o Fundación municipal para la protección del medio ambiente.

7. ADMINISTRACIONES AMBIENTALES Y LAS E.I.A.

La E.I.A. supone una tramitación paralela y relacionada con la seguida para una autorización o aprobación del proyecto que represente la actuación sustantiva. Es característica de la E.I.A. que deban ser órganos distintos, no vinculados por relación jerárquica los que aprueben o autoricen el proyecto y los que hagan la declaración de impacto. No se puede ser juez y parte a la vez, y si no se diera esa diferenciación, razones de economía y eficacia invalidarían la protección del medio ambiente que la E.I.A. pretende salvaguardar.

El artículo 5 del Decreto Legislativo 1302/1986 y el artículo 4 del Reglamento aprobado por Real Decreto 1131/1988, establecen este cuádruple principio:

- Independencia de los órganos que deban realizar la declaración y la realización o autorización del proyecto (art. 4.1 del Real Decreto Legislativo 1302/1986, y art. 16 del Reglamento).
- La declaración debe hacerla el órgano ambiental que ejerza estas funciones en la Administración Pública correspondiente (art. 5 del Real Decreto Legislativo 1302/1986, y art. 4 del Reglamento), que en el Estado será la Dirección General de Medio Ambiente, hoy de Ordenación y Coordinación Ambiental, dentro de la Secretaría General de Medio Ambiente (art. 4. Uno. 6 del Real Decreto 199/1990, de 16 de febrero).
- Ambos órganos, el que debe hacer la declaración y el que debe realizar o autorizar el proyecto, deben pertenecer a la misma Administración Pública (art. 5 del Real Decreto Legislativo 1302/1986, y art. 4 del Reglamento).
- La Determinación de la Administración Pública competente en cada caso, vendrá dada por la competencia sustantiva para la realización o autorización del proyecto (art. 5 del Real Decreto Legislativo 1302/1986, y art. 4 del Reglamento).

La duplicidad de órganos posibilita la existencia de conflictos entre ellos, que se resolverán por el Consejo de Ministros o por el órgano de Gobierno de la Comunidad Autónoma correspondiente, según la Administración que haya tramitado el expediente (art. 4.2 del Real Decreto Legislativo 1302/1986, y art. 20 del Reglamento).

Dada la diversidad y variabilidad de organización en materia ambiental en las Comunidades Autónomas, habrá de estar el órgano que efectivamente, en el momento en que se plantea la declaración, tiene esas competencias ambientales.

La aplicación de estos criterios tiene una excepción en los impactos transfronterizos, cuando un proyecto tiene repercusiones sobre el medio ambiente de otro Estado miembro en el cual se considerase órgano ambiental (para realizar la declaración) el de la Administración del Estado, que de acuerdo con el artículo 149.1 de la Constitución tiene la competencia exclusiva en las relaciones internacionales y las discrepancias que pudieran existir entre dicho órgano y el sectorial competente serán resueltas, en todo caso, por el Consejo de Ministros (art. 6 del Real Decreto Legislativo 1302/1986, y art. 23 del Reglamento).

La aplicación de las reglas anteriores no están exentas de problemas tanto en el bastanteo y suficiencia de los Estudios de Impacto Ambiental, realización de la información

pública, incorporación del condicionado ambiental al de la autorización, definición de proyectos sometidos a E.I.A., momento en que el mismo es exigible por la ambigua referencia a los proyectos como efectiva realización de obras o actividades en la directiva y, sobre todo, en la final primera del Real Decreto Legislativo 1302/1986, de 28 de junio, articulación de la Legislación básica estatal y las normas autonómicas de desarrollo y adicionales de protección, etc, cuya interpretación debe correr a cargo de Administraciones públicas diferentes, y dentro de ellas a órganos diversos e incluso enfrentados en sus objetivos.

Un caso especial lo constituye la Administración del Agua, diseñada sobre la base de las cuencas hidrográficas, que otorga un papel prioritario a los Organismos de cuenca, creados a imagen de las Confederaciones Hidrográficas, o sea, para la realización, conservación y explotación de las obras hidráulicas, ajenas a los planteamientos ambientales a los que corresponden realizar, salvo en cuanto a las grandes presas, las E.I.A., reguladas en la Ley de 2 agosto de 1985 y en el Reglamento de 11 de abril de 1986.

Todo ello hace que la técnica de E.I.A. sea un bien básico de pruebas para apreciar la capacidad, independencia y sobre todo eficacia de nuestra Administración en la defensa de los valores ecológicos.

CUADRO COMPARATIVO DE LAS DISTINTAS AGENCIAS DE MEDIO AMBIENTE DE LAS COMUNIDADES AUTONOMAS

	ANDALUCIA	ASTURIAS	EXTREMADURA	MADRID	MURCIA	VALENCIA
CREACION	Ley 6/84, 12 junio, por la que se crea la Agencia de Medio Ambiente. (BOJA n.º 60, de 19 de junio).	Decreto 114/84, 4 octubre, por el que se crea la Agencia de Medio Ambiente. (BOPA n.º 264, de 15 de noviembre).	Decretos 130 y 131/89 de 21 noviembre, por el que se establece la estructura orgánica de Consejería de Obras Públicas y Urbanismo y M.A. y se crea la Agencia de M.A. de la Junta de Extremadura. (DOE 94, de 30 de noviembre).	Decreto 30/89, 7 abril, modifica la estructura orgánica de la Consejería de Presidencia, y crea la Agencia del Medio Ambiente.	Ley 10/86, 19 diciembre, de la Agencia Regional de Medio Ambiente. (BORM n.º 298 de 30 de diciembre).	Decreto 3/89, 16 enero, por el que se crea la Agencia de Medio Ambiente. (DOGV n.º 1000, de 7 de febrero).
NATURALEZA	Organismo Autónomo de carácter administrativo con personalidad jurídica propia.	Organo Desconcentrado.	Organo Desconcentrado.	Organismo Autónomo de naturaleza administrativa.	Organismo Autónomo de carácter administrativo.	Organo Desconcentrado.
ADSCRIPCION	Presidencia de la Junta de Andalucía.	Consejería de Presidencia.	Consejería de Obras Públicas y Medio Ambiente.	Consejería competente en materia de medio ambiente.	Presidencia de la Comunidad Autónoma de Murcia.	Consellería de Administración Pública.
FUNCIONES	<ul style="list-style-type: none"> — Elaboración proyectos y normas. — Calidad y contaminación aguas continentales litorales. Vertidos. — Contaminación atmosférica. — Gestión Residuos. — E.I.A. — Estudios e inventario de recursos naturales. — Educación Ambiental. — Coordinación. — Programas Protección flora y fauna. 	<ul style="list-style-type: none"> — Actividades Molestas, Insalubres, Nocivas y Peligrosas. — Protección Aire. — Protección Aguas. — Residuos Sólidos Urbanos e Industriales. — Medio Natural. — Explotaciones mineras y actividades extractivas. — Beneficios materias medioambientales. — Fomento Tecnológicas. — Educación Ambiental. — Informes. — E.I.A. 	<ul style="list-style-type: none"> — Estudios, informes e investigación sobre m.a. propuestos e informes de normas ambientales. — Conocimiento planes y proyectos que afecten m.a. — Velar cumplimiento directivas y objetivos de planes. — Formular programas conjuntos. — Recoger y analizar aspiraciones sociales. — Coordinar denuncias y quejas. — Coordinar competencias en régimen activ. clasificadas. — Velar por control de calidad de aguas, aire. — Evaluación, control y seguimiento de las EIA. — Estudio e inventario de los recursos naturales. — Programación, actuación en cuanto a los espacios naturales, protección y restauración paisaje, política recreativa y educativa en la naturaleza. — Protección, conservación y fomento riqueza piscícola y energética. 	<ul style="list-style-type: none"> — Elaboración de Proyectos y Normas. — Directrices en materia de Recursos Naturales. — Conservación y mejora de suelos. — Planificación Hidráulica. — Calidad y contaminación del agua. — Restauración paisaje. — Especies Naturales Protegidas. — A.M.I.N.P. — Contaminación atmosférica, acústica. — Residuos Sólidos Urbanos, Industriales.... — Flora y Fauna. — Informes. — E.I.A. — Fomento. — Educación Ambiental. — Relación y Cooperación. 	<ul style="list-style-type: none"> — Elaboración Proyectos y Normas. — Educación Ambiental. — Gestión Residuos Sólidos Urbanos e Industriales. — Conservación Suelos. — Contaminación Atmosférica y Acústica. — Espacios Protegidos. — A.M.I.N.P. — Informes — E.I.A. — Fomento. — Coordinación. 	<ul style="list-style-type: none"> — Coordinación. — Investigación en materia de Medio Ambiente. — Evaluar Recursos Naturales. — Elaborar Proyectos Normas. — A.M.I.N.P. — Conservación Suelos. — Calidad Aguas y Vertidos. — Residuos Sólidos. — Espacios Protegidos. — Beneficios en materia de Medio Ambiente. — E.I.A. — Educación Ambiental.
ORGANIZACION	<ul style="list-style-type: none"> — Director de la Agencia. — Secretaría General. — Dirección Técnica. — Dirección Planificación. — Direcciones Provinciales de la A.M.A. 	<ul style="list-style-type: none"> — Director de la Agencia. — Servicio Técnico Jurídico y de Actividades Clasificadas. — Servicio Prevención y Control de Contaminación. — Servicio Medio Natural. — Servicio Protección Especies, Caza y Pesca Fluvial. 	<ul style="list-style-type: none"> — Comisión Rectora. — Director. — Servicios Técnicos y Administrativos. 	<ul style="list-style-type: none"> — Consejo Administración. — Presidencia del Consejo. — Director de la Agencia. — Consejo Asesor (órgano consultivo). — Secretaría General. — Area de Planificación. — Area de Gestión. 	<ul style="list-style-type: none"> — Consejo Asesor Regional de Medio Ambiente. — Director Agencia. — Servicio Jurídico y Documentación. — Servicio Gestión Económica Presupuestaria. — Servicio Protección y Prevención M.A. — Servicio Protección y Conservación de la Naturaleza. — Servicio Planificación y Usos Recursos Naturales. 	<ul style="list-style-type: none"> — Director Agencia. — Consejo Rector.
NORMAS COMPLEMENTARIAS	Decreto 236/84, 11 septiembre, sobre estructura orgánica del AMA (BOJA 18, 26 de octubre, modificado por Decreto 254/87 de 28 de octubre) (BOJA 91, de 31 de noviembre).	Decreto 36/87, 30 abril, con la estructura orgánica (BOPA 114, de 20 de mayo), Decreto 18/88, de 4 de febrero, por el que modifica el 114/84 (BOPA 40, de 18 de febrero).		Por Decreto 37/89, 6 abril, se aprueba la estructura orgánica de la Agencia (BOCM, n.º 84, de 10 de abril).	Por Decreto 69/87, 1 octubre, se aprueba la estructura orgánica de la Agencia. (BORM 239, de 20 de octubre).	

IV. TECNICAS GENERALES DE CORRECCION Y RESTAURACION



*Depósito de Seguridad de Residuos Tóxicos y Peligrosos de la Comunidad Autónoma de Madrid
(San Fernando de Henares, Madrid). (Foto: D. Baretino)*



RESTAURACION ECOLOGICA

Otero del Peral, Luis Ramón (*)

1. INTRODUCCION

La protección ambiental es una de las tareas en que está empeñada la sociedad contemporánea. Su objetivo es detener el progresivo deterioro del medio en que vivimos, fruto de un desarrollo salvaje y egoísta; de una explotación totalmente incontrolada de los recursos naturales; y de una anarquía urbanística -a escala local, regional y nacional- que todos empezamos a lamentar y sufrir.

La intensa actividad desarrollada por el hombre sobre el medio natural está produciendo un deterioro de los suelos muy superior al que realiza la acción natural de la propia dinámica de la naturaleza (erosión hídrica o eólica, inundaciones, etc.).

La continua urbanización, la construcción de grandes vías de comunicación, el aprovechamiento de recursos naturales, la implantación de vertederos para eliminar los residuos, etc., son algunas de las acciones humanas que producen la alteración del medio natural.

Los impactos ambientales generados por la actividad humana, deberán minimizarse con la ejecución de Planes de Restauración en los que se establecerán las técnicas preventivas y correctivas necesarias para mantener la calidad paisajística del entorno y reducir la incidencia visual de las obras, tanto en la fase de construcción como en la explotación y posterior abandono.

A continuación se analizan las acciones a realizar para recuperar el medio natural en el entorno de las carreteras y en los espacios ocupados por los vertederos de residuos, cuando han alcanzado su vida útil y deben abandonarse.

2. RECUPERACION DEL MEDIO NATURAL EN LAS CARRETERAS

Los grandes movimientos de tierra que hay que realizar para el trazado de las modernas vías de comunicación, dan origen a enormes desmontes y terraplenes que, al estar totalmente desprovistos de vegetación, pueden verse afectados por la erosión debido a los agentes atmosféricos: vientos, lluvias, heladas, etc.

Además, la calidad paisajística del entorno suele alterarse profundamente, por lo que la mejora de la calidad visual de la carretera nos lleva al enfoque ambiental de intentar integrar estas obras en el paisaje.

Para frenar los procesos erosivos y reducir la incidencia visual de estas obras en el entorno, es preciso realizar

hidrosiembras y plantaciones con especies vegetales que se adapten a los parámetros que definan el medio físico (clima, suelo, exposición, etc.), facilitando de este modo la implantación, a corto plazo, de la vegetación natural.

Sin embargo estas actuaciones deberán complementarse con medidas puramente constructivas para evitar, o disminuir, los procesos de inestabilidad y erosión de los taludes. Así, será preciso, en función de las características propias de cada área de actuación:

- Construir cunetas de guarda en cabecera de desmontes.
- Canalizar las aguas de escorrentía mediante la instalación de bajantes.
- Revestir los desmontes rocosos con malla metálica.
- Instalar muros de gaviones al pie de determinados taludes.
- Crear bermas o bancales intermedios en taludes de cierta altura, etc.

El conjunto de las medidas puramente constructivas y las de carácter superficial actuarán de la siguiente manera:

- La implantación de una cubierta vegetal aportará materia orgánica al suelo mejorando así su textura y estructura.
- La construcción de sistemas de control del agua de escorrentía permitirá mejorar la infiltración y eliminar la acumulación de agua en sitios no deseados.
- La instalación de malla metálica y gaviones en desmontes, con determinadas características físicas y estructurales, evitará la caída de materiales a la calzada aumentando la seguridad para el tráfico.

En líneas generales puede establecerse que los taludes serán sometidos a tratamiento de hidrosiembra con mulch, estabilizantes y abonos para conseguir su rápida fijación, por lo que deberán utilizarse especies herbáceas y leñosas con determinadas cualidades específicas, como son: rapidez de germinación y desarrollo, enraizamiento vigoroso, poder tapizante, etc.

De acuerdo con las características de los taludes (pendiente, textura y estructura de suelos, etc.) la hidrosiembra deberá complementarse con la plantación de árboles, arbustos y matas de una o dos savias que, con el tiempo, consolidarán la cubierta vegetal y crearán suelo fértil, facilitando así la introducción espontánea de la vegetación autóctona.

(*) Secretaría de Estado para las Políticas de Agua y el Medio Ambiente. Ministerio de Obras Públicas y Transportes. Paseo de la Castellana, nº 67. 28071 Madrid.

En las áreas de descanso, nudos de enlace de carreteras, etc., se realizarán plantaciones en bosquetes de árboles de porte elevado y matas y arbustos autóctonos que se adapten al clima y suelo de la zona para evitar costosos gastos de mantenimiento.

En las autopistas y autovías, la mediana ha de cubrirse con un tapiz de matorral bajo, interrumpido por bosquetes de arbustos altos, de hoja perenne, que eviten el deslumbramiento producido por los vehículos que circulan por la calzada opuesta.

En resumen puede decirse que, en los proyectos de recuperación del medio natural, deberán contemplarse criterios funcionales y estéticos.

Los criterios funcionales tendrán en cuenta el grado de erosión de los taludes, el guiado y la comodidad óptica, la protección contra agentes atmosféricos, ruidos, etc.

Los criterios estéticos se deben basar en la mejora paisajística, el equilibrio de las masas arbóreas, la reposición del paisaje original, la ocultación y creación de nuevos paisajes, etc.

Para conseguir estos objetivos es necesario que se realice un mantenimiento mínimo de las plantaciones durante los primeros años ya que no hay que olvidar el carácter de «ser vivo» de la vegetación que ha sido implantada en el entorno de la carretera.

Aunque al elegir las especies vegetales se habrán seleccionado aquellas que mejor se adapten a las características del medio, es indispensable realizar labores de mantenimiento para asegurar un buen crecimiento y un desarrollo satisfactorio de los vegetales, al menos hasta que alcancen un estado semiadulto, en el que no serán necesarias más que ligeras actuaciones periódicas.

El conjunto de las labores que han de realizarse durante dos o tres años para conservar las plantaciones en perfecto estado técnico, funcional y ornamental son las siguientes:

- Riegos
- Podas
- Escardas y binas
- Mantenimiento de alcorques
- Instalación de vientos y tutores
- Abonados
- Tratamientos fitosanitarios

Transcurrido este período de tiempo ya no serán necesarios los riegos, que es la operación más costosa, por lo que el mantenimiento se reduce a la roza de la hierba que pueda hacer competencia con la vegetación implantada, y a la poda y tratamiento fitosanitario de los árboles y arbustos.

En resumen, el acondicionamiento paisajístico de los terrenos afectados por las obras de construcción de las grandes vías de comunicación reduce el impacto ambiental producido en el entorno mejorando la calidad visual, dando protección acústica a los edificios próximos, controlando la erosión de los grandes taludes, reduciendo los costes de mantenimiento de las vías de circulación, etc.

2.1. Plan Nacional de Recuperación de Obras Públicas

Con el fin de restaurar, de la forma más rápida y económica posible, las alteraciones producidas en el medio por las grandes obras públicas, la Secretaría General de Medio Ambiente ha redactado un Plan de Recuperación del Medio Natural en el que se analizan las diversas alteraciones producidas por la construcción de grandes obras públicas -carreteras, ferrocarriles, embalses, etc. — y se cuantifica el coste de recuperación paisajística de los impactos producidos.

Como acciones piloto del Plan de Recuperación se han redactado una serie de proyectos sobre distintos tramos de carreteras y autovías para integrar la obra en su entorno paisajístico, y en estos momentos ya están ejecutadas algunas de las obras diseñadas, tal y como se especifica en los cuadros anejos.

En el trienio 1987-1990 se han hecho obras en 37 Km de autovías y autopistas, hidrosemando 620.000 m² de taludes, plantando 75.000 árboles y arbustos y construyendo 1.800 m de cunetas de guarda y bajantes, así como diversas obras complementarias para contener los efectos de la erosión. Todo ello ha supuesto una inversión de poco más de 285 millones de pesetas, equivalente a unos 8 millones de pesetas por kilómetro de carretera.

3. SELLADO DE VERTEDEROS DE RESIDUOS

Una vez que el vertedero ha cubierto su capacidad para recibir residuos, es necesario acondicionarlo para darle el uso final que se haya previsto en la fase de planificación: espacio verde, cultivo agrícola, campo de deporte, parque público, área forestal, etc.

El éxito de la recuperación de los terrenos ocupados por un vertedero de residuos depende de la aplicación de principios agronómicos simples:

- establecimiento de un suelo adecuado para el desarrollo de la vegetación, y
- plantación de especies vegetales que puedan adaptarse a las características ambientales del medio natural.

La última capa de residuos, previa a la clausura del vertedero, no es preciso que se compacte en exceso para así facilitar la fermentación aerobia de la materia orgánica. Pero, para evitar el vuelo de plásticos y papeles, es conveniente cubrirla con una ligera capa de cobertera.

Aproximadamente al año de la clausura del vertedero se cubrirá todo el área de vertido con una capa de unos 30 cm de arcilla, con ligera pendiente hacia los bordes para facilitar la evacuación de las aguas de escorrentía superficial.

A continuación se extenderá la «capa soporte» con 1,50 a 2 m de profundidad y normalmente procederá de excavaciones realizadas en las proximidades del vertedero.

Las características de este «suelo soporte» dependerán del tipo de vegetación que vaya a implantarse -árboles, arbustos, matas, herbáceas, etc - aunque en general debe ser:

- permeable al aire y al agua;
- con textura equilibrada en contenido de arena, arcilla y limo; y

— con exclusión de elementos gruesos y duros.

Para facilitar la incorporación de la vegetación autóctona del entorno es conveniente extender de 20 a 30 cm tierra vegetal sobre el «suelo soporte».

En los primeros años, después de la clausura del vertedero, las especies vegetales que se utilicen deben ser espe-

cies pioneras susceptibles de soportar las difíciles condiciones de estructura y calidad de suelos.

Una vez que los suelos se hayan estabilizado, se podrá implantar aquellas especies arbóreas y arbustivas que mejor cumplan con los usos que intentan darse a los terrenos recuperados: parque público, campo de deporte, área de acampada, etc.

BRAS DE RECUPERACION DEL MEDIO NATURAL EN LA RED DE CARRETERAS DE INTERES GENERAL DEL ESTADO

BRAS EJECUTADAS DE 1987 A 1990

CARRETERA	TRAMO DE ACTUACION	PROVINCIA	LONGITUD (Km)	PRESUPUESTO
N-II Autovía de Aragón	Variante de Alcalá de Henares	Madrid	12	50.946.873 Pts.
N-IV Autovía de Andalucía	Variante de Aranjuez	Madrid	16	199.083.893 Pts.
Autopista A-66 Campomanes-León	Valle del Huerna	Asturias	9	35.000.000. Pts.

PROYECTOS REDACTADOS Y PENDIENTES DE EJECUTAR

CARRETERA	TRAMO DE ACTUACION	PROVINCIA	LONGITUD (Km)	PRESUPUESTO
N-VI Madrid-La Coruña	Variante de Becerreá	Lugo	12	41.475.038 Pts.
N-IV Autovía de Andalucía	Manzanares-Valdepeñas	Ciudad Real	38	396.522.825 Pts.
Autopista A-68 Bilbao-Zaragoza	Amurrio-Zuya	Alava	14	167.326.385 Pts.
Autopista A-68 Bilbao-Zaragoza	Agoncillo	Rioja	16	140.708.221 Pts.
N-301 Murcia-Cartagena	Puerto de la Cadena	Murcia	10	115.008.213 Pts.
N-330 Huesca-Sabiñánigo	Variante Puerto de Monrepós	Huesca	11	51.621.487 Pts.
N-260 Pont de Suert-Puigcerdà	Seo d'Urgell-L. P. Girona	Lérida	24	322.320.865 Pts.
Autovía Oviedo-Campomanes	Oviedo-Las Segadas	Asturias	10	85.707.268 Pts.
N-II Autovía de Aragón	Arcos de Jalón-Alhama de Aragón	Soria-Zaragoza	34	256.845.238 Pts.
N-II Autovía de Aragón	Alhama de Aragón-Ateca	Zaragoza	15	350.816.390 Pts.
N-II Autovía de Aragón	Ateca-Calatayud	Zaragoza	21	335.583.104 Pts.
N-II Autovía de Aragón	Calatayud-Morata de Jalón	Zaragoza	23	306.781.705 Pts.
Autovía del Cantábrico	Castro Urdiales-El Haya	Cantabria	9	47.313.062 Pts.
Autopista A-66 Campomanes-León	Piñera-Tunel Entrerregueras	Asturias	8	84.457.297 Pts.

PROYECTOS EN REDACCION

CARRETERA	TRAMO DE ACTUACION	PROVINCIA	LONGITUD (Km)
Autopistas A-66 y A-8	Oviedo-Gijón-Avilés	Asturias	48
Autovía del Norte	Cerezo-Bodeguillas	Segovia	19
Autopista A-66 Campomanes-León	Area de Rioseco	León	20
Autovía Murcia-Cartagena	Tramo O. Circunvalación Murcia	Murcia	10
Autovía de Levante	Almansa-Villena	Albacete	30
Autovía de Levante	Villena-Elda	Alicante	17
Autovía de Levante	Elda-Monforte	Alicante	15
Autovía de Levante	Monforte-Alicante	Alicante	18
Autovía del Mediterráneo	Circunvalación de Alicante	Alicante	21



RESTAURACION PAISAJISTICA

Fernández Fernández, Paloma (*)

RESUMEN

Dentro de los Estudios de Impacto Ambiental, la consideración del paisaje cobra una importancia creciente debido a la gran absorción de impactos negativos que conlleva el adecuado tratamiento de esta variable mediante el diseño de medidas protectoras y correctoras enfocadas a la integración de las obras en su entorno natural.

Para conseguir estos resultados, es imprescindible proceder a la recogida de información acerca del medio, proponiéndose para su posterior procesamiento la clasificación del territorio en unidades de paisaje, que pueden agruparse en cinco grandes grupos: paisajes naturales, seminaturales, rurales, urbanos e industriales; posteriormente, y de acuerdo con el nivel de profundidad que requiere cada Proyecto, se establecen subunidades operativas. Para cada una de ellas, se recomienda un estudio de potenciales de visualización y descripción de elementos singulares a potenciar u ocultar, así como detectar estructuras u obras de fábrica que precisen un tratamiento particularizado.

Esta información servirá para elaborar el correspondiente Proyecto de Restauración desarrollando el contenido que se describe en el texto, junto al Programa de Seguimiento y Vigilancia correspondiente.

Palabras clave: Paisaje, Entorno, Restauración, Vigilancia, Percepción, Ponderación, Intervisibilidad, Humanización, Escenario, Pantalla, Autóctono.

1. EL PAISAJE EN EL MARCO DE LA EVALUACION Y CORRECCION DE IMPACTOS AMBIENTALES

1.1. Definición del paisajismo

El paisajismo, como conjunto de técnicas e instrumentos teóricos, es una ciencia cuyo desarrollo data de principios del presente siglo en respuesta a las graves afecciones ambientales derivadas de la Revolución Industrial. Su conexión con la Ecología va produciéndose paulatinamente, llegándose al acuerdo actualmente aceptado de que el naturalismo consta de tres tipos de componentes: factores ecológicos, productivos y paisajísticos; sin embargo, aún no se ha producido una síntesis que permita definir un cuerpo doctrinal que dé un sentido estructurado de lo que es el paisajismo, lo cual se comprende mejor teniendo en cuenta que tampoco existe ningún tipo de acuerdo acerca del concepto de paisaje.

Las definiciones que han ido desarrollándose del paisaje pasan desde la de «complejo de interrelaciones derivadas de la interacción de rocas, agua, plantas y animales» hasta la que da el Diccionario de la Real Academia de la Lengua Española: «Pintura o dibujo que representa cierta extensión de terreno», «Porción de terreno considerada en su aspecto artístico». La primera definición fue dada por Dunn en 1974, pero la más acertada es tal vez la que se publicó un año antes: «percepción plurisensorial de un sistema de relaciones ecológicas». Esto quiere decir que la percepción de un paisaje se lleva a cabo a través de todos los sentidos de la mente del hombre; en cuanto a las relaciones ecológicas a las que alude esta definición (Díaz Pineda *et al.* 1973) cabe mencionar que se refiere a las relaciones entre el medio biótico, abiótico y todas sus complejas interconexiones, que son objeto de estudio de la ciencia ecológica. Por tanto, esta definición de paisaje es la que mayor contenido tiene de cuantas ha sido consultadas.

De cualquier forma el paisaje es un concepto que puede calificarse como primitivo, ya que cualquier individuo tiene una idea más o menos clara o acertada pero válida al fin, de lo que es el paisaje y, más concretamente, un paisaje, en el sentido en que generalmente se comprende como escenario en el que las personas desarrollan sus actividades o su esparcimiento.

Tras este preámbulo, se acomete la descripción de en qué manera el paisaje debe ser considerado dentro de las Evaluaciones de Impacto Ambiental.

1.2. Participación del paisaje en las Evaluaciones de Impacto Ambiental

Hay que señalar que no solamente la legislación contempla la consideración del paisaje dentro de las Evaluaciones de Impacto Ambiental (en adelante E.I.A.), sino que existen otras legislaciones sectoriales que requieren de la participación de los parámetros paisajísticos y de la utilización de sus técnicas de restauración. En este sentido, cabe citar la normativa vigente en materia de restauración de espacios naturales afectados por actividades extractivas a cielo abierto, legislación de montes, caza, pesca, conservación de la naturaleza y urbanismo, etc.

Dentro de las E.I.A., el paisaje entra a formar parte de dos puntos básicos contemplados en la Ley y su Reglamento: los estudios de descripción del medio afectado por la evaluación a realizar, con su correspondiente valoración, y, de manera fundamental, en la elaboración de medidas protectoras y correctoras.

(*) Bióloga Ambientalista. Técnicas Ambientales, S.A. (TEAM, S.A.). C/ Zurbarano, nº 43. 28010 Madrid.

Por esta razón el diseño de un tratamiento paisajístico integrador pasa de haber sido considerado en un principio como un mero listado de reparaciones a acometer para disimular los impactos negativos producidos por la actuación, a tener una consideración de mucho mayor relieve, puesto que un adecuado tratamiento paisajístico conllevará, a medio y largo plazo, la integración de la obra en su entorno, facilitando su recuperación natural e induciendo otros efectos secundarios de mejora.

2. TECNICAS DE ANALISIS DEL PAISAJE

El primer punto al que se ha aludido en el apartado anterior, la participación del paisaje en la descripción y valoración de un medio que va a ser objeto de una actuación y posterior evaluación de los impactos ambientales relacionados con el paisaje, ha sido abordado tradicionalmente mediante el desarrollo de metodologías más o menos complejas que intentan siempre que esta valoración se haga de un modo lo menos subjetivo posible. Ello ha llevado al desarrollo de modelos en los que se analizan exhaustivamente los componentes del espacio dividido en superficies y dotando a sus valoraciones preliminares de índices de ponderación, algunos de los cuales implican la utilización de fórmulas matemáticas enormemente complejas; sin embargo, en ninguno de estos modelos se consigue eliminar la componente subjetiva, dado que cualquier índice de ponderación, por ajustado que sea, es elaborado por personas. Por esta razón la metodología que será propuesta prescinde de lograr un objetivo imposible y se plantea una concepción eminentemente práctica del estudio del paisaje. Estas palabras no pretenden ningún significado peyorativo a la ingente tarea realizada, pero sí desean alertar acerca de métodos tales como los de la consideración de cuencas visuales y su tratamiento mediante curvas de equidistancia, realización de índices de intervisibilidad, cálculos de curvas de valoración paisajística, etc., que pueden ser útiles para casos muy puntuales, dado que hacen posible la consideración detallada de las repercusiones visuales (Aguiló, 1981).

Cuando se aborda el análisis ambiental de una zona, los factores productivos cobran, desde el punto de vista de la consideración del futuro, un menor peso específico, puesto que no se pretende que los trabajos de tratamiento ambiental sean rentables en términos de productividad directa —entendida como masa vegetal producida por unidad de tiempo—. Si es interesante su funcionalidad en términos de cantidad de suelo fijado en relación a su coste, pero este análisis es independiente del entorno de los proyectos.

Dado que lo que se pretende es proporcionar una visión del medio que sea práctica, se propone la utilización del método de desagregación del paisaje intrínseco y extrínseco; ello se debe a que la actuación que va a soportar el medio plantea una humanización del mismo que tiene diferentes significados en la percepción subjetiva, dependiendo de la situación del observador, el escenario en que se encuentre, la permeabilidad del mismo y, finalmente, el papel que jueguen los distintos elementos que lo configuran, más allá de la percepción estrictamente visual. De esta forma, lo que inicialmente sería una valoración puramente estética y subjetiva del paisaje se desdobra, inmediatamente, en una visión diferenciada de los distintos ma-

trices que el paisaje ofrece; aparecen pues los paisajes urbanos, industriales, rurales, seminaturales y naturales.

Dentro de esta tipología propuesta, pueden establecerse cuantas subunidades de paisaje se requieran en función de la profundidad del estudio, que siempre dependerá de la naturaleza del Es.I.A. Tras esta clasificación paisajística en unidades, que como puede comprenderse no tienen por qué coincidir con las unidades ambientales u otro tipo de unidades de síntesis temáticas, un método sencillo y a la vez eficaz es, para cada una de estas unidades paisajísticas, la utilización del método de estimación de potenciales de visualización. Tras haberse establecido las unidades de paisaje se comprueba que, conceptualmente, surge una diferenciación muy clara entre paisajes dominantes y paisajes dominados.

La figura n.º 1 muestra un ejemplo en el que existe un claro dominio del paisaje extrínseco sobre el intrínseco, aunque aparecen territorios intermedios que juegan un papel más ambiguo y complementario, funcionando como intercambiadores visuales recíprocos.

Lógicamente hasta llegar a una caracterización como la que se ha presentado, es necesario antes haber estudiado una serie de parámetros que se recogen en las siguientes páginas y que son útiles tanto para la elaboración de la síntesis propuesta como para, posteriormente, conseguir una integración de la obra en su entorno mediante el diseño del tratamiento paisajístico, que requiere de la recogida de una información adecuada a la profundidad o nivel de detalle que se pretenda.

La fotografía n.º 1 muestra el aspecto general de una actuación que está alterando totalmente el entorno en el que posteriormente deberá ser insertada, entorno que puede verse en la fotografía n.º 2.

Puede comprenderse que a la finalización de las obras es necesario un gran esfuerzo para intentar que el aspecto de la explotación cambie por completo y pase a ser el que muestra su entorno. Para ello es necesario contar con unos datos de partida que también corresponden a este punto del E.I.A., parámetros que se recogen en las fichas adjuntas.

3. DISEÑO DE MEDIDAS PROTECTORAS Y CORRECTORAS DE IMPACTOS NEGATIVOS SOBRE EL PAISAJE

En el punto correspondiente a identificación y valoración de impactos ambientales deben haber quedado establecidas aquellas actuaciones del proyecto que generen impacto sobre el paisaje. El tratamiento de éstos debe constituir, como se viene insistiendo, un escenario final en el que no se aprecien distorsiones ni contrastes, respondiendo en primer lugar a la tipología de afecciones detectadas.

Las medidas correctoras deben ser diseñadas para las distintas fases de desarrollo de la infraestructura o actividad objeto del Es.I.A.: proyecto, construcción, funcionamiento y obsolescencia.

No cabe duda de que el momento ideal para incorporar las medidas de optimización ambiental y socioeconómica de cualquier actividad es el de su planificación, es



Foto 1. El impacto paisajístico de las industrias extractivas es mayor que el combinado de todas las demás industrias.

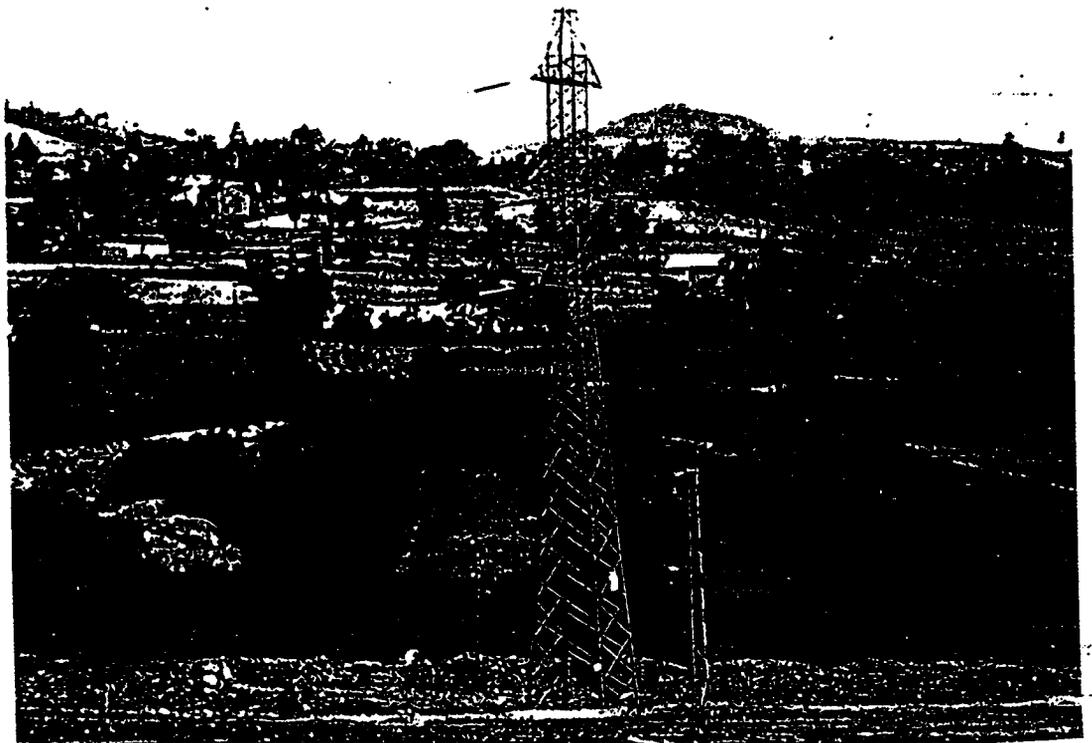


Foto 2. El estudio del paisaje del entorno es imprescindible para la integración óptima de los terrenos a restaurar.

decir: los trabajos de tratamiento paisajístico deben ir unidos al proyecto, integrándose los equipos profesionales, de tal manera que no se produzcan discrepancias en la presentación del proyecto final. De hecho, es una corriente actualmente aceptada en los países que tradicionalmente se han destacado como vanguardistas en temas de planificación, el rechazo de la concepción de los Es.I.A. como meros informes destinados a enterar a los decisores de los costes ambientales y sociales de sus resoluciones. La co-

rriente imperante ha dado ya ese paso de incorporación de las consideraciones pluridisciplinarias a las decisiones en materia de planificación.

En la fase de construcción, el tipo de medidas correctoras que se hayan diseñado debe ser ejecutado simultáneamente con las obras que se trate de corregir, garantizándose así un abaratamiento de los costes mediante el empleo de los mismos operarios y la misma maquinaria, junto con los especialistas pertinentes, persiguiéndose por

MODELO DE FICHA PARA LA RECOGIDA DE INFORMACION

1. SUELO			4.2. Cobertura	Grado	% Cubierta	
1.1. Profundidad	cm	clase	(y dominancia, dando idea de la ocupación basal)	1	0-5	• pésimo
Muy poco profundo	0-30	1		2	5-25	• bajo
Somero	30-60	2		3	25-50	• medio
Moderadamente somero	60-90	3		4	50-75	• alto
Profundo	90-120	4		5	75-100	• óptimo
1.2. Porosidad			4.3. Composición florística			
Compactación		Mucha	Especies relevantes			
Contaminabilidad		Poca	4.4. Sociabilidad			
		Alta	Pureza de las formaciones (grado)			
		Baja	4.5. Vitalidad			
1.3. Textura			Desarrollo de la vegetación			Débil
Grava. Gravillas						Vigoroso
Arena. Arcillas			4.6. Estructura			
Limos			Estratos: Arbóreos			
1.4. Estructura			Arbustivos			en % aproximado
Agregación		Fuerte	Superarbustivos			o por orden de
		Moderada	Herbáceos			dominancia
		Débil				
		Nula	Pattern: Formación cerrada			
1.5. Pedregosidad		Alta	Formación abierta			
		Baja	Formación dispersa			
1.6. Afloramientos rocosos			4.7. Evolución en el tiempo			
Existencia		Alta	Sucesión			progresiva-regresiva
Inexistencia		Baja	Nivel de degradación-clímax			
			Potencialidad (reversibilidad)			
1.7. Contenido en mat. orgánica			5. PAISAJE			
Humus		Mucho	5.1. Estética abiótica			
		Poco	— Elementos singulares			
1.8. pH			— Impresión de conjunto			
Básico. Neutro. Acido			5.2. Estética biótica			
1.9. Permeabilidad			— Impresión de conjunto (vegetación)			
Interpretación por la textura, estructura, porosidad y compactación.			5.3. Estética conjunta			
			— Elementos globales significativos			
2. SISTEMA TERRITORIAL			(1) — Interacciones (Color. Tono. Continuidad. Contraste. Diversidad. Singularidad. Visibilidad. Otras).			
2.1. Usos de los terrenos circundantes			(1) • Condiciones de visibilidad			
2.2. Uso anterior al impacto			— Distancia .			
2.3. Limitaciones según el planeamiento urbanístico			— Angulo de incidencia visual.			
2.4. Propuesta de uso futuro			— Intervisibilidad. Zonas de impacto.			
3. CARACTERISTICAS DE LA ACTUACION			• Calidad visual (diseño natural)			
3.1. Activa (indicar fecha prevista de conclusión) o finalización			— Espacio, tamaño.			
3.2. Instalaciones auxiliares fijas existentes (oficinas de obras, parque maquinarias, etc.)			— Forma.			
3.3. Préstamos disponibles para actuaciones que impliquen relleno			— Colores y su evolución espacial y temporal.			
4. VEGETACION CIRCUNDANTE-PREEXISTENTE			— Tonalidades y evolución espacial y temporal.			
4.1. Densidad y abundancia (en conjunto y, si procede, por especies):			— Singularidades. Intensidad.			
• Ausente.			— Diversidad. Variedad.			
• Poca.			— Continuidad. Unidad.			
• Ocasional.			— Integridad			
• Frecuente.			• Calidad visual (Diseño de elementos artificiales)			
• Abundante.			— Localización.			
• Muy abundante.			— Grado de incidencia visual.			
			— Diseño.			
			— Tamaño.			
			— Estilo.			
			— Materiales empleados y su apariencia.			
			— Color.			
			— Método de construcción.			
			— Estado actual.			
			— Contraste con el entorno natural y artificial.			

tanto una conjunción que en realidad hace que la ejecución del proyecto y su corrección sean una misma tarea. Este es el modo de conseguir objetivos tales como la realización de movimientos de tierras adaptados a la topografía natural, la formación y estabilización de taludes con pendientes adecuadas para su posterior tratamiento de revegetación, el respeto al sistema natural de drenaje, el control de la emisión de ruidos y vibraciones en aquellas operaciones productoras de los mismos, la acumulación de materiales de obra en puntos seleccionados con anterioridad que eviten ocasionar impactos visuales negativos, el control de la emisión de partículas en suspensión, la limpieza inmediata de residuos y eliminación total de escombros, etc.

Todas estas tareas van acompañadas de las obras de mejora ambiental que se hayan detectado como necesarias y que deben seguir una serie de pautas. Los criterios que deben presidir estas obras son: mejora de las condiciones visuales del paisaje extrínseco, regeneración de la cubierta vegetal modificada con especies preferentemente autóctonas (lo que abarata considerablemente el mantenimiento posterior y garantiza unos resultados ecológicos óptimos), y utilizar una determinada proporción entre los elementos caducos y persistentes que aumenten el valor paisajístico de la zona (paisaje intrínseco), formación de pantallas acústicas o visuales, vegetales o mixtas, en aquellos puntos que así lo requieran, diseño de técnicas de potenciación de vistas positivas, tratamiento de espacios marginales, revegetación, si es el caso, de enlaces, medianas, espacios marginales, etc.

Siguiendo estos criterios se evitan situaciones como la que muestra la fotografía n.º 3, consiguiéndose un resultado final más semejante en cuanto a su calidad al mostrado en la fotografía n.º 4.

Es obvio que para conseguir estos resultados deben emplearse técnicas de simulación como las mostradas en las fotografías n.ºs. 5 y 6, en las que puede apreciarse la diferencia entre el estado final propuesto en el proyecto de una obra y el resultado que va a lograrse tras el tratamiento restaurador que le corresponde.

Cuando se produzca la finalización de las obras, la mejora ambiental ya habrá concluido; por ello ya sólo será necesario vigilar aquellas tareas previstas en las recomendaciones de seguimiento y control que se van a exponer a continuación.

No hay que olvidar la necesaria consideración de la fase de obsolescencia, dado que cualquier infraestructura o actividad llegará a la misma, pero sin conocer cuál puede ser el estado final en el que se encuentre cuando alcance esta fase, no puede sino recomendarse en general el desmonte y restauración totales de cualquier instalación auxiliar y de todo el suelo ocupado por la obra obsoleta, aplicándosele un tratamiento paisajístico complementario a la superficie que haya tomado naturaleza de residual.

4. DESCRIPCIÓN GENERAL DE LOS PROGRAMAS DE VIGILANCIA

Este tema, con ser el considerado en último lugar, es muy importante porque el mantenimiento y conservación del trabajo realizado resulta imprescindible. Esto es así debido a que muchos de los materiales utilizados están vivos y crecen, experimentando cambios de día en día y de año en año; el resultado de la obra constituye un conjunto joven, frágil y que tan sólo acaba de iniciar su largo período de desarrollo hacia la madurez.



Foto 3. La revegetación natural se dilata en el tiempo, pudiendo generar impactos irreversibles.

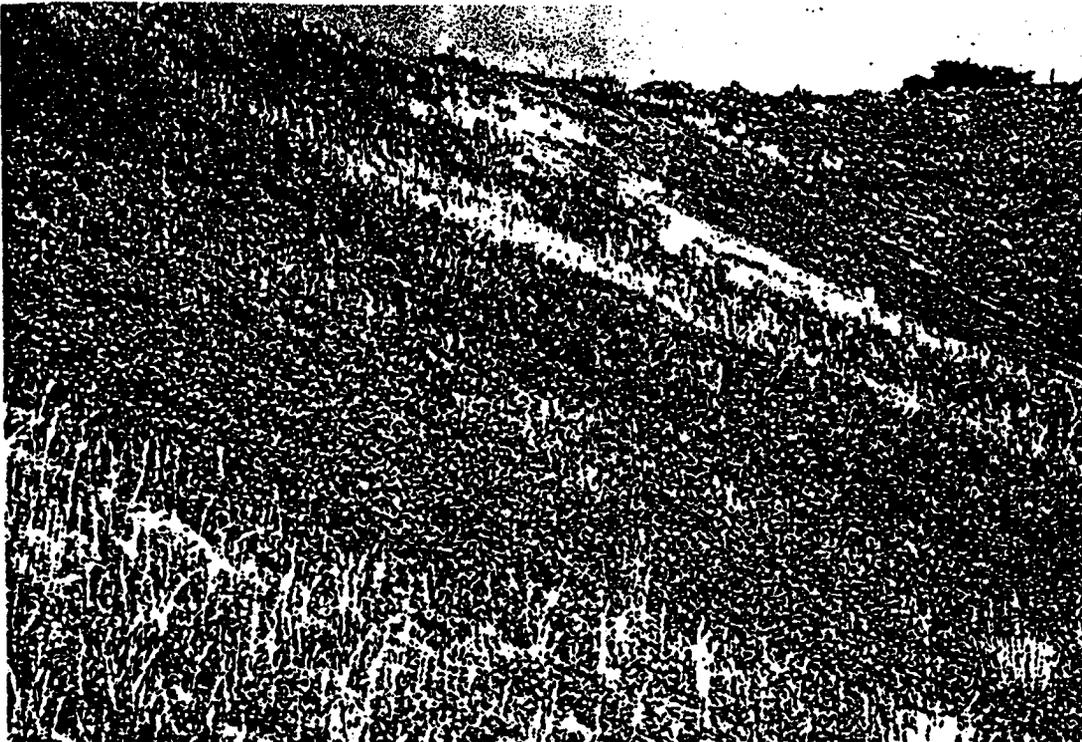


Foto 4. Revegetación por hidrosiembra.



Foto 5. Estado final de la explotación de una cantera.

Para que estos resultados sean óptimos, es fundamental el planeamiento de la gestión, con especial atención a la cualificación del personal y los plazos temporales.

A lo largo del trabajo se ha subrayado un enfoque ecológico del problema fundamentalmente paisajista que se aborda. Este punto de vista ecológico es igualmente importante en el trabajo de mantenimiento. Teniendo en cuenta la escala subregional que se estudia, tanto la forma del di-

seño como el nivel de conservación deben aproximarse mucho más al clímax natural que cabe esperar, para así reducir la cantidad de trabajo que se requiere para lograr el fin apetecido; cuanto más difiera el diseño de la pauta natural de vegetación, tanto más gastos y esfuerzos serán necesarios para impedir que el ecosistema siga su curso natural de sucesión ecológica.

A la vista de los resultados esperados y de los obtenidos en experiencias anteriores, es altamente recomendable



Foto 6. Restauración mediante reperfilado y revegetación.

el seguimiento de un Plan de Conservación una vez terminada cada obra propuesta, así como evitar alteraciones externas en un medio todavía en débil equilibrio.

Cada actuación que se emprenda deberá llevar aneja una matriz de seguimiento y control de predicciones, elaborada según el siguiente modelo:

Objetivos	Actuación	EFECTOS		Observaciones y medidas de corrección
		Esperados y desviaciones permisibles	Reales	
n	An	EE, I	EO	An ± x

Esta matriz permite el seguimiento y adecuación de las predicciones a la evolución real de la situación y su control una vez que se ejecute la obra, y es válida tanto para plantaciones como para obras de fábrica.

En general, el tipo de plantación propuesto ha de ser autosuficiente y adaptable al medio, de forma que llegue a constituir una parte integrante de su entorno paisajístico. No debe, pues, requerir cuidados especiales. Sin embargo, es necesario señalar algunas excepciones:

- Los materiales recién plantados necesitan riego, afianzamiento después de las heladas, eliminación de malezas y reposición de los plantones malogrados. Todo ello puede hacerse a mano, por procedimientos químicos o de otras formas adecuadas, por ejemplo con un guadañado regular.

- Las plantaciones han de inspeccionarse con regularidad para asegurarse de que se están desarrollando saludablemente.

- Los plantones de viveros pueden requerir la retirada de leña muerta y ajustes en sus estacas o ligaduras. Ocasionalmente, pueden necesitarse elementos de protección para los árboles.

- Se seguirá rigurosamente el programa de fertilizaciones correspondiente. Las labores necesarias para mantener las plantaciones en perfecto estado botánico y ornamental se descomponen en:

- Riego en general.
- Recorte, pinzados, podas y limpieza.
- Abonados y enmiendas.
- Siega de céspedes.
- Tratamientos fitosanitarios.
- Reposiciones.
- Entrecavados, recebados, rastrillados y binas.
- Escardas.
- Limpieza.

Para finalizar, unas palabras de D. Antonio Pou ilustran el sentido que se debe pretender con la restauración paisajística, dado que la actuación humana sobre el paisaje, a largo plazo, interfiere irremisiblemente con el funcionamiento del mismo. «La solución pasa por tanto por el conocimiento detallado del paisaje y por nuestro acople máximo a él, en unos casos, y en otros el control y modificación de su funcionamiento para intentar adaptarlo de una forma más estable, a nuestras circunstancias y posibilidades. Existe ya en estos momentos la suficiente capacidad tecnológica y de conocimiento científico, como para comenzar a abordar la cuestión de una forma decidida». (Pou, 1988).

REFERENCIAS

- AGUILO ALONSO, M. (1981): *Visibilidad de las Obras en el Medio Rural*. Ingeniería Civil y Medio Ambiente. Ministerio de Obras Públicas y Urbanismo. Madrid, pp. 124-135.
- BLAZ PINEDA, F. et al. (1973): *Terrestrial Ecosystems Adjacent to Large Reservoirs. Ecosurvey and Diagnosis*. International Commission on Large Dams. XI Congress, 973 pp. Londres.
- JOHNSON, M.C. (1974): *Landscape evaluation techniques: An appraisal and review of the literature*. Centre of Urban and Regional Studies, University of Birmingham.
- SCRIBANO BOMBIN, M.ª A.: *El Paisaje*. Ministerio de Obras Públicas y Urbanismo. Madrid, 107 pp.
- ROYO, A. (1979): *La Erosión*. Ministerio de Obras Públicas y Urbanismo. Madrid, 121 pp.

DEPURACION DE EFLUENTES GASEOSOS

Llamas Borrajo, Juan Francisco (*)

RESUMEN

Se desarrolla una metodología para abordar la primera fase de diseño de cualquier método de depuración de efluentes contaminantes. Se dan normas para la caracterización de los posibles métodos de depuración a utilizar. Se describen los principales equipos de tratamiento en depuración de gases especificando sus rendimientos y rango de aplicación.

Palabras clave: Efluentes gaseosos, Depuración, Caracterización.

1. INTRODUCCION

En cualquier proceso de contaminación existe una «fuente» que es el origen y la causa última del efecto contaminante.

Para abordar el estudio de los posibles métodos de depuración de un efluente contaminante, es necesario profundizar en el conocimiento de la fuente que lo produce.

El esquema más general de la relación existente entre una «fuente» contaminante y su efecto final sobre el hombre puede representarse según el esquema de la figura 1.

El efluente contaminante puede producirse, bien directamente como subproducto directo de un proceso que denominamos «fuente», o bien puede depender de otros factores

externos a dicha fuente. Estos factores externos pueden ser:

- El tipo de manipulación (por ejemplo, en el transporte de material en una cantera, la producción de polvo dependerá de que se realice por cinta transportadora o mediante volquetes).
- Agentes potenciadores del efecto contaminante (en el mismo ejemplo anterior, el viento entraría dentro de este apartado).
- Agentes inhibidores del efecto contaminante (la presencia de caliza en el estéril de un carbón reducirá su capacidad productora de SO_2 al retener parte del azufre en las cenizas).
- Agentes necesarios para que se produzca el efecto contaminante (las aguas ácidas de una mina que se estudian en la segunda parte de este artículo, al ser producto de la acción bacteriana necesitan un tiempo mínimo de retención para que actúen las bacterias; por lo tanto, el tiempo será un agente necesario para que el efecto contaminante llegue a producirse).

Tradicionalmente, cuando se habla de depuración de efluentes, se está situando la actuación en el punto anterior a la dispersión de los mismos e incluso, en algunos casos, como los efluentes gaseosos de las centrales térmicas,

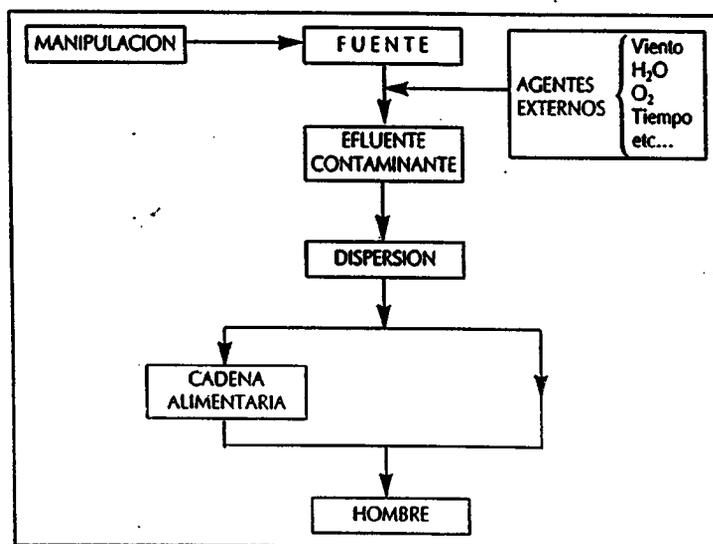


Figura 1.

(*) Dr. Ingeniero de Minas. Dpto. de Ingeniería Química y Combustibles. E.T.S.I. de Minas. C/ Ríos Rosas, nº 21. 28003 Madrid.

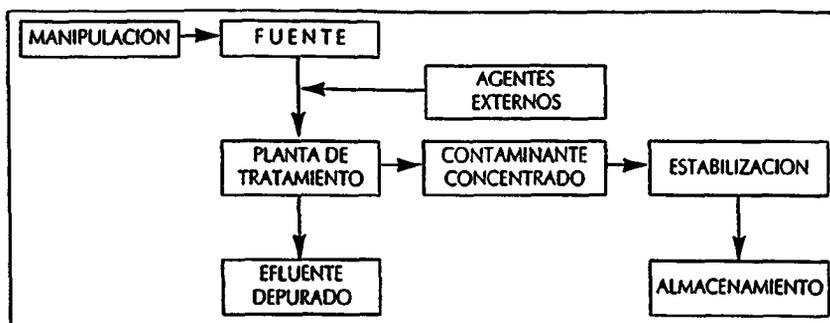


Figura 2.

en la fase misma de dispersión (se utilizan chimeneas más altas que alejan y diluyen los contaminantes). En la figura 2, se muestra el lugar que tradicionalmente ocupa la acción depuradora (planta de tratamiento) en el esquema de la figura 1.

Esta forma tradicional de enfocar la depuración no sólo no es siempre la más eficaz y barata, sino que, en muchos casos, es inviable. Por ejemplo, en el caso de la contaminación por polvo producido por una cantera.

Por lo tanto, lo primero que es necesario señalar es que la acción depuradora o, mejor dicho, el tratamiento para la depuración, puede situarse en cualquier punto del esquema general de la figura 1, siempre que consiga el fin último que es evitar la dispersión del contaminante y su efecto perjudicial.

Cuando se actúa más cerca de la fuente, por ejemplo modificando los procesos de manipulación o evitando la acción de aquellos agentes externos que son necesarios para que el efecto contaminante se produzca, se suele hablar de prevención. En muchos casos la prevención es el único tratamiento eficaz del problema.

Aquí se pueden dar ya dos normas de carácter general para abordar el tratamiento de cualquier efluente contaminante:

- 1.ª) Es siempre más eficaz y barato el método que actúe más cerca de la fuente impidiendo, en la medida de lo posible:
 - a) que se mezclen los distintos efluentes,
 - b) la acción de los agentes externos necesarios para que el efecto contaminante se produzca o se potencie,
 - c) que se diluya el efluente a tratar.
- 2.ª) Cuanto menor sea el volumen de efluente a tratar y más homogénea su composición, más eficiente y barato resultará el método de depuración.

Existe aún una tercera norma, de carácter general, que exige un comentario aparte. Esta norma es:

- 3.ª) Diluir los contaminantes, aún por debajo de los límites legales de emisión o inmisión, no es ningún método de depuración.

El efecto final del incumplimiento de esta última norma, es la integral en el tiempo de todas las emisiones. La suma de uno o varios focos continuos más la acción de «trampas» físicas o geoquímicas que concentren los contaminantes emitidos, pueden reproducir el problema en otro

punto dando lugar a procesos como contaminación por metales pesados de ríos o desembocaduras y procesos de alteración ocasionados por la «lluvia ácida», entre otros.

Estos casos de contaminación tienen efectos de mayor alcance y son mucho más difíciles o incluso a veces, imposibles de corregir. Tienen además el inconveniente añadido de que, con la dilución de los contaminantes, se han diluido las responsabilidades y, salvo casos de gravedad extrema, nadie está obligado a financiar los elevados costes, que tal depuración exigiría. No parece pues descabellado sugerir desde aquí que la utilización de la dilución como método debería penalizarse.

2. CARACTERIZACION DEL PROBLEMA

Según lo expuesto anteriormente el primer paso, necesario para seleccionar y diseñar el método de depuración más eficaz y barato, es el conocimiento real y fiable del esquema de la figura 1 para cada fuente.

Este conocimiento debe incluir al menos información sobre la identificación de las fuentes contaminantes, el balance de materia (diagrama de flujos correspondiente a cada fuente), la composición química y características físicas de cada material que aparezca en el diagrama, y, muy importante, el intervalo de confianza real de los datos disponibles y su variación en el tiempo.

Vamos a ver con algo más de detalle los puntos anteriores.

2.1. Identificaciones de las fuentes

Este es el primer problema que se presenta. En la industria convencional su solución es inmediata, basta con realizar un balance riguroso de materia y localizar todas las pérdidas y rechazos que salen del sistema. Normalmente, las fuentes, contaminantes o no, detectadas se corresponden con algunas de las operaciones básicas del proceso industrial de que se trate.

Más difícil resulta cuando el estudio se realiza a partir del conocimiento de los efectos y se trata de localizar las fuentes que los ocasionan. Este problema se plantea entre otros casos cuando el problema es de contaminación urbana, o producida por un polígono industrial, o de ámbito regional (un bosque, un río, un acuífero, etc.). En estos casos es preciso recurrir a técnicas estadísticas multivariantes como el análisis factorial, de componentes principales y de agrupamiento, para poder identificar los distintos factores que contribuyen al resultado final.

Estas técnicas, de uso normal dentro del campo de la química, tienen la ventaja de que al mismo tiempo que nifican las fuentes las caracterizan químicamente.

En un trabajo reciente, realizado sobre un área urbana Madrid, estas técnicas permitieron poner en evidencia la contaminación por metales pesados en el polvo es-a producida por tres factores que se denominaron: tráfi- construcción y calefacción. Entre los tres explicaban is del 80% de la variabilidad observada en la zona estu- da, (Llamas, Chacón y de Miguel, 1990).

2. Caracterización del efluente

En este capítulo, esencial para el diseño del tratamien- los principales problemas que se plantean suelen estar lacionados con la variación de las características a lo lar- del tiempo y, en general, con la segregación que se pro- ce por la falta de homogeneidad del efluente.

En efecto, tomando como ejemplo uno de los casos más extremos, la contaminación por partículas en sus- ensión, es evidente que su composición no tiene por ué ser la misma para todos los intervalos de tamaño de is partículas. También resulta evidente que, al caracteri- ar una inmisión, la distribución de tamaños dependerá e la distancia desde la fuente al punto donde se tome la uestra. Igualmente, al caracterizar una emisión, por jemplo una chimenea, el resultado dependerá de la po- sición en la que se tome la muestra (ya que la distribu- ón variará con la velocidad de arrastre del gas y ésta no is uniforme) y de la geometría y diseño del equipo de to- na de muestras.

Estos problemas afectan al diseño de la toma de mues- tras al que nunca se le dará la importancia necesaria. En un trabajo reciente (Llamas, del Barrio y de Miguel, 1990), se puede ver un método que permite relacionar la varianza de los resultados obtenidos con las condiciones de mues- treo y con el coste del mismo. Del mismo trabajo se des- prende que muchas veces, en estudios de contaminación, se parte de resultados analíticos con una varianza de muestreo tan grande que no tienen ningún significado real.

2.2.1. Composición Química

En primer lugar, en problemas relacionados con conta- minación, muchas veces lo importante no es el contenido en un determinado elemento, sino la forma en que se en- cuentra. Por ejemplo, un mismo elemento puede encon- trarse en forma inerte o en forma activa. En general, el mé- todo de disgregación (ataque previo de la muestra que la acondiciona para su posterior análisis) utilizado va a con- dicionar los resultados, por lo que deberá elegirse en cada caso en función del objetivo deseado. Ello exige que, al solicitar el análisis, se deba especificar qué tipo de disgre- gación se desea y que, si se van a utilizar datos ya exis- tentes, sea necesario conocer el procedimiento por el que fueron obtenidos.

En segundo lugar, los límites de detección necesarios en temas de medio ambiente son mucho menores que los generalmente utilizados, por ejemplo en prospección geo- química. Por lo tanto, es necesario especificar claramente al laboratorio los límites de detección que se desean para cada elemento.

Por último, hay que tener un especial cuidado en la manipulación, conservación y preparación de las mues- tras, para evitar que puede producirse contaminación y/o segregación de la muestra a analizar. Por ejemplo, si se trata de analizar metales en polvo, todo el material deberá ser de plástico y habrá que evitar que el polvo más fino se ponga en suspensión y se segregue de la muestra.

2.2.2. Características Físicas.

En este apartado es de aplicación todo lo dicho en el anterior. Recurriendo al mismo ejemplo del polvo, puede resultar imprescindible para alcanzar el objetivo propuesto el conocimiento preciso de la distribución de tamaños de polvo a tratar.

3. ESTRATEGIA DE ACTUACION

Una vez que se ha caracterizado el problema, el si- guiente punto es establecer las posibles acciones a reali- zar, ordenándolas según la distancia de la fuente a la que se sitúen.

- 1.º Modificaciones en la forma de manipulación
- 2.º Eliminación o reducción de los flujos de aquéllos aditivos que potencien o sean necesarios para que se produzca el efecto contaminante.
- 3.º Potenciar la adición de aquellos productos que in- hiban o impidan que se produzca el efecto conta- minante.
- 4.º Separar el producto contaminante del resto de los componentes del efluente (depurar)

Finalmente, cuando sea necesario recurrir a los puntos 3.º y 4.º, habrá que considerar una última acción que en ningún caso es de trámite.

- 5.º Establecer los mecanismos de almacenamiento, in- hibición, reciclado o destrucción de los contami- nantes concentrados en condiciones tales que im- pidan el desarrollo de su efecto contaminante.

La selección de la acción o combinación de acciones a tomar será realizada con criterios de sencillez, eficacia, fiabilidad y económicos.

4. PRINCIPALES SISTEMAS DE DEPURACION DE EFLUENTES GASEOSOS.

4.1. Clasificación de los contaminantes en efluentes gaseosos.

El Grupo Intergubernamental sobre vigilancia del Medio, de las Naciones Unidas, seleccionó (como contami- nantes prioritarios, indicadores de la calidad del aire) para la Red Mundial de Vigilancia los contaminantes que se señalan en la Tabla 1. En dicha Tabla también se muestran los contaminantes que se contemplan en la legislación es- pañola y los que se tienen en cuenta para el control nacion- al de la calidad atmosférica en EE.UU.

Todos estos contaminantes y otros no recogidos en la Tabla 1, pueden dividirse, a efectos de métodos de depura- ción aplicables, según los siguientes criterios:

TABLA 1

Red Mundial de Vigilancia (ONU)	Legislación española	EE.UU. Control Nat. Calidad
<ul style="list-style-type: none"> — SO₂ — Partículas en suspensión — NO + NO₂ — O₃ — Pb — CO — CO₂ — Asbestos — Hidrocarburos reactivos 	<ul style="list-style-type: none"> — SO₂ — Partículas en suspensión — Partículas sedimentables — NO + NO₂ — Pb — CO — Hidrocarburos — Cl — HCl — HF — H₂S — CS₂ 	<ul style="list-style-type: none"> — SO₂ — Partículas en suspensión — NO + NO₂ — Oxidantes fotoquímicos expresados como (O₃) — CO

a) Según su estado físico

- * Gases y vapores
- * Partículas sólidas (polvo) y líquidas.

b) Según la naturaleza de la fuente que los genera

- * Fuentes puntuales
 - Fijas (chimeneas, etc)
 - Móviles (equipos de perforación, etc.)
- * Fuentes dispersas
 - Lineales (vías de circulación, etc.)
 - Locales (vertederos, escombreras, etc.)
 - Regionales (zonas de cultivo con fertilizantes, etc.)

Los métodos de depuración posibles en cada caso dependerán de la naturaleza de la fuente y del estado físico del contaminante.

4.2. Métodos de depuración de gases y vapores

Todos los métodos de depuración utilizados para retirar de los efluentes gaseosos aquellos compuestos contaminantes presentes en forma de gas o vapor, se basan en el mismo principio: conseguir, ya sea enfriando o mediante reacciones químicas, con o sin uso de catalizadores, modificar su estado a sólido o líquido para proceder a su depuración por cualquiera de los métodos que se describen en el apartado siguiente.

La forma de conseguirlo es mediante la utilización de torres de lavado alimentadas con agua en circuito cerrado. En dichas torres se consigue la disolución de gases como H₂S, SO₂, CO₂, CO, HF y NH₃. En ocasiones, según sea la naturaleza del gas que se quiere retener, se puede acondicionar el agua utilizada para mejorar la eficiencia. En cualquier caso, la depuración del agua empleada presenta problemas específicos que se tratarán en la segunda parte de este trabajo referida al tratamiento de los efluentes líquidos.

4.3. Métodos de depuración de partículas sólidas y líquidas

4.3.1. Para efluentes puntuales

4.3.1.1. Depuradores mecánicos

Su principio de funcionamiento se basa en someter al efluente a un recorrido tal que las partículas en suspensión, debido a su inercia, no puedan seguir. Son baratos, sencillos y con gran capacidad de tratamiento. En la práctica resultan ineficaces para la retención de partículas por debajo de 5-10 µm. No se suelen utilizar en el caso de partículas líquidas, ya que se pueden producir taponamientos.

- Cámaras de sedimentación (figura 3). Consisten únicamente en una cámara lo suficientemente grande como para que se reduzca la velocidad hasta el nivel necesario para permitir la decantación de las partículas. Sólo se utiliza para retención de partículas mayores de 40-50 µm y con un rendimiento en torno al 50%.

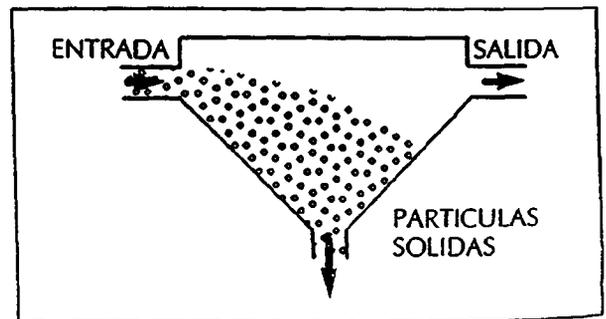


Figura 3.

- Cámaras de gravedad e inercia (figura 4). Es una modificación del anterior que consiste en proporcionar a las partículas un movimiento hacia abajo para que se sumen los efectos de gravedad y de inercia. Existe una gran variedad de diseños.

los rendimientos medios según el tamaño de las partículas.

Tabla 2

Tamaño partículas μm	Rendimiento (% en peso)	
	Convencional	Alta eficacia
< 5	< 50	50 - 80
5 - 20	50 - 80	80 - 95
15 - 40	80 - 95	95 - 99
> 40	95 - 99	95 - 99

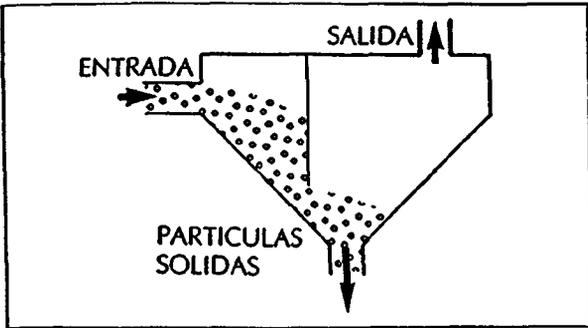


Figura 4.

— Ciclones (figura 5). Son esencialmente cámaras de sedimentación en las que se ha sustituido la aceleración de la gravedad por la centrífuga. Dependiendo de la aceleración a la que trabajen (inversa al tamaño y directa a la pérdida de carga) se pueden dividir en convencionales y de alta eficacia (según el diámetro sea mayor o menor de 25 cm). En la Tabla 2 pueden verse comparados

Se suelen utilizar como depuradores primarios, salvo en casos de partículas de gran tamaño o alta densidad. Normalmente se instalan asociados en paralelo (multiciclones que pueden alcanzar rendimientos del 95% para partículas de hasta 3 μm). La asociación en serie no se suele utilizar por la elevada pérdida de carga que comporta.

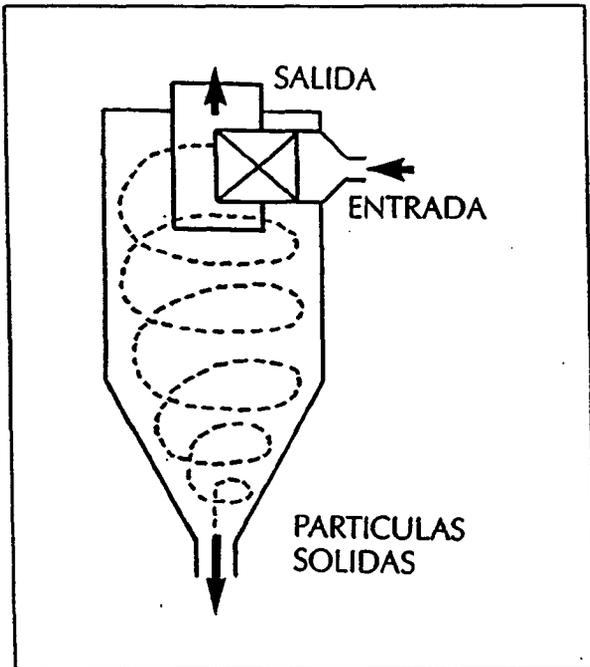


Figura 5.

4.3.1.2. Precipitadores electrostáticos

Se utilizan para retener partículas menores de 1-2 μm y pueden alcanzar eficacias al 99% si la resistividad de las partículas y las características del efluente son adecuadas.

Consiste en un conjunto de planos de electrodos en paralelo. Unos, los de emisión (hilos verticales) cargan (por efecto corona) las partículas situadas entre los dos planos. Otros los receptores (placas o tubos) atraen las partículas cargadas donde se depositan. Por percusión se desprenden las partículas y se recogen en tolvas.

Pueden ser de una etapa como el descrito o de dos en los que en una cámara se ionizan las partículas y en otra (de precipitación) se retienen.

La resistividad eléctrica del polvo varía con la temperatura y humedad del efluente por lo que puede ser necesario acondicionar el gas antes de la entrada al precipitador.

4.3.1.3. Filtros

Es probablemente el método más antiguo y fiable. Consiste en hacer pasar el efluente a través de un tejido que constituye la unidad filtrante. El tejido actúa fundamentalmente como soporte de una primera película de partículas que lo colmata y actúa como verdadera capa filtrante. Las

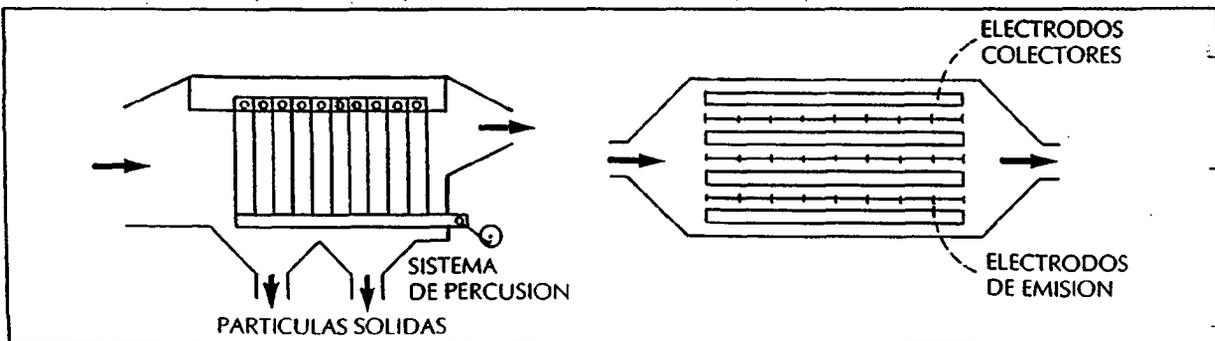


Figura 6.

partículas de tamaño mayor que los intersticios que deja dicha capa quedan retenidas.

Su principal ventaja es un alto rendimiento ($\approx 99\%$) y sus principales inconvenientes son el coste de mantenimiento, que puede ser elevado por la sustitución de las mangas, y que no pueden utilizarse a temperaturas superiores a 250°C ni cuando el efluente porta partículas líquidas o pueden condensar vapores. Requieren un gran espacio para su instalación, cada manga puede medir entre 15 y 50 cm de diámetro y unos 15 m de longitud.

Existe una gran variedad de tejidos que deben ser elegidos en función de su resistencia (mecánica, a la abrasión, a la humedad, a los ácidos, a los álcalis y a disolventes orgánicos), de la temperatura máxima admisible, de su facilidad de limpieza y de su coste.

Recientemente se han comenzado a utilizar filtros de material cerámico en el tratamiento de los gases calientes a presión.

4.3.1.4. Lavadores húmedos

Consisten en una cámara donde se hace incidir el efluente contra una película, o sobre gotas, de agua, de tamaño muy superior al de las partículas en suspensión que se desean retener, con lo que éstas se adhieren y pueden recogerse fácilmente.

Existe una gran variedad: torres compactas de irrigación, lechos porosos irrigados, lavadores autoinducidos, ciclones irrigados, lavadores inducidos mecánicamente y lavadores venturi; siendo estos últimos los que presentan mayor interés.

- Lavadores Venturi. (figura 7). Mientras que los demás lavadores no son eficaces para partículas de tamaños inferiores a $5\ \mu\text{m}$, el Venturi tiene rendimientos superiores al 99% para partículas superiores a $1\ \mu\text{m}$ descendiendo al 90-95% para los tamaños inferiores.

Su esquema de funcionamiento es muy sencillo. Tal como se muestra en la figura el efluente pasa a través de un estrechamiento donde, por efecto Venturi, succiona el líquido lavador que se dispersa en gotitas cuyo diámetro, función inversa de la velocidad, es normalmente superior a $50\ \mu\text{m}$ (correspondiente a una velocidad entre 100-200 m/s). A continuación se hace entrar tangencialmente en un tanque cilíndrico, donde, al igual que en el ciclón, las partículas chocan y resbalan por las paredes del separador, recogiendo en su parte inferior mientras el efluente, depurado, sale por la zona axial superior.

4.3.2. Para fuentes dispersas

En este tipo de fuentes resulta evidente que las acciones a tomar deben situarse en lo que al comienzo denominamos prevención. Es decir, modificando los modos de operación (manipulación), impidiendo o restringiendo los aditivos externos, necesarios para el efecto contaminante o potenciadores del mismo, y añadiendo aquellos aditivos que inhiban dicho efecto contaminante.

4.3.2.1. Métodos de depuración

— Riego con agua

Es un método muy efectivo (con un rendimiento aproximado de un 85% para las partículas sedimentables y de un 55% para las no sedimentables). Se recomienda en las operaciones de Excavación y Carga y Molienda, si bien en estas operaciones existe el límite técnico de que la humedad resultante no puede afectar a las operaciones de Cribado y Molienda lo que puede suceder cuando el material contiene arcilla.

También se utiliza en el regado de rampas y pistas de minas y canteras.

— Estabilizantes químicos

Son de tres tipos:

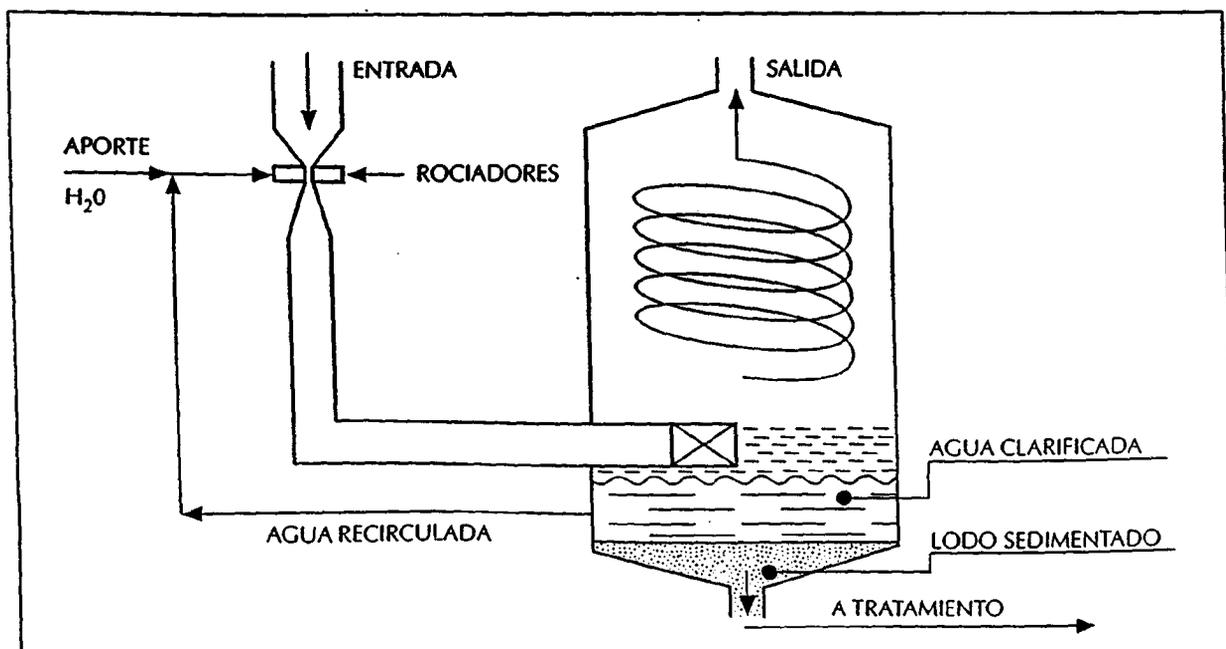


Figura 7.

- a) Agentes humidificadores que reducen la tensión superficial del agua y consiguen humedecer el polvo más fino.
- b) Sales higroscópicas que elevan la humedad superficial aumentando la cohesión y compactación de los materiales.
- c) Agentes creadores de costra superficial, suelen utilizarse polímeros sintéticos que se aplican en húmedo alcanzando eficacias próximas al 100%.

Los tres se utilizan generalmente en las pistas de transporte de minas y canteras. En los parques de almacenamiento, en las escombreras, vertederos y superficies expuestas al viento se suele recurrir a los aditivos del tipo c y en algunos casos del tipo b.

— Láminas filtrantes sintéticas

Consiste en recubrir la superficie con una lámina sobre la que se deposita una capa de grava gruesa.

Se utilizan en el acondicionamiento de pistas, con unos rendimientos del orden del 60% en la reducción de las partículas sedimentables y del 45% para las no sedimentables. También se utilizan en problemas de drenaje y de control de la erosión.

— Varios

Dentro de este apartado se recogen una serie de acciones y sugerencias de difícil clasificación y que, en determinados casos, tienen una gran efectividad.

- Levantamiento de setos o pantallas que impidan o reduzcan la acción del agente externo dispersante (viento).
- Recogida selectiva del polvo producido en determinadas operaciones. Por ejemplo, retirar los finos producidos en las perforaciones antes de proceder a las voladuras, con lo que se evita su dispersión.
- Acoplar captadores de polvo (con sistemas de depuración, ciclones, filtros, etc.) a la maquinaria móvil que produzca polvo, como las perforadoras.
- Revegetación, muy eficaz en el caso de escombreras, vertederos, etc., y que comporta otros valores añadidos. Para ser eficaz debe ser rápida lo que exige una planificación adecuada.
- Estaciones de lavado y limpieza, para los vehículos antes de su acceso a las vías de transporte públicas.

- Elección cuidada del emplazamiento de las operaciones que generan más polvo (como la conminución) en función de la rosa de los vientos y del uso de los terrenos que circundan la industria o explotación minera.
- Confinamiento, de los puntos más conflictivos de una planta de tratamiento, combinando con el uso de presiones negativas de cierre.
- Cambios en los sistemas de manipulación (sustitución de volquetes por cintas transportadoras) y en los ritmos de operación (reduciendo la actividad con vientos anormalmente fuertes con una dirección que incremente su impacto ambiental).

5. CONCLUSIONES

De todo lo anterior se concluye que existen dos aspectos fundamentales en el diseño de un proceso de depuración de efluentes contaminantes:

- a) la correcta caracterización del efluente, y
- b) la correcta caracterización de la «fuente» contaminante.

Este último punto implica el conocimiento preciso del mecanismo, por el cual se produce el efluente contaminante, así como de los factores que inciden en el mismo.

Si se cuidan los dos aspectos anteriores, el siguiente punto es no dejarse llevar por ningún tipo de prejuicios y comenzar considerando, en primer lugar, aquellos métodos que actúen más cerca de la «fuente» contaminante.

El siguiente paso a realizar, la selección y el cálculo de los equipos a utilizar, es la más sencilla ya que los principios de funcionamiento en que se basan son muy simples y existe gran cantidad de bibliografía al respecto. Finalmente, los criterios a utilizar en la toma de decisiones deberán ser los de sencillez (fiabilidad), eficacia y, en último lugar, económicos ya que no se trata de un problema económico sino social, de calidad de vida, que se manifiesta a través de disposiciones legales cada vez más restrictivas.

Agradecimientos:

A M.C. Lois González por su revisión que ha contribuido a una mejor estructuración del artículo.

BIBLIOGRAFIA

- AGUADO ALONSO, J. (1987): *Diseño y selección de equipos para tratamiento de efluentes en las industrias mineras y siderometalúrgicas*, Fundación Gómez-Pardo, Madrid.
- ESTEBAN BOLEA, M.T. (1984): *Evaluación del impacto ambiental*, Fundación MAPFRE, Madrid.
- LLAMAS BORRAJO, J.F.; DEL BARRIO MARTIN, S.; DE MIGUEL GARCIA, E. (1990): Toma de muestras en el estudio geológico de un área urbana. Aplicación al caso de metales pesados aerotransportados, *Boletín Geológico y Minero*. Vol. 101-6, pp 919-931.
- LLAMAS BORRAJO, J.F.; CHACON OREJA, E.; DE MIGUEL GARCIA, E. (1991): Metales pesados en la atmósfera de Madrid, *Boletín Geológico y Minero*. Vol. 102-1, pp 135-147.
- LOPEZ JIMENO, C. (1987): *Formación y prevención del polvo en minas a cielo abierto*, Fundación Gómez-Pardo, Madrid.
- ROJO NARCISO, V. (1987): *Procedimientos de depuración de contaminantes atmosféricos*, Fundación Gómez-Pardo, Madrid.

DEPURACION DE EFLUENTES LIQUIDOS

Llamas Borrajo, Juan Francisco (*)

RESUMEN

Se dan normas para la caracterización del efluente contaminante y se discute el planteamiento de los posibles métodos de depuración a utilizar. Se describen los principales equipos de tratamiento de depuración de líquidos especificando sus rendimientos y rango de aplicación.

Palabras clave: Efluentes líquidos, Depuración, Caracterización.

1. INTRODUCCION

Al tratar la depuración de los efluentes gaseosos se hacen una serie de consideraciones de carácter general sobre cómo abordar el estudio para el diseño de un método de depuración. Todo lo dicho entonces tiene aplicación en el caso de efluentes contaminantes líquidos; por lo tanto, en esta segunda parte tan sólo se hace referencia a aquellos aspectos específicos de este tipo de contaminantes.

El punto de partida será, una vez más el esquema de la figura 1 sobre la relación existente entre una «fuente» contaminante y su efecto final sobre el hombre.

Para los efluentes contaminantes líquidos, también el esquema de la figura 2 representa la práctica totalidad de las instalaciones de depuración existentes. Si bien, en algunos casos, como en las aguas ácidas de mina, esta forma

tradicional de enfocar la depuración es, como veremos más adelante, no sólo ineficaz, sino contraproducente.

La prevención, sigue siendo muchas veces el único tratamiento eficaz del problema. No obstante, cuando el efluente contaminante se ha producido, hay que tener en cuenta las normas generales dadas en la parte I, en especial impedir, en la medida de lo posible:

- que se mezclen los distintos efluentes,
- la acción de los agentes externos necesarios para que el efecto contaminante se produzca o se potencie,
- que se diluya el efluente a tratar,

2. CARACTERIZACION DEL PROBLEMA

Este paso previo condiciona el resultado de todo el trabajo posterior de diseño del tratamiento.

En el caso de efluentes líquidos, aparece muchas veces un factor especial que añadir a lo comentado en la depuración de efluentes gaseosos. Este factor es el tiempo y afecta de una manera especial a aquellos efluentes en cuya generación o desarrollo interviene la actividad biológica. En estos casos, es necesario tener en cuenta que el sistema (e incluso las muestras que se tomen para su estudio) es dinámico y por lo tanto el resultado que se obtenga representa

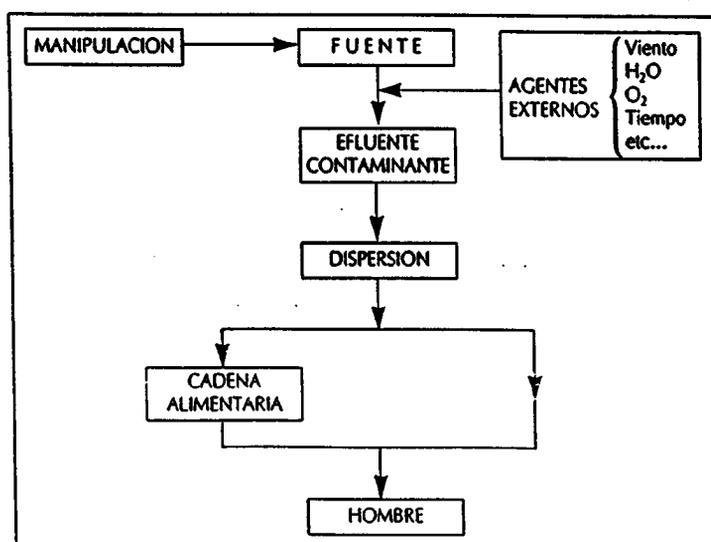


Figura 1.

(*) Dr. Ingeniero de Minas. Dpto. de Ingeniería Química y Combustibles. E.T.S.I. de Minas. C/ Ríos Rosas, nº 21. 28003 Madrid.

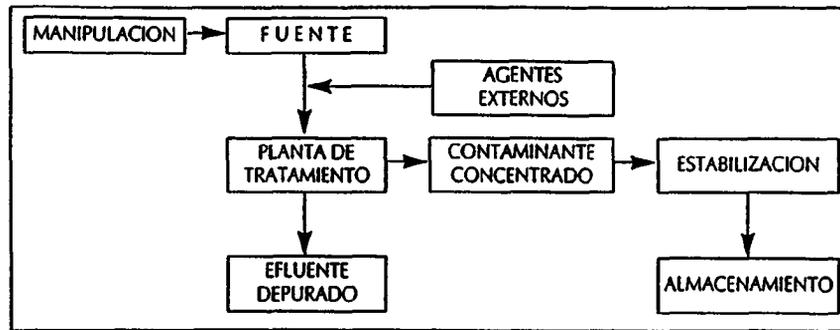


Figura 2.

únicamente un estado puntual y no la realidad global del sistema.

2.1. Caracterización del efluente

En este capítulo, es esencial el estudio de la variación de las características en el tiempo. Normalmente, en el caso de focos puntuales, los vertidos suelen variar a lo largo del tiempo (pueden ser vertidos esporádicos). Esto también puede ocurrir en el caso de focos difusos como es el caso de la contaminación producida por actividad agrícola, por abonos o pesticidas, que tiene un carácter cíclico y estacional.

Estos problemas afectan, de forma especial, a la planificación de la toma de muestras, obligando, en ocasiones, a recurrir a la aplicación de series temporales para un correcto diseño de la misma o para la interpretación de los datos analíticos disponibles.

2.1.1. Composición química.

En el caso de efluentes líquidos, la legislación existente, adaptada de la vigente en la CEE, distingue varios casos que pueden agruparse en dos bloques: a) vertidos y b) aguas potables. En la propia legislación se dan normas de emisión, objetivos de calidad y métodos de referencia y control. Incluso, en la legislación referente a aguas destinadas a producción de agua potable, se establecen tres tipos de aguas, A1, A2 y A3 (según su contenido en 38 parámetros de calidad) que exigen un tratamiento específico.

De la complejidad analítica que puede representar la caracterización de un efluente líquido da una idea que en la última legislación que ha entrado en vigor, sobre aguas potables de consumo público, considera 56 parámetros físico-químicos y 6 biológicos.

Todos estos parámetros pueden agruparse en cinco grupos: a) biológicos, b) físico-químicos (pH, salinidad...), c) metales, d) orgánicos y e) pesticidas. Según un test, realizado entre los años 1978 y 1984 en EEUU, clasificando a los laboratorios según sus resultados en: excelentes, aceptables y falsos; los resultados para cada grupo, fueron los siguientes: para los grupos a) y b) cerca del 90% de los laboratorios eran excelentes, para el grupo c) únicamente el 60% y, para los grupos d) y e), bajaba al 50% y 40% respectivamente. El resto se repartía aproximadamente en partes iguales entre las otras dos categorías. Estos datos, recogidos de las Jornadas sobre Control de Calidad de las medidas analíticas relacionadas con el Medio Ambiente, ilustran claramente sobre los problemas que pueden surgir en la caracterización de los efluentes líquidos.

De los datos anteriores, se deduce la mayor dificultad de la caracterización de los contaminantes orgánicos que de los inorgánicos. Sin embargo, en algunos casos, cuando se trata de diseñar el proceso más eficiente de depuración de aguas residuales, la caracterización de algunos metales presenta unas especiales exigencias analíticas.

En efecto, muchas veces no es suficiente con conocer la concentración de un determinado elemento en el efluente y su estado físico (el porcentaje que está disuelto y el que está contenido en las partículas en suspensión) sino que puede ser necesario conocer la forma química en que se encuentra.

Por ejemplo, en el caso del Cr es necesario conocer su estado de oxidación ya que el Cr (VI) es tóxico y el Cr (III) no. Otro ejemplo puede ser el del Al que normalmente no es tóxico, pero cuando se moviliza (solubiliza) es tóxico para las plantas; en este caso es necesario distinguir entre las dos formas del Al. Este análisis, en especial tiene cada vez una mayor importancia desde que se ha puesto en evidencia que los efectos más graves de la lluvia ácida en las plantas se derivan de que induce la movilización del Al de los suelos. Como último ejemplo, cabe citar los casos del Pb y del Hg, su mayor toxicidad la presentan formando algunos compuestos organometálicos que requerirán una determinación analítica específica.

Este tipo de análisis, actualmente en auge, precisamente por ser necesarios en estudios relacionados con el Medio Ambiente, son conocidos como de especiación química.

Para este fin son muy útiles los métodos gráficos de resolución de sistemas químicos (diagramas logarítmicos de concentración en función del pH o de cualquier especie iónica y diagramas de predominancia como el de Eh-pH). Este tipo de diagramas son fácilmente ejecutables por ordenador, por lo que cada vez son más los programas disponibles en el mercado que permiten, a partir del conocimiento de la concentración total en un determinado elemento, estimar cuáles son las concentraciones de las distintas especies en que se encuentran.

Por último, es necesario tener un especial cuidado en la manipulación, conservación y preparación de las muestras, para evitar que queda producirse, no solo contaminación y/o segregación, sino modificaciones en la especiación de la muestra a analizar.

Si se trata de analizar pesticidas o contaminación por compuestos orgánicos, la muestra no deberá entrar en ningún momento en contacto con materiales plásticos ya que introducirían contaminación adicional que podría llegar

hasta impedir la identificación de los compuestos contaminantes iniciales. Se deberán utilizar únicamente recipientes de vidrio con tapones que podrían ser de corcho recubiertos de papel de aluminio.

Por el contrario, si se trata de analizar el contenido en metales, el recipiente indicado sería uno totalmente de plástico.

Por último, en el caso de efluentes que puedan tener actividad bacteriana, es necesario conservar las muestras a una temperatura inferior a los 4°C para inhibir dicha actividad y evitar así que se modifiquen sus características hasta el momento del análisis.

2.1.2. Características físicas

En la figura 3, se muestra el campo de aplicación de distintos métodos de depuración en función del tamaño de las partículas en suspensión presentes en el efluente. Se deduce, por lo tanto, que su conocimiento es fundamental para proceder al estudio del método de depuración más adecuado.

3. ESTRATEGIA DE ACTUACION

Una vez que se ha caracterizado el problema y conocemos en detalle los datos correspondientes a la figura 1, para establecer las posibles acciones a realizar es conveniente seguir los pasos indicados en la depuración de efluentes gaseosos.

En el caso de efluentes líquidos deberán tenerse en cuenta además otros aspectos como son:

- a) La variación temporal de los caudales a tratar. Por ejemplo, en el caso de aguas de mina el sistema de tratamiento deberá estar diseñado con la flexibilidad suficiente para poder absorber desde los picos de caudal a tratar, ocasionados por grandes lluvias, hasta los mínimos, en épocas de sequía.

- b) La estabilización de los contaminantes una vez concentrados. Este concepto suele ir ligado a la actividad bacteriana e implica que el producto final que se va a depositar de forma permanente, no varíe con el tiempo, pero no es privativo de este tipo de efluentes.

4. CLASIFICACION DE LOS CONTAMINANTES EN EFLUENTES LIQUIDOS

Todos los contaminantes presentes en un efluente líquido, pueden clasificarse, a efectos de métodos de depuración aplicables, según los siguientes criterios:

- a) Según su naturaleza química:
 - Orgánicos.
 - Inorgánicos.
- b) Según su estado físico:
 - Gases.
 - Líquidos.
 - Sustancias en disolución.
 - Partículas sólidas en suspensión.
- c) Según la naturaleza de la fuente que los genera:
 - Fuentes puntuales:
 - Fijas.
 - Móviles.
 - Fuentes dispersas:
 - Lineales
 - Locales (vertederos, escombreras, etc.).
 - Regionales (zonas de cultivo con fertilizantes, etc.).

Los métodos de depuración posibles en cada caso dependerán de la naturaleza de la fuente, de la naturaleza química y del estado físico del contaminante.

Tamaño de las partículas	10 ⁻⁸ 10 ⁻⁶ 10 ⁻⁴ 10 ⁻² 1 10 ²			
	mm.			
Tipo de proceso.	Estado de las partículas.	SOLUCIONES VERDADERAS	SUSPENSIONES COLOIDALES	SOLIDOS EN SUSPENSION O SOBRENADANTES
FISICO	}	CAMBIO IONICO (Sólidos inorgánicos)		TAMIZADO
		TRASFERENCIA EN FASE GASEOSA		SEDIMENTACION FLOTACION
		ADSORCION (Sólidos orgánicos)		FILTRACION MICROTAMIZADO
QUIMICO	}	PRECIPITACION QUIMICA (Sólidos inorgánicos)	COAGULACION QUIMICA (Sólidos orgánicos inorgánicos)	
BIOLOGICO		OXIDACION BIOLOGICA (Sólidos orgánicos)		

Figura 3.

5. PRINCIPALES SISTEMAS DE DEPURACION DE CONTAMINANTES GASEOSOS

El diseño de una planta de tratamiento de efluentes líquidos es muy variable, por lo que la única forma de abordarlo en un espacio tan reducido es considerando lo que podríamos llamar, las operaciones básicas que constituirían cualquier proceso. Para ello, partimos de la siguiente clasificación (J. Aguado Alonso, 1987):

a) Primarios:

- Eliminación de gases disueltos.
- Colectores de aceites libres.
- Filtros coalescedores.
- Decantadores .
- Control de pH.

b) Intermedios:

- Flotación por aire disuelto.
- Coagulación-precipitación.
- Ecuilización.

c) Finales:

- Tratamientos biológicos.
- Oxidación química.
- Filtración.
- Adsorción.

En esta clasificación no se consideran otros métodos menos convencionales que actúan más en la prevención que en el tratamiento propiamente dicho. Este tipo de procesos son de gran importancia en la contaminación producida por la industria minera, en especial en el tema de las aguas ácidas de mina que, por su importancia, serán tratadas aparte.

5.1. Métodos de depuración de gases disueltos

El método más utilizado es la destilación por agotamiento (*stripping*), cuyo esquema se representa en la figura 4. La eficacia de este método depende del pH del medio, ácido para gases como SH_2 y CH_4 o alcalino para NH_3 . El principio de funcionamiento consiste en poner en contacto, en contracorriente, el efluente líquido con otro gas, generalmente vapor de agua. El líquido se empobrece en los gases que pasan al vapor de arrastre. El diseño de la columna debe garantizar una gran superficie de contacto entre la fase líquida y la gaseosa y exige una gran limpieza en el gas de arrastre que no debe contener el contaminante que se desea eliminar.

5.2. Colectores de aceites libres

Son dispositivos mecánicos que permiten recoger, separando, el aceite que flota en el medio acuoso. Pueden clasificarse en estáticos y dinámicos.

5.2.1. Colectores estáticos

Los más sencillos, consisten en una simple canaleta fija u orientable sobre la que rebosa el aceite. No permiten una buena separación ya que, junto con el aceite, en la ca-

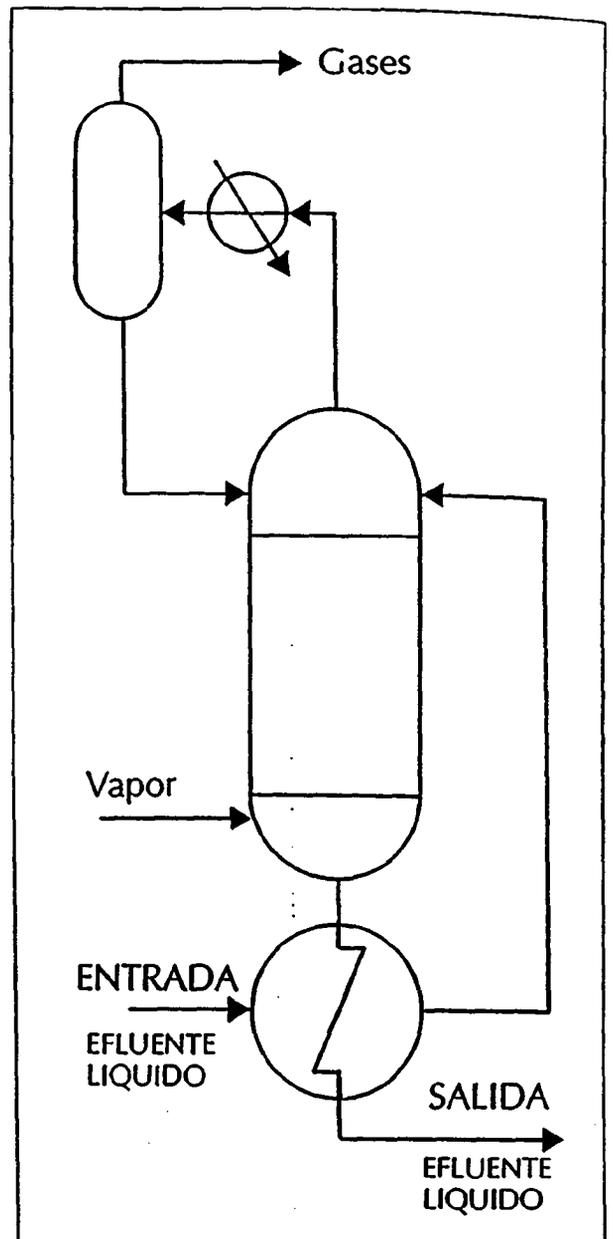


Figura 4.

naleta rebosa una gran cantidad de agua que es preciso tratar posteriormente.

Más elaborados y eficaces son los tambores y los colectores de banda oleofílica. Consisten en un rodillo en rotación continua recubierto de una banda oleofílica (en dos segundos, la banda circula tensada entre dos rodillos, figura 5). El aceite queda adherido a la banda y posteriormente, mediante un rascador, se desprende de la misma y se pasa a un colector.

Estos dos tipos permiten fluctuaciones en el nivel del líquido y su rendimiento depende del área superficial en contacto con el aceite, de la velocidad de rotación y de la naturaleza del propio aceite.

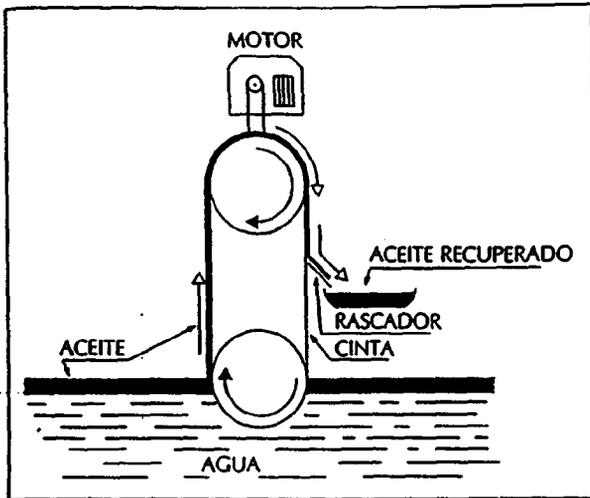


Figura 5.

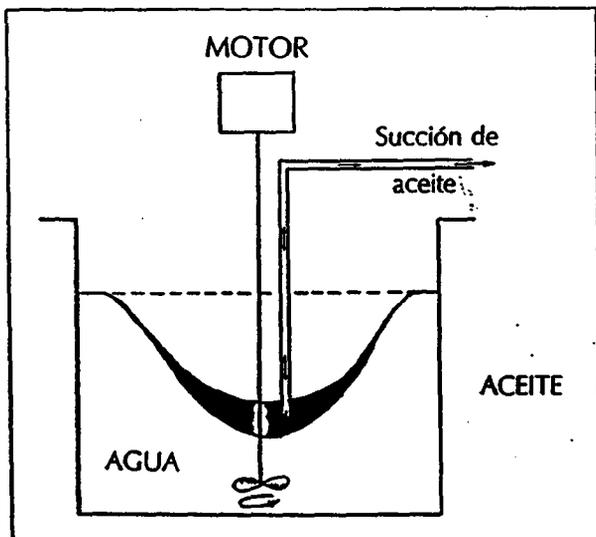


Figura 6.

5.2.2.. Colectores dinámicos

El más conocido es el de efecto Vortex que utiliza un agitador muy revolucionado del fondo del cual se recogen los aceites por succión, figura 6. Este sistema sólo tiene interés cuando se trata de recuperar grandes cantidades ya que la agitación tiene como efecto secundario, no deseable, la formación de emulsiones con lo que el aceite recuperado lleva consigo gran cantidad de agua.

5.3. Filtros coalescedores

Consisten en un medio coalescente (gel de sílice, resinas sintéticas o arena) sobre el cual se fijan las partículas de aceite creciendo por contacto de unas con otras (coalesciendo). Las partículas formadas, de mayor tamaño, son arrastradas por el propio empuje del agua facilitándose su posterior recuperación.

5.4. Decantadores

Permiten la separación de los distintos líquidos (y/o sólidos) en función de su distinta densidad. Puede ser neces-

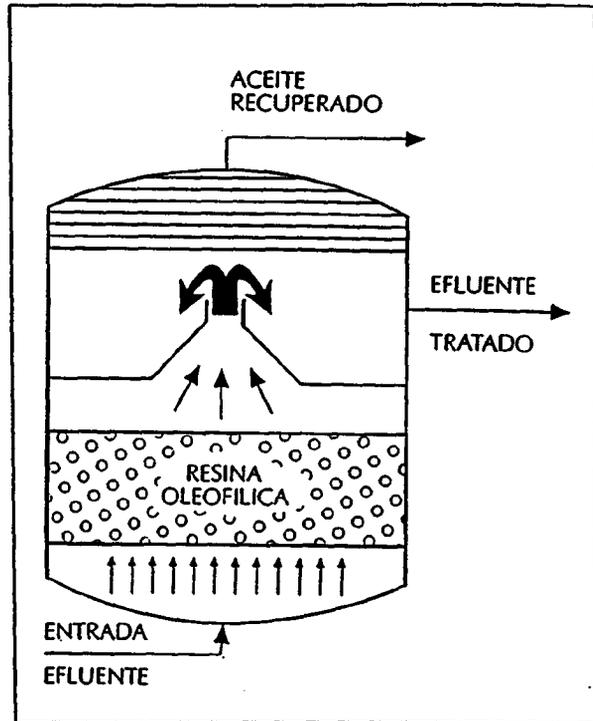


Figura 7.

saria la adición de floculantes o aglomerantes con el fin de aumentar el tamaño de las partículas hasta que la fuerza dominante sea la de la gravedad.

En esencia, un decantador debe desarrollar eficazmente dos funciones y lo mejor posible una tercera; dichas funciones son:

- 1.ª Eliminar los sólidos en suspensión.
- 2.ª Eliminar el lodo formado.
- 3.ª Espesar el lodo formado.

Todos los decantadores responden al mismo principio de diseño; un recipiente donde se reduce la velocidad del líquido y se le da un tiempo de residencia suficiente para permitir la decantación de las partículas. En el fondo, el recipiente, lleva unas paletas que concentran los lodos decantados hacia el orificio de evacuación. Las geometrías pueden ser variables, pero la esencia es la misma.

Existe un tipo de decantadores, de alto rendimiento, muy compactos, autolimpiables y que permiten tiempos de retención muy bajos; estos decantadores son los laminares. En la figura 8 se representa el denominado «de lamelas» que es el más común de este tipo.

5.5. Control de pH

Los procesos más corrientes que requieren un control del pH son:

- Ajuste de pH para prevenir precipitaciones de ciertos constituyentes.
- Rotura de emulsiones por acidificación y reneutralización.
- Neutralización para prevención de corrosiones.

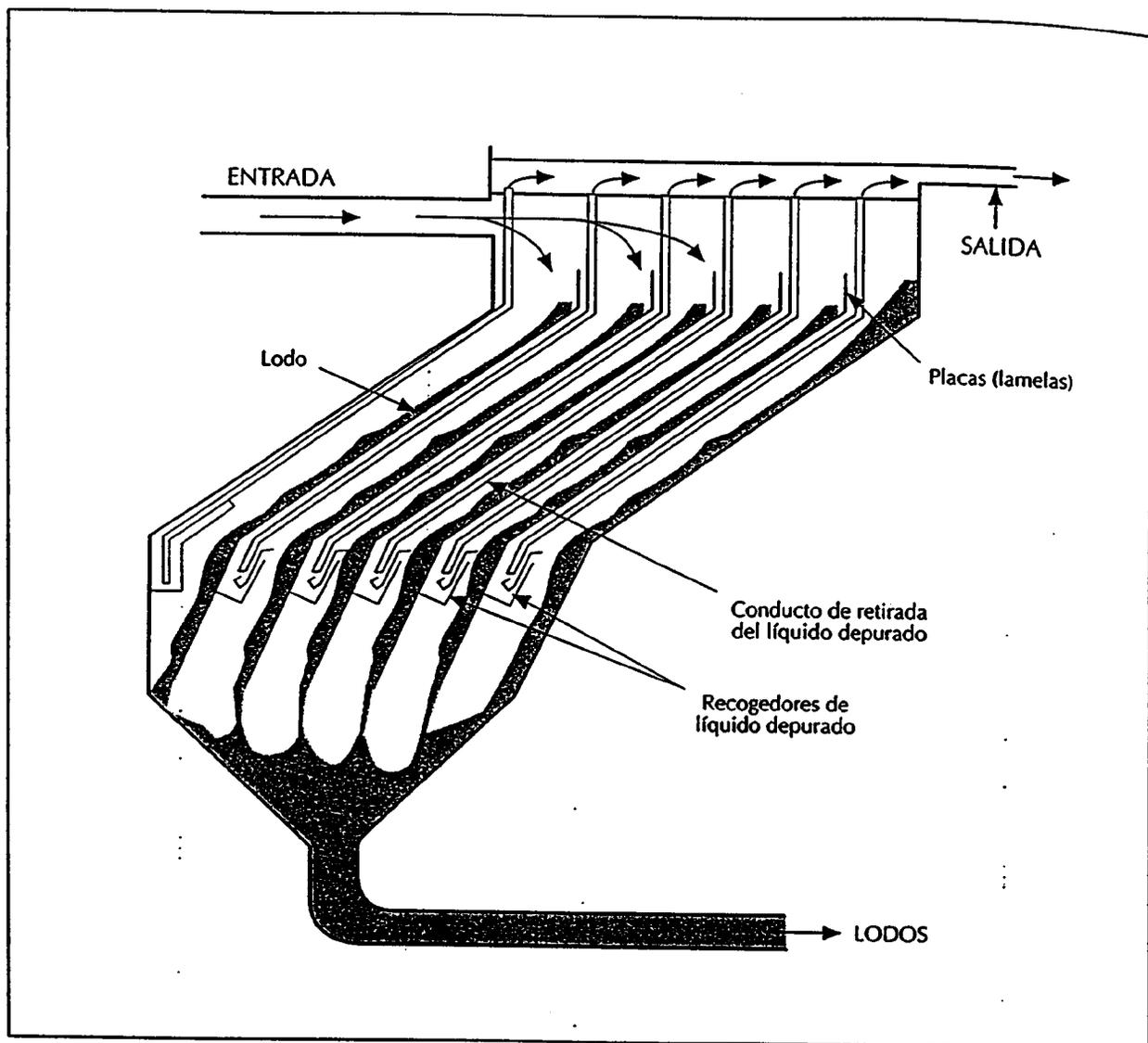


Figura 8.

- Ajuste de pH para mejorar la coagulación y sedimentación.
- Neutralización anterior a los tratamientos biológicos.
- Neutralización antes del vertido.

Los aditivos básicos más utilizados son la sosa (NaOH), la cal (CaO) y el carbonato de sodio (Na₂ CO₃). Los aditivos ácidos más utilizados son el ácido sulfúrico (H₂ SO₄) y el clorhídrico (HCl). Todos se adicionan mediante dosificadores siendo necesario asegurar un correcto mezclado entre el efluente y el aditivo, además de prever los medios para limpiar las incrustaciones que se pueden formar en los tanques de neutralización.

5.6. Flotación por aire disuelto

En su concepción básica se trata de decantadores donde, mediante la acción de burbujas muy finas que se hacen ascender desde la base, se concentran las partículas en la superficie y se retiran con un sistema de eliminación de espumas. Se utilizan, normalmente, en la eliminación de

los aceites y sólidos en suspensión que quedan después de una decantación previa.

5.7. Coagulación-precipitación (floculación)

Es una operación previa a la sedimentación o flotación que se utiliza en el tratamiento de contaminantes en suspensión o coloidales. Consiste en la formación de partículas de mayor tamaño, capaces de sedimentar, a partir de la agregación de las partículas existentes.

Para conseguirlo es necesario modificar las condiciones electrostáticas del sistema agua-coloides. Esto se consigue mediante el uso de aditivos (sales de aluminio, sales de hierro, cal, arcillas, polielectrolitos, sílice activada, almidones, taninos, alginatos, derivados de lignina, etc.).

El sistema convencional consiste en dos tanques, uno de mezclado, con un sistema de agitación rápida, y otro de desarrollo y crecimiento de flóculos, con agitación lenta.

Esta operación no siempre es efectiva y requiere que no varíen las características del efluente a tratar a lo largo del tiempo.

5.8. Ecuilización

Esta operación viene exigida por la variabilidad de los caudales a tratar. Como ya se ha dicho anteriormente, los rendimientos de la mayoría de las operaciones, e incluso su viabilidad, dependen de que el caudal y las características del efluente a tratar se mantengan dentro de unos márgenes de variabilidad muy estrechos.

La forma de conseguir unos flujos con caudal y composición dentro de los márgenes fijados, parte de la correcta evaluación de la «fuente» en el estudio de caracterización previo y de su consideración en la fase de diseño. El tratamiento de los picos, correspondientes a caudales máximos y mínimos, se puede abordar estableciendo depósitos de regulación junto con instalaciones que trabajen con distintas vías en paralelo.

5.9. Tratamientos biológicos

Este tipo de tratamientos se basan en la acción de microorganismos sobre el efluente. Dicha acción, que puede ser en condiciones aerobias o anaerobias, tiene por finalidad bien destruir o modificar algunos de los compuestos contaminantes, o bien estabilizar dicho efluente antes de su almacenamiento o vertido. Por estabilización se entiende dejarlos en un estado tal que su composición no varíe en el tiempo por la acción de microorganismos: que no sea biodegradable. Un efluente no estabilizado no puede ser vertido ya que puede dar lugar a contaminación bien por compuestos que se pueden formar a partir de la actividad biológica o bien por los propios microorganismos a los que el efluente puede servir de sustrato alimenticio.

Para la estabilización suele utilizarse alguno de los siguientes procesos:

- **Balsas de estabilización:** se construyen con 1 ó 2 m de profundidad y exigen grandes extensiones de terreno. El oxígeno proviene del intercambio superficial y de la actividad de las algas presentes en la balsa.
- **Balsas aireadas:** en las que el oxígeno se suministra mecánicamente. La superficie necesaria se reduce en unas 15 veces.
- **Filtros biológicos:** en los que el recipiente se rellena de material granulado (arenas, cerámica, plástico...) que sirve de soporte a los microorganismos. El suministro de oxígeno se realiza en contracorriente y aireando el efluente antes de la entrada en el filtro.
- **Lodos activados:** en este proceso se separan en el clasificador (decantador) parte de los lodos, cargados en microorganismos, que son recirculados al tanque de aireación.

La estabilización se mide por la DBO (demanda biológica de oxígeno); un efluente estará estabilizado cuando la DBO sea nula. La DBO dependerá del tiempo de residencia, normalmente se utiliza la DBO₅ (a los cinco días) en lugar de la DBO_t (last = última, determinada a más de 20 días).

5.10. Oxidación química

Se utiliza para transformar las sustancias químicas nocivas en otras que no lo sean. Como oxidantes se suelen utilizar O₂, O₃, MnO₄, Cl₂, ...

Es un proceso que exige un riguroso estudio previo ya que no puede haber escapes del agente oxidante, que puede ocasionar problemas de toxicidad y corrosión, lo que exige dosificadores caros y un buen conocimiento de la cinética del proceso.

5.11. Filtración

Se utiliza para separar aquellas partículas suspendidas o coloidales que no es posible separar por decantación o flotación. El medio filtrante más utilizado es la arena de sílice aunque también se utiliza antracita, carbón activo, tierra de diatomeas o, como en los denominados filtros multicapa, la combinación de varios de ellos.

El filtro puede ser de gravedad (50 a 75 cm de lecho filtrante abierto a la atmósfera, sobre un sistema de desagüe) o de presión (lecho encerrado en un tanque con el efluente circulando bajo presión).

5.12. Adsorción

Consiste en la captación de las sustancias disueltas mediante una interfase adecuada. La flotación es un caso específico donde la interfase es aire-líquido; el resto de los procesos con interfases líquido-sólido son los que se suelen agrupar bajo este epígrafe.

Cuando los enlaces entre la fase sólida (adsorbente) y el contaminante (adsorbato) son de naturaleza química se denomina quimisorción; en este caso los enlaces son fuertes y el proceso irreversible. Si el enlace es débil, por fuerzas de Van der Waals, el proceso es reversible y de denomina adsorción física. En este último caso, por ejemplo cuando se usa carbón activo, se puede regenerar el adsorbente.

5.13. Tratamiento de lodos

Los lodos generados en los procesos de depuración, con altos contenidos de humedad y elevada concentración de contaminantes, necesitan ser acondicionados antes de su eliminación y almacenamiento final.

Los métodos más utilizados para su tratamiento son:

- **Espesamiento**
- **Deshidratación:** que puede ser por medios naturales (en balsas de secado) o mecánicos (filtros de vacío, filtros prensa, filtros de banda horizontales o centrifugado).

El equipamiento para estos métodos no necesita aclaraciones. Un espesador es básicamente un decantador y los tipos de filtrado y centrifugado son bien conocidos. Tan sólo conviene describir sucintamente los filtros de banda horizontales, de desarrollo más reciente.

En este tipo de filtros se distinguen tres zonas:

- a) Zona de drenaje: donde, por acción de la gravedad, se realiza una deshidratación previa.
- b) Zona de compresión, mediante rodillos lisos que actúan contra la banda.
- c) Zona de cizalladura, donde se realiza la deshidratación final mediante la acción de rodillos provistos de salientes que actúan como cuchillas.

Finalmente, mediante rascadores, se desprende la torta formada de la banda.

5.14. Destino final

Los lodos se suelen disponer para su vertido final en vertederos o zonas permitidas. En algunos casos de contaminantes muy móviles o donde es necesario evitar a toda costa la acción de los lixiviados, hay que recurrir a una vitrificación, fusión con sílice, antes de su deposición. Normalmente es suficiente con elegir adecuadamente el vertedero y hacer una revegetación rápida y eficiente.

6. AGUAS ACIDAS DE MINA

Este tipo de aguas van asociadas a labores mineras conteniendo sulfuros, principalmente a la minería del carbón y de sulfuros complejos.

Estas aguas de muy bajo pH (entre 1 y 4) realizan un lixiviado natural del terreno con lo que contienen una gran cantidad de sólidos disueltos, elementos traza y compuestos inorgánicos.

En la figura 9 se puede ver un esquema general del proceso de formación y actuación de las aguas ácidas (A.A.). El problema que presenta su tratamiento difiere de lo visto hasta el momento en la dispersión de la fuente. Este hecho tendrá como principal consecuencia el que, generalmente, no se podrán tratar las aguas ácidas y evitar sus efectos una vez que se forman.

En estos casos, en los que las acciones a tomar se centran principalmente en la prevención, tratar de evitar la formación de las A.A., en lugar de las de depuración. Es necesario tener en cuenta cuáles son los factores que influyen en el proceso que, en el caso de las A.A., son:

- Eh-pH.
- Temperatura.
- Cantidad y tamaño de los granos del mineral.
- Presión parcial del oxígeno.
- Composición y mineralogía del medio.
- Concentración de bacterias.
- Contenido en nutrientes.

- Contenido en tóxicos.

Una vez conocidos, se tratará de actuar sobre ellos y sobre la cantidad de agua que entra en el sistema potencialmente contaminante. De este planteamiento derivan todas las posibles técnicas a utilizar que pueden resumirse en:

- Evitar que las aguas exteriores entren en la zona de formación, mediante redes de drenaje, canales, etc.
- Reducir el tiempo de residencia de las aguas en las condiciones de posible formación de A.A. para evitar la actividad de las bacterias. Esto se puede conseguir mediante canales que conduzcan deprisa el agua y minimicen la superficie lixiviada.
- Reducir la superficie expuesta a la acción conjunta del agua y del oxígeno. Recubriendo rápidamente las escombreras, revegetando y, en casos especiales, aislando algunos materiales con plásticos, arcillas u otros materiales.
- Colocación de lechos de caliza para evitar el descenso del pH.
- Inhibición bacteriana, que puede ser por adición de otras bacterias, de detergentes aniónicos u otras sustancias orgánicas de mayor duración.
- Inyección alcalina de sosa, cal o carbonato de sodio en zonas específicas.

Una vez realizada la labor de prevención y reducido el caudal de aguas ácidas al mínimo, un esquema general del tratamiento es el de la figura 9.

7. CONCLUSIONES

De todo lo anterior se concluye que, al igual que en el caso de los contaminantes gaseosos, los dos aspectos fundamentales en el diseño de un proceso de depuración de efluentes líquidos son:

- a) la correcta caracterización del efluente, y
- b) la correcta caracterización de la «fuente» contaminante.

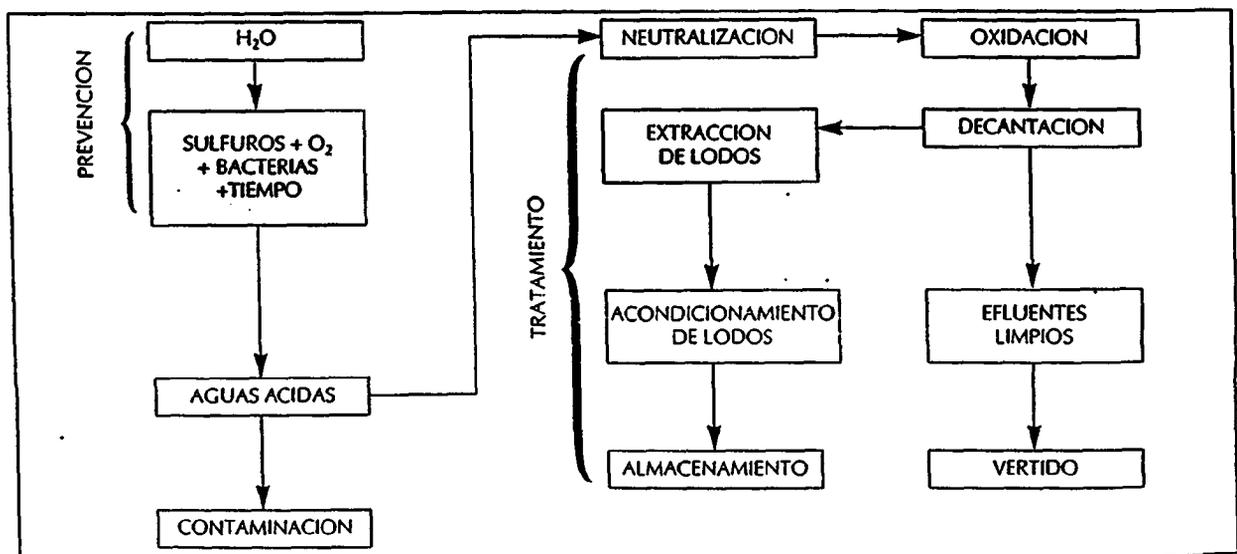


Figura 9.

La caracterización química de los efluentes líquidos presenta exigencias analíticas específicas como son los denominados análisis de especiación.

La ecualización, control dentro de una banda prefijada del caudal a tratar y de su composición, resulta crítica para el correcto funcionamiento de una planta de tratamiento.

Cuando la contaminación es por focos dispersos, como es el caso de las aguas ácidas de mina, el tratamiento debe centrarse prioritariamente en técnicas de prevención ya que las de depuración muchas veces son inviables.

La selección y el cálculo de los equipos a utilizar, es sencilla ya que los principios de funcionamiento en que se

basan son muy simples y existe gran cantidad de bibliografía al respecto.

Finalmente, al igual que para los efluentes gaseosos, los criterios a utilizar en la toma de decisiones deberán ser los de sencillez (fiabilidad), eficacia y, en último lugar, económicos ya que no se trata de un problema económico sino social, de calidad de vida, que se manifiesta a través de disposiciones legales cada vez más restrictivas.

Agradecimientos:

A M.C. Lois González que con su revisión y comentarios ha contribuido a una mayor claridad y mejor estructuración de este trabajo.

BIBLIOGRAFIA

- AGUADO ALONSO, J. (1987): *Diseño y selección de equipos para tratamiento de efluentes en las industrias mineras y siderometalúrgicas*, Fundación Gómez-Pardo, Madrid.
- ESTEBAN BOLEA, M.T. (1984): *Evaluación del impacto ambiental*, Fundación MAPFRE, Madrid.
- LAMAS BORRAJO, J.F. (1988): *Aguas ácidas de mina*, Fundación Gómez-Pardo, Madrid.



TRATAMIENTO Y ELIMINACION DE RESIDUOS TOXICOS Y PELIGROSOS

Sánchez Trujillano, Antonio (*)

RESUMEN

La exposición que figura a continuación constituye una síntesis de los procedimientos de tratamiento y eliminación de residuos tóxicos y peligrosos que se emplean en la actualidad para resolver los problemas ambientales que ocasiona la gestión de los residuos de dicho carácter, que se complementa con una relación de la normativa vigente aplicable en esta materia.

Para ello se parte del concepto y la clasificación de los residuos, según su incidencia ambiental, para llegar a la ineludible necesidad de su tratamiento por las distintas vías al uso. Así, se describen las posibilidades que ofrece el tratamiento físico-químico, el campo de aplicación de la incineración y sus elementos específicos de control de la contaminación y, en particular de la atmosférica, y la función que desempeñan los depósitos de seguridad en el almacenamiento definitivo de los residuos tóxicos y peligrosos y de las sustancias que han tenido dicha naturaleza antes de ser sometidas a un proceso de tratamiento.

Completando estos procedimientos, se enuncia también el tratamiento mediante arco de plasma, que parece haber superado los planteamientos teóricos iniciales y el desarrollo experimental para constituir una posible alternativa a la incineración de determinados tipos de residuos.

Palabras clave: Residuos tóxicos y peligrosos, Tratamiento físico-químico, Incineración, Depósito de seguridad.

1. INTRODUCCION

Me ha parecido interesante iniciar esta conferencia reproduciendo una definición de residuo que encontré hace poco en un documento de la O.C.D.E., que es la siguiente: se entiende como residuos todas aquellas materias, que por carecer de valor de mercado en el contexto en que son producidas, son destinadas al abandono.

Desde el momento en que un determinado residuo se destina al abandono, se inician una serie de problemas ambientales (degradación de suelos, contaminación, etc.) que han motivado por sí mismos el desarrollo de una amplia rama de la ingeniería ambiental y sanitaria para resolverlos.

Desde un punto de vista ambiental, nuestro sistema ha de ser el equilibrio de dos subsistemas dependientes entre sí, el medio natural y el medio humano. El medio natural suministra al medio humano los recursos necesarios para

su supervivencia y el medio humano los utiliza, los aprovecha y devuelve al medio natural un residuo que, a su vez, debidamente transformado por éste, queda a la disposición del medio humano convertido de nuevo en recurso.

El desajuste de este modelo ideal de equilibrio surge en el momento en el que los residuos aportados por la sociedad al medio natural no son asimilables por éste debido a su cantidad, a su composición, a su concentración en el tiempo o en el espacio, iniciándose así una cadena de problemas de contaminación del medio, que afecta tanto a los suelos como a las aguas, bien superficiales o bien subterráneas o a la atmósfera.

Este es, en definitiva, el esquema de un problema que preocupa a científicos, a técnicos, a políticos y a cualquier sociedad que se considere medianamente responsable de su comportamiento, siendo tanto mayor esta preocupación cuanto mayor es el grado de desarrollo económico de la sociedad en que se produce, por un triple motivo:

- porque cuenta con un mayor grado de formación y por tanto, de sensibilización ante estos problemas
- porque las tasas de producción de residuos por habitante y día son mayores en las sociedades más desarrolladas
- porque las disponibilidades de suelo para acoger residuos son cada vez más escasas.

En resumen, se puede afirmar que la producción de residuos y, en consecuencia, su eliminación, constituye uno de los aspectos críticos en el mantenimiento del equilibrio anteriormente comentado en tanto no se aporten soluciones eficaces e inmediatas a los problemas de contaminación y de ocupación de suelo que produce la eliminación de los residuos. Aunque resulte ajeno a esta exposición, o al menos, a este momento de la misma, creo importante anticipar que cualquier actitud racional en materia de residuos requiere indiscutiblemente recurrir a su aprovechamiento, entendido éste como su reincorporación como materias primas a los procesos de producción, aplicable directamente a los metales, vidrio, papel, cartón y plásticos, y al aprovechamiento del resto en forma de biogás, compost, etc.

2. CLASIFICACION

Existen diversas clasificaciones de los residuos atendiendo al fin para el que cada una de ellas esté concebida. De todas ellas, vamos a exponer una, que considero más

(*) Ingeniero de Caminos, Canales y Puertos. Agencia de Medio Ambiente. Comunidad de Madrid. C/ Princesa, nº 3. 28008 Madrid.

adecuada dentro del contenido de este curso, que es la siguiente:

Residuos de origen rural: agrícolas
ganaderos
forestales
mineros, etc.

Residuos de origen urbano: basuras domésticas
residuos clínicos
y hospitalarios
industriales
inertes, etc.

Dentro de los residuos industriales que nos ocupan se suele establecer, a su vez, una segunda clasificación de los mismos, desagregándolos en:

Residuos industriales: asimilables a urbanos
inertes
tóxicos y peligrosos o especiales

Los primeros incluyen los generados en las oficinas, cafeterías, comedores, etc. de las propias industrias, cuya composición es idéntica a la de los generados en actividades análogas ajenas a la industria y se eliminan, por tanto, por los mismos cauces y procedimientos que el resto de las basuras domésticas.

Los residuos llamados inertes comprenden los del tipo de las tierras, escorias, vidrio, materiales refractarios, etc., que se generan en algunos procesos industriales y que pueden ser directamente acogidos por el medio natural sin que ello suponga una agresión al medio.

Los tóxicos y peligrosos o especiales, son llamados indistintamente de una u otra forma, atendiendo esta segunda denominación a evitar el sentido patético que pudiera presentar la primera, incluyen todos aquellos en cuya composición intervienen productos químicos que resultan fuertemente destructivos del medio. A título de ejemplo y aunque más adelante aportaremos una relación exhaustiva de los mismos, podemos citar los que contienen metales pesados, los ácidos, los residuos hidrocarburoados, los residuos cianurados, etc.

3. EFECTOS DE LA ELIMINACION DE RESIDUOS

Aunque más adelante, para valorar el impacto ambiental de las instalaciones de almacenamiento, tratamiento y eliminación de residuos tóxicos y peligrosos, incidamos nuevamente en esta cuestión, parece conveniente anticipar que cada tipo de residuo de los que figuran en la clasificación anterior requiere una serie de procedimientos específicos de tratamiento y eliminación en razón a que su afección sobre el medio también plantea un conjunto de problemas específicos.

Así, los que hemos llamado inertes no son motivo de gran preocupación en cuanto a los requisitos que deben reunir las instalaciones de eliminación, dado que éstos no transmiten una contaminación al medio como ocurre con otros. Basta por tanto elegir su emplazamiento de forma tal que se encuentre próximo a los centros de producción, en terrenos de poco valor para cualquier otro uso, y a ser posible, que su configuración natural presente alguna depre-

sión que permita su relleno con residuos, debiéndose en este caso orientar su explotación hacia la regularización y nivelación del terreno. Es preferible, en principio, que los terrenos en donde haya de instalarse un vertedero de residuos inertes no estén afectados por ningún nivel freático muy superficial, y ésto no tanto como medida de seguridad frente a la contaminación que pudiera ocasionar, pues con un mínimo control en la admisión se evita la entrada de cualquier residuo que pueda aportar contaminación, sino para evitar posibles modificaciones de la permeabilidad de los estratos y también para evitar alteraciones en el contenido de sales disueltas en las aguas subterráneas.

Es muy frecuente localizar los vertederos de residuos inertes en canteras y yacimientos de minerales agotados o abandonados, aprovechando el volumen vacío dejado por la extracción. Como elemento de control de la contaminación es conveniente construir un dren que recolecte las aguas infiltradas en la masa de residuos y las canalice hacia un pozo o depósito de control del que periódicamente se extraen muestras para su análisis. Por otro lado es conveniente realizar un dren perimetral, independiente del anterior que canalice las aguas de escorrentía superficial y las evacúe antes de que entren en contacto con la masa de residuos. La explotación debe realizarse por capas sucesivas que se van compactando y nivelando continuamente hasta conseguir restaurar el perfil original del terreno. Una vez agotada la capacidad de acogida de residuos del vertedero, se realizan un conjunto de operaciones de clausura y regeneración ambiental, que consisten, en esencia, en seleccionar las capas más superficiales de residuos de modo que permitan el desarrollo de especies vegetales; posteriormente se extiende una capa de tierra vegetal que aporte la materia orgánica y el humus necesario para la supervivencia de dichas especies y, finalmente, se ejecuta un plan de siembras y plantaciones con el que queda definitivamente concluido el proceso de restauración.

Otra modalidad de explotación de vertederos de residuos inertes es la que sigue el esquema de explotación de las escombreras de las minas, ésto es, configurando un promontorio que crece en altura conforme avanza la explotación. Este sistema es propio de terrenos llanos y tenemos algún caso de explotación de este tipo en la Comunidad de Madrid.

El esquema de organización y funcionamiento expuesto para un vertedero de residuos inertes es igualmente aplicable al caso de un vertedero de residuos sólidos urbanos o de un depósito de seguridad de residuos industriales tóxicos y peligrosos, con la única diferencia entre unos y otros de que los sistemas de seguridad, prevención y corrección de la contaminación siguen también un orden creciente de complejidad, debido a que los efectos de la contaminación y el riesgo para el medio ambiente que plantean son mayores en el caso de los residuos tóxicos y peligrosos que en los urbanos y de éstos, a su vez, que de los inertes.

4. MARCO JURIDICO DE LOS RESIDUOS TOXICOS Y PELIGROSOS

Como antecedente inmediato a la actual legislación en materia de residuos tóxicos y peligrosos hay que citar necesariamente la Ley 42/75, de Desechos y Residuos Sólidos Urbanos, que representa un primer paso en la regula-

ción de los residuos en España aunque su aplicación se limita exclusivamente a los sólidos urbanos.

Por otra parte, dada la existencia de residuos industriales que por su composición y características, requieren unas prescripciones especiales para su recogida, tratamiento y eliminación, no contempladas en la citada Ley 42/75, así como la obligación de adaptar al derecho interno español las determinaciones contenidas en la Directiva 319/78 de la C.E.E., de 20 de marzo de 1978, se planteó la necesidad de promulgar una legislación específica para la regulación de los residuos tóxicos y peligrosos, concretándose ésta en la aprobación de la Ley 20/86, Básica de Residuos Tóxicos y Peligrosos, cuya publicación apareció en el «B.O.E.» del día 20 de mayo de 1986.

En las Disposiciones Adicionales de ésta, figura la obligación de dictar las normas necesarias para su desarrollo y ejecución, en el plazo máximo de seis meses a contar de su entrada en vigor. Estas normas se plasman en el Reglamento para la ejecución de la Ley Básica de Residuos Tóxicos y Peligrosos, aprobado mediante Real Decreto 833/88, de 20 de julio, cuya publicación en el «B.O.E.» apareció el día 30 de julio de dicho año.

Estas son, en definitiva, las dos normas básicas de ámbito estatal que regulan los residuos tóxicos y peligrosos, si bien hay que mencionar también la aprobación y publicación de otras órdenes y decretos concurrentes con las anteriores como es el caso de la normativa específica de aceites usados, o del amianto, entre otras.

5. RESIDUOS TOXICOS Y PELIGROSOS

A efectos jurídicos, se consideran como residuos tóxicos y peligrosos los que define como tales la Ley Básica de Residuos Tóxicos y Peligrosos (Ley 20/86, de 14 de mayo; «B.O.E.» de 20 de mayo de 1986), en cuyo anexo único enuncia la siguiente relación de sustancias o materias tóxicas y peligrosas:

1. El arsénico y sus compuestos de arsénico.
2. El mercurio y sus compuestos de mercurio.
3. El cadmio y sus compuestos de cadmio.
4. El talio y sus compuestos de talio.
5. El berilio y sus compuestos de berilio.
6. Compuestos de cromo hexavalente.
7. El plomo y sus compuestos de plomo.
8. El antimonio y sus compuestos de antimonio.
9. Los fenoles y los compuestos fenólicos.
10. Los cianuros orgánicos e inorgánicos.
11. Los isocianatos.
12. Los compuestos órgano-halogenados, con exclusión de los polímeros inertes y otras sustancias mencionadas en esta lista.
13. Los disolventes clorados.
14. Los disolventes orgánicos.
15. Los biocidas y las sustancias fitosanitarias.
16. Los productos a base de alquitrán procedentes de operaciones de refinado y los residuos alquitranados procedentes de operaciones de destilación.

17. Los compuestos farmacéuticos.
18. Los peróxidos, cloratos, percloratos y nitruros.
19. Los éteres.
20. Las sustancias químicas de laboratorio no identificables como nuevas cuyos efectos sobre el medio ambiente no sean conocidos.
21. El amianto (polvos y fibras).
22. El selenio y sus compuestos de selenio.
23. El telurio y sus compuestos de telurio.
24. Residuos procedentes de la industria del dióxido de titanio.
25. Los compuestos aromáticos policíclicos (con efectos cancerígenos).
26. Los carbonilos metálicos.
27. Los compuestos solubles de cobre.
28. Las sustancias ácidas y/o básicas utilizadas en los tratamientos de superficie de metales.
29. Los aceites usados minerales o sintéticos, incluyendo las mezclas agua-aceite y las emulsiones.

6. TRATAMIENTO DE LOS RESIDUOS TOXICOS Y PELIGROSOS

El tratamiento de los residuos tóxicos y peligrosos se encuadra a efectos de la normativa actualmente vigente, en los procesos de gestión, siendo, por tanto, los gestores, quienes promueven y desarrollan iniciativas tendentes a dar solución para cada caso a la gran diversidad de residuos que se producen.

La normativa anteriormente aludida plantea el derecho por parte de los gestores a la confidencialidad de sus tecnologías y procedimientos, por lo que, en respeto a este derecho, hemos de ceñirnos a la descripción de los procedimientos generales de tratamiento y de aquellos en que las empresas afectadas han renunciado expresamente a dicha confidencialidad, permitiéndonos exponer sus experiencias e investigaciones.

Sentadas las anteriores premisas, podemos expresar que los procedimientos de tratamiento de los residuos tóxicos y peligrosos se pueden resumir en dos: el tratamiento físico-químico y la incineración.

El primero de ellos, esto es, el tratamiento físico-químico, engloba un conjunto de operaciones físicas, tales como la floculación, decantación, filtración y rotura de emulsiones, y de reacciones químicas, tales como la neutralización, oxidación, reducción, precipitación, etc., mediante las cuales un determinado residuo pierde las propiedades que le confieren el carácter de tóxico y peligroso y se transforma en un residuo sólido, que se elimina en un depósito de seguridad, y un efluente líquido que, según su composición, podrá incorporarse a un colector de aguas residuales urbanas convencionales para su posterior tratamiento en una estación depuradora, o podrá verterse directamente a un cauce público.

El segundo procedimiento, es decir, la incineración, está planteado especialmente para residuos con un elevado

poder calorífico intrínseco, como es el caso de los residuos hidrocarburoados, las pinturas, los disolventes, etc., y consiste en la incineración controlada en unos hornos especiales, con sus correspondientes dispositivos de decantación, filtración y limpieza de humos, en los que queda como residuo final una escoria y, eventualmente, otros residuos sólidos que más adelante expondremos, que no tienen las propiedades tóxicas y peligrosas del residuo inicial aunque es recomendable que se eliminen en un depósito de seguridad.

6.1. Tratamiento físico-químico

6.1.1. Residuos ácidos y alcalinos

Constituyen una modalidad de residuos que se originan en multitud de procesos industriales, siendo el más representativo de éstos el de tratamiento de las superficies metálicas.

Tanto para los ácidos como para los alcalinos, el proceso de tratamiento más eficaz es su neutralización, precipitando como consecuencia de esta reacción elemental la sal correspondiente al ácido y al metal que intervienen en la misma.

Es frecuente que esta reacción se vea inhibida por la presencia de algún metal pesado, en cuyo caso es preciso conseguir que éste precipite antes de iniciar la reacción de neutralización, siendo necesario para ello un tratamiento previo de floculación con cloruro de hierro, sulfato de alúmina, sulfato de hierro o polielectrolitos.

También es frecuente utilizar residuos ácidos para neutralizar los residuos alcalinos y viceversa.

6.1.2. Residuos cianurados

Las sales del ácido cianhídrico, es decir, los cianuros, son compuestos que se utilizan frecuentemente en los procesos electrolíticos, siendo un ejemplo típico dentro de las actividades industriales, los procesos de galvanización. Son todas ellas altamente tóxicas, lo que justifica sobradamente que se tomen todas las medidas posibles para lograr su correcta eliminación a fin de evitar daños a la salud humana y a los recursos naturales.

Existen dos procedimientos de tratamiento de los cianuros que se exponen a continuación:

El primero consiste en la oxidación con hipoclorito sódico en medio fuertemente alcalino ($11 < \text{pH} < 12$), que evite la formación de ácido cianhídrico, dado el carácter altamente tóxico de este gas. Como consecuencia de esta reacción se descompone el radical cianuro en dióxido de carbono y nitrógeno y se forma una sal de cloro. El proceso teórico es el siguiente:



El segundo procedimiento consiste en tratar el cianuro en un medio fuertemente ácido que libere ácido cianhídrico y a continuación se oxida éste por combustión, formando, igual que en el caso anterior, dióxido de carbono y nitrógeno. La primera reacción, esto es, la de formación del ácido cianhídrico, se realiza en el interior de una columna

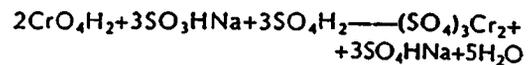
o campana herméticamente cerrada que evite la dispersión de este gas.



6.1.3. Residuos de cromo hexavalente

Los procedimientos de eliminación del cromo hexavalente se basan en la reducción de éste a cromo trivalente, utilizándose generalmente como compuesto reductor el bisulfito sódico, resultando hidróxidos y sales metálicas que se separan por filtración.

La reacción que se produce es la siguiente:



6.1.4. Residuos de taladrinas y mezclas aceitosas

Los denominados aceites de corte, utilizados en la refrigeración de las herramientas de corte de piezas metálicas tales como taladradoras, fresadoras, tornos, etc., son mezclas estables de aceite mineral y agua o emulsiones aceitosas con otros aditivos en las que la proporción de aceite respecto al total de la mezcla rara vez excede del 5%.

Su tratamiento consiste en la separación del aceite del agua mediante la rotura de la emulsión o de la mezcla, consiguiéndose un aceite, útil para la fabricación de nuevas taladrinas, y un residuo acuoso con impurezas, que se somete a un tratamiento posterior de decantación y filtración.

Otro procedimiento aplicable, cuando en la instalación de tratamiento se dispone de una incineradora, es el de aprovechar el calor de los gases de salida de la incineradora para evaporar la fracción acuosa de la emulsión y, una vez conseguida esta separación, introducir el resto de aceite en la incineradora, para su combustión.

6.2. Incineración de residuos tóxicos y peligrosos

La incineración de un residuo es en todos los casos un proceso de combustión controlada en la que se produce una reacción química entre el residuo y el oxígeno atmosférico, liberándose unos gases y unas cenizas que no revisten el carácter tóxico y peligroso del residuo inicial, bien por su propia naturaleza o bien por la aplicación de un tratamiento posterior de los gases, de las cenizas o de ambos.

Es un procedimiento que se utiliza cuando, por la composición del residuo no es aplicable ningún procedimiento físico-químico para su tratamiento, pues las instalaciones de incineración son muy costosas, tanto de construcción como de explotación, si se comparan con las plantas de tratamiento físico-químico.

En esencia, una incineradora de residuos tóxicos y peligrosos consta de un horno de combustión, unas instalaciones de carga, unas instalaciones de postcombustión y unos dispositivos de seguridad y control del proceso.

Cada una de estas instalaciones están concebidas y diseñadas en función del tipo de residuos que se quiera tratar, pues aunque hay quien dice que existen incineradoras

capaces de tratar cualquier tipo de residuo, lo cierto es que ninguna de las que se encuentra en funcionamiento permite esta posibilidad.

La razón de esto es elemental si se tiene en cuenta que los residuos pueden presentarse de muy diversas formas, sólidos, pastosos, líquidos, etc. y que cada uno debe incorporarse al horno de una determinada manera. Así por ejemplo, para la incorporación al horno de un residuo sólido, no se puede utilizar el mismo procedimiento si éste es pulverulento que si es voluminoso.

Hay que tener en cuenta también que la temperatura de combustión es distinta para cada residuo, por lo que el dimensionamiento de las cámaras del horno y de sus reactarios constituye también un factor limitante del tipo de residuos que puede aceptar.

Por último, si se tiene en consideración que cada residuo requiere un tiempo mínimo de permanencia y genera un determinado tipo de gases y cenizas, se llega fácilmente a la conclusión de que las instalaciones de postcombustión también habrán de ser distintas según el tipo de residuo.

En definitiva, si existiera una incineradora capaz de tratar cualquier tipo de residuo, debería estar dotada de todos los mecanismos y dispositivos que permitieran cumplir su función, lo que, en caso de existir, tendría un coste tan alto que perdería todo su interés funcional.

Generalmente, la incineración de residuos industriales plantea en la actualidad con recuperación del calor para su aprovechamiento con diversos fines. Estos pueden ser suministrar calor antes de la combustión de los residuos, para conseguir un precalentamiento que permita mejorar el rendimiento del conjunto, aprovechar el calor con fines energéticos de autoconsumo, para su utilización en otros procesos de la propia incineradora o de otras instalaciones de tratamiento asociadas a ésta, como suele ser una planta de tratamiento físico-químico, o aprovechar el calor para consumo fuera de la instalación, bien en forma de vapor o de electricidad.

Otra modalidad de tratamiento, similar a la incineración en sus resultados, aunque basada en planteamientos muy diferentes, es el tratamiento mediante arco de plasma, que consiste en producir un arco eléctrico en un recinto cerrado en el que previamente se ha introducido el residuo que se quiere tratar.

Este, como consecuencia de la energía captada, libera los enlaces moleculares, dando lugar a un estado de

la materia denominado plasma, en el que se encuentran libres todos los átomos que componen el residuo, lo que permite hacerlos reaccionar nuevamente entre sí formando compuestos simples que hayan perdido el carácter tóxico y peligroso inicial.

6.3. Depósitos de seguridad

Una vez tratado un residuo tóxico o peligroso por cualquiera de los procedimientos anteriormente descritos queda un producto sólido y estable al que es necesario dar un alojamiento definitivo. También hay otros residuos para los que, con las tecnologías actuales, no existe ninguna posibilidad eficaz de tratamiento conocida que permita hacerlos perder su naturaleza tóxica y peligrosa, que también deben tener un destino en el que esta circunstancia no sea un motivo de peligro para la salud de la población o para los recursos naturales.

El destino de estos residuos, tanto de unos como de otros, es un depósito de seguridad de residuos tóxicos y peligrosos que es, en definitiva una instalación en la que se depositan éstos con las máximas garantías de seguridad que abarcan tanto su construcción como su explotación.

Como quiera que tendremos ocasión en este mismo curso de examinar los depósitos de seguridad de residuos industriales desde el punto de vista de su impacto ambiental, nos limitaremos ahora a decir que éstos son unos depósitos terminales en los que se alojan los residuos de tal manera que pueden quedar allí indefinidamente sin que representen un riesgo para el medio ambiente, o incluso, pueden ser posteriormente utilizados, si en el futuro se investigan y ponen en práctica métodos que permitan su recuperación y aprovechamiento como materias primas.

Un ejemplo podrían ser los metales pesados, que son productos tóxicos y peligrosos pero también productos escasos y necesarios para numerosas aplicaciones. Sería cuestión de plantear la recuperación de los que se encuentran almacenados en los depósitos de seguridad y evitar la utilización de otros obtenidos de primera extracción. Sin embargo, es el mercado y las incongruencias de una sociedad de consumo quienes por el momento no han permitido materializar este tipo de prácticas. Nos queda pensar, hasta qué nivel ha de llegar la contaminación para que estas iniciativas cobren realidad.

BIBLIOGRAFIA

Programa Coordinado de Actuación de Residuos Industriales (P.C.A.R.I.). Comunidad de Madrid (1987).

Programa Coordinado de Actuación de Residuos Sólidos Urbanos (P.C.A.R.S.U.). Comunidad de Madrid (1987).

Chemical Engineering

Energía de Madrid (SERMASA)

Ingeniería química

Química hoy

Tecno Ambiente

RUIDOS

Cadarso González, Francisco (*)

RESUMEN

El ruido puede definirse como un sonido no deseado. La realidad es una mezcla de sonidos que producen una sensación desagradable. Habitualmente se mide en decibelios (A). Un concepto muy utilizado para comparar ruidos, es el de nivel de presión acústica equivalente L_{eq} . Para medir el ruido se utilizan sonómetros, a veces provistos de registradores.

Las zonas urbanas de los países industrializados son las principales víctimas del ruido. El transporte por carretera, ferrocarril y el sobrevuelo de aeronaves son los principales culpables.

El ruido puede tener importantes repercusiones negativas sobre la salud. Produce trastornos neurovegetativos tales como taquicardia, hipertensión o perturbación del sueño. La exposición prolongada a niveles de ruido elevados puede producir la sordera permanente.

La lucha contra el ruido puede abordarse en tres frentes distintos:

- La actuación sobre las fuentes sonoras, tratando de que produzcan menos ruido. Esto puede lograrse con normativa, con avances tecnológicos o sensibilizando a la población.
- La actuación sobre la propagación, dificultando su transmisión. Un ejemplo típico de esto, son las pantallas acústicas a lo largo de las vías de transporte.
- La actuación sobre el medio receptor, protegiéndolo frente al ruido, como es el caso de la insonorización de edificios.

Palabras clave: Ruido, Decibelio, Nivel sonoro equivalente, Transporte, Trastornos de la salud, Sensibilización, Pantallas acústicas, Insonorización.

EL CONCEPTO DE RUIDO

Algunas definiciones de ruido

Quizás la definición más elemental, pero también la expresiva del ruido, es aquella que lo califica como «sonido no deseado».

Realmente el ruido es una mezcla de sonidos molestos, frecuencias muy diversas, siendo el sonido, desde el punto de vista físico, una alteración mecánica que se produce en forma de movimiento ondulatorio a través del aire o medio elástico. Es decir, el sonido tiene su origen en

las vibraciones mecánicas de la materia, de tal forma que una fuente sonora, es un sólido en vibración que arrastra las partículas de aire en contacto, dando lugar a depresiones y sobrepresiones de forma alternativa, generando ondas de presión que se propagan con movimiento ondulatorio en todas las direcciones del foco.

1.2. Formas de ruido

Cuando los niveles de presión acústica varían dentro de pequeños márgenes, se dice que se trata de un ruido estacionario o continuo. El ejemplo más típico es el de un ruido ambiental de fondo.

Cuando los niveles de presión acústica varían de forma aleatoria con el tiempo, estamos en presencia de un ruido fluctuante. Es el caso del ruido producido por el tráfico rodado.

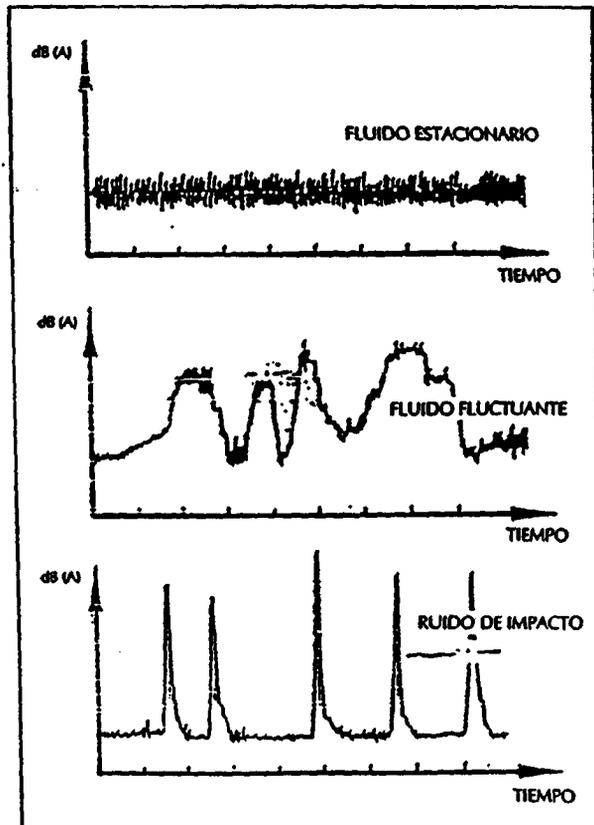


Figura 1. Ruido producido por un martillo pilón.

Cuando se producen incrementos bruscos y de corta duración de la presión acústica, se trata de un ruido de impacto. Un ejemplo de éste sería el ruido producido por un martillo pilón.

1.3. La medida del ruido

Los niveles de presión acústica se miden en decibelios siendo la definición del decibelio la siguiente:

$$1 \text{ dB} = \frac{\text{nivel de presión acústica de un sonido}}{\text{presión acústica de un sonido de referencia}}$$

es decir que una variación geométrica de la presión del sonido se traduce en un aumento aritmético del nivel de dB. Así por ejemplo, un incremento de 10 dB corresponde a una percepción del doble de ruido.

Dos ruidos pueden tener un nivel de presión sonora similar para una distribución de frecuencias completamente diferente, por lo que uno puede ser más molesto que otro, en particular cuanto mayor sea su componente en altas frecuencias.

Con el fin de tener en cuenta el diferente comportamiento del oído humano frente a un ruido, en función de su espectro de frecuencias, se introdujo en la medida del ruido el concepto de Curva Standard de Ponderación. Estas curvas actúan como filtros selectivos discriminando el peso relativo de cada frecuencia.



Foto 1. Medición de ruido urbano mediante sonómetro dotado de registrador.

La que más se parece al comportamiento del oído es la A, que atenúa las frecuencias por debajo de los 1.000 Hz.

Las medidas de ruido obtenidas aplicando la escala A de ponderación se expresan en dB (A), que suelen ser la unidad de medida habitualmente utilizada en los estudios de acústica.

Para la medida del ruido se utilizan diferentes equipos, siendo los más frecuentes los sonómetros. Estos aparatos consisten fundamentalmente en un micrófono que transforma la presión sonora en una señal eléctrica, amplificada posteriormente hasta valores detectables y modulada con la curva de ponderación (A) para que la señal tenga una relación con la sensación auditiva. La señal, tras pasar por un circuito integrador, activa un indicador digital que muestra el valor de la presión sonora.

Los sonómetros pueden completarse con un registrador gráfico portátil.

También se utilizan para la medida del ruido los dosímetros, cuando se quiere evaluar el riesgo causado por la exposición al ruido durante un período de tiempo.

Un concepto muy útil es el de nivel de presión acústica equivalente Leq que se utiliza cada vez más. Es el nivel de ruido constante que en el mismo intervalo de tiempo, contiene la misma energía total que el ruido fluctuante que se ha medido, es decir es una integración de la energía contenida en el ruido.

2. EL PROBLEMA DE LA CONTAMINACION ACUSTICA

2.1. Las dimensiones del problema

En el curso de los últimos veinte años, los niveles sonoros a que está sometido el ciudadano, especialmente aquellos que viven en los grandes núcleos urbanos, han ido creciendo continuamente como consecuencia del desarrollo económico y social hasta alcanzar, en numerosas ocasiones, valores considerados como no aceptables, con el consiguiente deterioro de su calidad de vida.

En octubre de 1987 el Consejo de las Comunidades Europeas acordó que: «La lucha contra las molestias acústicas es uno de los sectores prioritarios que debe centrar la actividad comunitaria». Asimismo, en el Cuarto Programa de la C.E.E. en materia de Medio Ambiente (1987-1992), se pedía a los Estados miembros un esfuerzo de sensibilización en la materia, señalando que: «El ruido sigue siendo un problema medioambiental que afecta periódicamente a todos los ciudadanos comunitarios y que, según las encuestas de opinión pública, es de capital importancia» (1).

Según un informe de la OCDE de 1986, en las últimas décadas ha aumentado especialmente la contaminación acústica, fundamentalmente por el desarrollo de los medios de transporte, ya que, la circulación de automóviles se triplicó en sus países miembros entre 1960 y 1985 y el tráfico aéreo se multiplicó por diez. Se considera que 130 millones de habitantes de la OCDE se encuentran sometidos a niveles diurnos inaceptables y que otros 300 millones residen en zonas «acústicamente deficientes».

El mismo informe destaca a España como el país con más ruido ambiental del mundo después de Japón, estimándose que un 74% de la población española se encuentra sometida a niveles excesivamente altos.

Numerosas previsiones indican que en ausencia de políticas más decididas que las actualmente en vigor, la población expuesta a más de 65 dB(A) (límite máximo de aceptabilidad propuesto por la OCDE), aumentará significativamente de aquí al año 2000.

2.2. Impacto de la contaminación acústica en la Comunidad Europea

En los más recientes informes sobre el Estado del Medio Ambiente, en Europa, se refleja un aumento de la sensibilidad de la población sobre el problema del ruido en los últimos años, atribuyendo este aumento al tráfico rodado (un 20% entre 1973 y 1981).

Inglaterra fue uno de los primeros países donde se evaluó la forma en que el ruido afectaba a la población. Un sondeo realizado en 1986, determinó que un 65% de los habitantes de Londres estaban insatisfechos con su lugar de vivienda, y que un elevado porcentaje de ellos señalaban al ruido como la mayor fuente de la mencionada insatisfacción.

Asimismo, el número de denuncias por ruido ante instancias públicas se duplicó en Inglaterra entre 1975 y 1985.

En Francia, según datos del Ministerio de Medio Ambiente, el ruido es la mayor molestia que sufren los franceses (un 56% en las encuestas), por delante de la contaminación atmosférica (un 24%). Los organismos públicos, reciben cada año más de 100.000 denuncias por ruido.

En la Región d'Ile de France (2), el tráfico rodado y especialmente el tráfico de vehículos pesados constituye la fuente más importante de ruido, seguido del tráfico de vehículos particulares. Asimismo, se estima en la región, en cerca de 200.000 el número de personas afectadas por el ruido provocado por el tráfico en las vías rápidas, siendo imputable al bulevar periférico de París aproximadamente la afcción a 100.000 personas.

En Italia, según datos del Servicio de Información del Senado, la contaminación acústica está alcanzando en las áreas urbanas tal magnitud, que empieza a ser considerada como un grave riesgo para la calidad de vida. En una encuesta en 1982 sobre la situación social del país, el 31,6% de los italianos entrevistados señalaba el ruido como el mayor factor de molestia en el terreno ambiental.

En la ciudad de Roma (2), las investigaciones realizadas de ruido existente, han demostrado que éste es función del volumen de tráfico rodado, de la velocidad de los vehículos y de las características urbanísticas de las zonas examinadas. Asimismo, se ha determinado que en el 94% de las zonas investigadas se supera el límite de 65 dB(A) y que en el 85,9% de las mismas se ha superado, durante el período nocturno, el límite de 55 dB(A).

En la antigua República Federal Alemana, más de la mitad de los ciudadanos están afectados por un «ruido total» de más de 55 dB(A), siendo los niveles existentes en las grandes ciudades superiores en 5 dB(A) a dicho promedio (2).

Asimismo, en la Memoria Anual de 1987 de la Oficina Federal del Medio Ambiente, se destaca que «las encuestas muestran en forma cada vez más evidente, que entre todos los trastornos ambientales, el ruido es uno de los más importantes para el ciudadano». La misma fuente informó que desde 1960 el ruido de tráfico está suponiendo una importante carga ambiental en los centros urbanos y que ha servido como elemento decisorio para que un 15% de la población se traslade a zonas suburbanas de residencia.

2.3. Impacto del ruido en España

En el «Estudio de reconocimiento de la problemática medioambiental de los municipios españoles» (3), se constató la importancia de las quejas por ruido en las localidades de más de 20.000 habitantes. Lógicamente, Madrid, Cataluña y Euskadi reflejan el mayor número de denuncias y quejas, la mayor parte de las cuales se refieren a ruidos provocados por locales públicos y centros de diversión.

La Oficina del Defensor del Pueblo, en su informe de 1988, también se ha hecho eco del importante número de denuncias recibidas que tienen su origen en perturbaciones acústicas, atribuyéndolas principalmente a la ausencia de una normativa moderna y al incumplimiento de la existente.

Especial interés tiene el estudio publicado por el Centro de Estudios de Ordenación del Territorio y Medio Ambiente (CEOTMA) en 1982 sobre la calidad de vida en España, en el que el ruido aparece como uno de los problemas más importantes, tanto en núcleos urbanos como rurales, citado por el 39,8% de los encuestados y por delante de otros tipos de contaminación y deficiencias en infraestructuras.

En los datos facilitados por el área de Sanidad del Ayuntamiento de Barcelona, puede constatarse que el ruido se sitúa en tercer lugar entre las molestias que la vida en la ciudad causa.

Del análisis del mapa sónico de la ciudad, se puede considerar que un 52,6% de la superficie analizada acústicamente, la que está por debajo de 65 dB(A), tiene unos niveles «aceptables» mientras que el 47,4% restante tiene unos niveles entre 65 y 85 dB(A) que sería conveniente reducir (4).

Otras ciudades españolas, presentan problemáticas similares, así en la ciudad de Zaragoza, de los resultados correspondientes a 679 puntos estudiados en el casco urbano (5), se pueden obtener las siguientes conclusiones:

- En el 67,90% de los puntos estudiados durante el día, se han obtenido niveles Leq entre 60 y 75 dB(A), este porcentaje se reduce al 22,63% en el período nocturno.
- En el 29,87% de los puntos, el Leq dB(A) resulta ser inferior a 60 dB(A) durante el período diurno, porcentaje que aumenta en el período nocturno a 86,58%.

El Ayuntamiento de Madrid ha realizado, dentro del acuerdo marco firmado con el Instituto de Acústica del Consejo Superior de Investigaciones Científicas, el Mapa Acústico de Madrid capital, circunscrito a la zona interior a la vía de circunvalación M-30.

El estudio se planteó para conocer el estado actual del ruido urbano exterior, fundamentalmente en relación con el tráfico de vehículos, que se supuso debería ser la fuente de ruido más importante, análogamente a lo que ocurre en prácticamente todas las aglomeraciones urbanas, pero sin ceñirse a priori a las hipótesis de ser sólo esta fuente de ruido la predominante, por lo que, se situaron los puntos de medición para cubrir todas las áreas urbanas en estudio y no sólo en aquéllas con circulación de vehículos importante (6).

Tras un examen de las características de la ciudad, se decidió implantar una red de puntos de medida en los vértices de una cuadrícula de 250 m de lado en la parte de la ciudad densamente construida, con la posibilidad de aumentar la distancia a 500 m en las zonas menos densas o con menos vías de circulación.

De los primeros resultados obtenidos, correspondientes a 168 puntos estudiados en la primera fase del trabajo, llevada a cabo durante el año 1986, se pueden deducir, entre otras las siguientes conclusiones;

— Los niveles sonoros equivalentes Leq , obtenidos presentan, en general una buena correlación con los valores de intensidad de tráfico medidos durante las grabaciones.

— En el 63% de los puntos estudiados, se han obtenido niveles Leq , entre 65 y 75 dBA.

En el 18,5% de los puntos, el Leq (dBA) resulta ser inferior a 65.

Asimismo, en el 18,5% de los puntos, el Leq (dBA) supera el valor 75.

Si se estudian los porcentajes en una distribución de 6 escalones, resulta:

Niveles Leq (dBA) inferiores a 60	8,3%
Niveles Leq (dBA) entre 60 y 65	10,1%
Niveles Leq (dBA) entre 65 y 70	30,4%
Niveles Leq (dBA) entre 75 y 80	17,8%
Niveles Leq (dBA) superiores a 80	0,6%

2.4. Las repercusiones sanitarias

Normalmente los estudios acústicos que se realizan conllevan la integración de los efectos que sobre la salud de las personas producen.

Son numerosas las referencias a los efectos objetivos del ruido desde esta perspectiva.

Así los estudios epidemiológicos demuestran que el ruido, a partir de los 80 dBA causa la sordera profesional a los trabajadores sometidos a él, durante períodos prolongados de tiempo.

Es de todos conocida la pérdida de audición temporal que se produce cuando se está sometido a niveles de ruido excesivos durante períodos de tiempo relativamente cortos. Si la exposición al ruido se prolonga puede producirse la destrucción de las células del órgano de la audición y el desplazamiento temporal de la audición pasa a ser permanente.

Sin llegar al caso extremo de la sordera permanente, hay efectos típicos de la exposición al ruido como es el

stress, que se manifiesta a través de trastornos neurovegetativos que se producen al no poder superar determinadas tensiones y que se manifiestan al activar el ruido la descarga de adrenalina. Entre estos trastornos se pueden señalar: la taquicardia, la subida de tensión arterial, la vasoconstricción periférica, la perturbación del sueño, etc.

En relación con los efectos del ruido sobre el sueño, es curioso constatar cómo se producen situaciones de hábito al ruido de forma que niveles altos habituales no nos despiertan (por ej., el caso de la población residente junto a una vía de tren) y, sin embargo, niveles bajos episódicos si nos despiertan (por ej. el llanto de un bebé).

Otro efecto notable de la exposición al ruido es el relativo a la modificación del comportamiento. Concretamente en la Comunidad de Madrid, se están llevando a cabo estudios en colaboración entre la Agencia de Medio Ambiente y el Instituto de Acústica del CSIC, sobre los efectos producidos en el rendimiento académico y en la comunicación de la población escolar de colegios especialmente víctimas del ruido, como es el caso de diversos centros escolares situados en Torrejón de Ardoz, sometidos al sobrevuelo de aeronaves y al tráfico de vehículos de la carretera N-II.

Hasta aquí se han señalado manifestaciones del ruido como problema netamente urbano, pero en zonas no urbanas, habría que destacar las repercusiones ecológicas del ruido y su incidencia sobre la fauna, siendo el caso más típico el de las zonas atravesadas por vías de comunicación de intenso tráfico y/o sobrevoladas por aeronaves.

Ni que decir tiene que gran parte de estos efectos negativos, inciden desfavorablemente sobre la actividad económica por costes asociados al aumento de accidentes, a la disminución de productividad, el absentismo laboral y la pérdida de valor, especialmente como residencia, de aquellos edificios expuestos al ruido.

3. MEDIDAS DE LUCHA CONTRA EL RUIDO

Las medidas de lucha contra el ruido pueden clasificarse en tres categorías:

3.1. La actuación sobre la fuente sonora, disminuyendo el ruido en su origen

En cuanto a disminución del ruido en su origen, un tipo de acción básico es el de la normativa que limite los niveles sonoros.

En este sentido, la CEE ha sido especialmente prolifera en lo relativo a los niveles de emisión de vehículos, aparatos domésticos o máquinas industriales, pero sin embargo prácticamente nada está regulado en cuanto a niveles de inmisión, que en definitiva son los que revelan la calidad de vida del entorno ambiental.

Otra forma fundamental de lucha contra el ruido en su origen, es la realización de campañas de sensibilización de la población, de manera a intentar que todos seamos menos ruidosos, o mejor que nuestras pautas cotidianas de actividad tiendan a disminuir la generación de ruido. Estas campañas deben incluir tanto la información sobre los perjuicios que causa el ruido como la propuesta de hábitos sociales menos productores de ruido, especialmente en lo relativo a la utilización masiva e indiscriminada del auto-

móvil privado, particularmente en las zonas urbanas congestionadas.

Asimismo la lucha contra el ruido en su origen tiene un importante frente: la adopción de medidas en la fase de planeamiento. En este aspecto son los planes de ordenación urbana los que pueden contribuir eficazmente, estudiando los trazados del viario, los tipos de pavimento, la especialización funcional de las vías, la distancia a los edificios, etc.

3.2. La actuación sobre la propagación del ruido dificultando su transmisión

Esto se puede conseguir fundamentalmente interponiendo obstáculos o aumentando la distancia a la fuente sonora.

Las actuaciones típicas en este sentido, son las relativas a las vías de comunicación (ferrocarriles o carreteras).

Una solución eficaz consiste en ubicar la vía en trinchera, o bien construir diques longitudinales de tierra, lo que equivale a disponer barreras acústicas.

Una variante de estas últimas son las pantallas artificiales, cuyas dimensiones (longitud y altura) han de estudiarse en función de la amplitud de la zona a proteger y de la altura de los edificios.

Las barreras deben instalarse lo más cerca posible del borde de la calzada, si bien por razones de seguridad no deberían estar a menos de 2 m del borde de la plataforma.

Las barreras acústicas suelen plantear problemas de integración en el paisaje, ya sea éste urbano o rural y pueden producir sensación de «aislamiento» o de «confinamiento» a quienes las perciben, especialmente desde los edificios protegidos. Para paliar estos inconvenientes sin

renunciar a su utilidad desde el punto de vista acústico y ambiental, se puede recurrir a una gran diversidad de materiales de construcción que junto con las posibilidades de diseño (color, textura, variedad de formas, etc.) permiten alcanzar condiciones estéticas aceptables o incluso bellas.

Como materiales son frecuentes los prefabricados de cemento y los paneles metálicos de aluminio o chapa galvanizada rellenos o no con materiales absorbentes. También se utiliza el vidrio y la madera. Es obvio que la nobleza de los materiales utilizados mejora la estética, pero habida cuenta de las grandes longitudes de barrera necesarias, pueden resultar prohibitivos.

Una barrera económica puede ser la constituida por plantaciones, si bien para que sean acústicamente eficaces, se requieren al menos, entre 50 y 100 m de ancho de zona arbolada. Estas barreras presentan la ventaja adicional de su estética y de ocultar en parte, la visión de la carretera desde los edificios colindantes.

El umbral de rentabilidad de una pantalla acústica suele estimarse para una atenuación de al menos 10 dB(A) en los edificios próximos. Por último, hay que señalar la necesidad de basar todo proyecto de barrera artificial en estudios de acústica previos, ya que incluso puede ocurrir que una barrera inadecuada produzca más perjuicios que beneficios, si actúa como pantalla reflectora y envía el ruido hacia edificios que, antes de ser construida la barrera, no la recibían.

3.3. La actuación sobre el medio receptor

La actuación típica en este sentido es la insonorización de edificios. Para ello es habitual la instalación de doble ventana o doble acristalamiento y el aislamiento acústico de paredes y techos mediante la utilización de paneles prefabricados con un alma absorbente.



Foto 2.. Pantalla acústica de bloques de hormigón prefabricado (Austria).

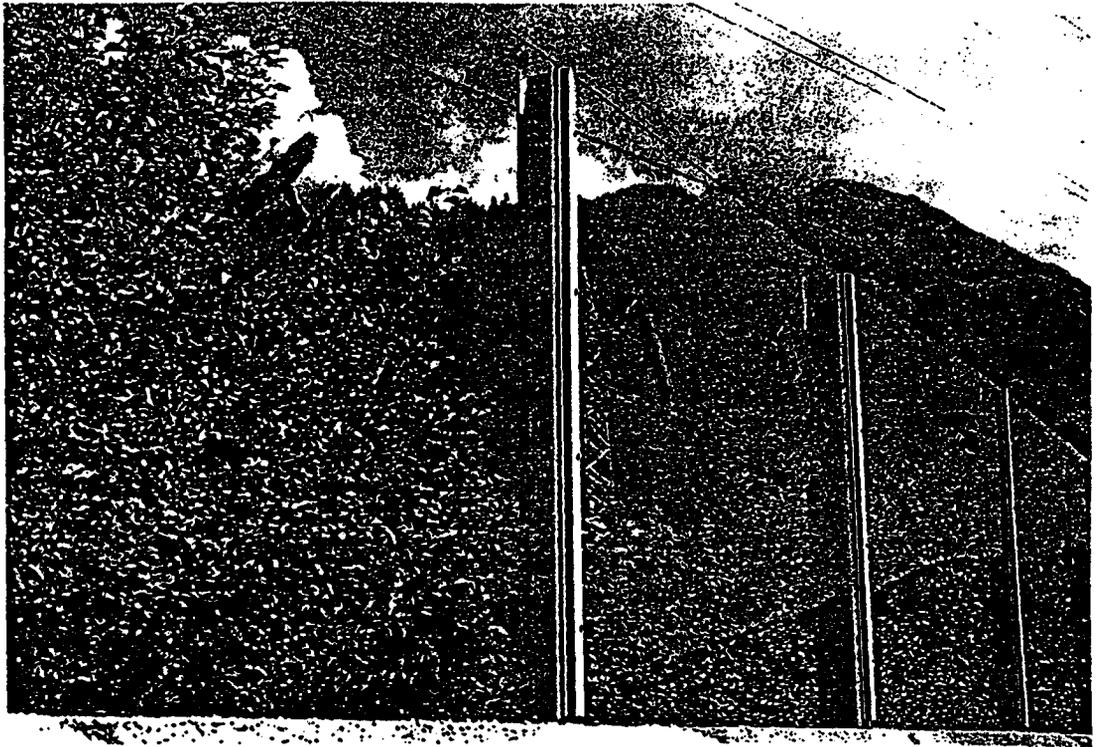


Foto 3. Pantalla acústica de vidrio con siluetas de pájaros (Austria).

Este tipo de operaciones ha de estudiarse cuidadosamente con el fin de evitar la existencia de «puentes acústicos» o vías de libre propagación del ruido debido a una disposición incorrecta de los materiales de aislamiento.

Es importante señalar que la observancia de las directrices contenidas en la Norma Básica de la Edificación —NBE CA 82 del MOPU— permitiría que los niveles de

ruido continuo equivalente (L_{eq}) en el interior de los edificios durante un período de tiempo representativo de 24 horas, no sobrepasen los 60 dB(A). Unos valores recomendables para el interior de los edificios, de los niveles de inmisión sonora serían entre 30 y 50 dB(A) L_{eq} , durante las horas diurnas (8-22 horas) y entre 25 y 40 dB(A) L_{eq} durante las horas nocturnas (22-8 horas).

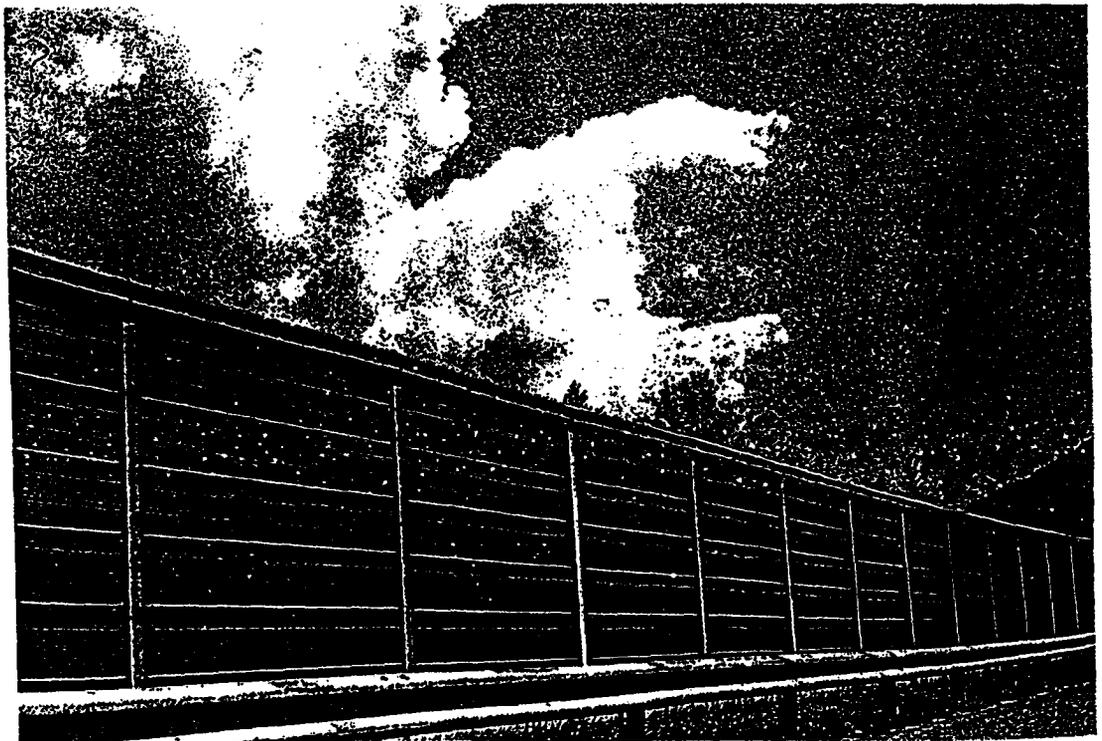


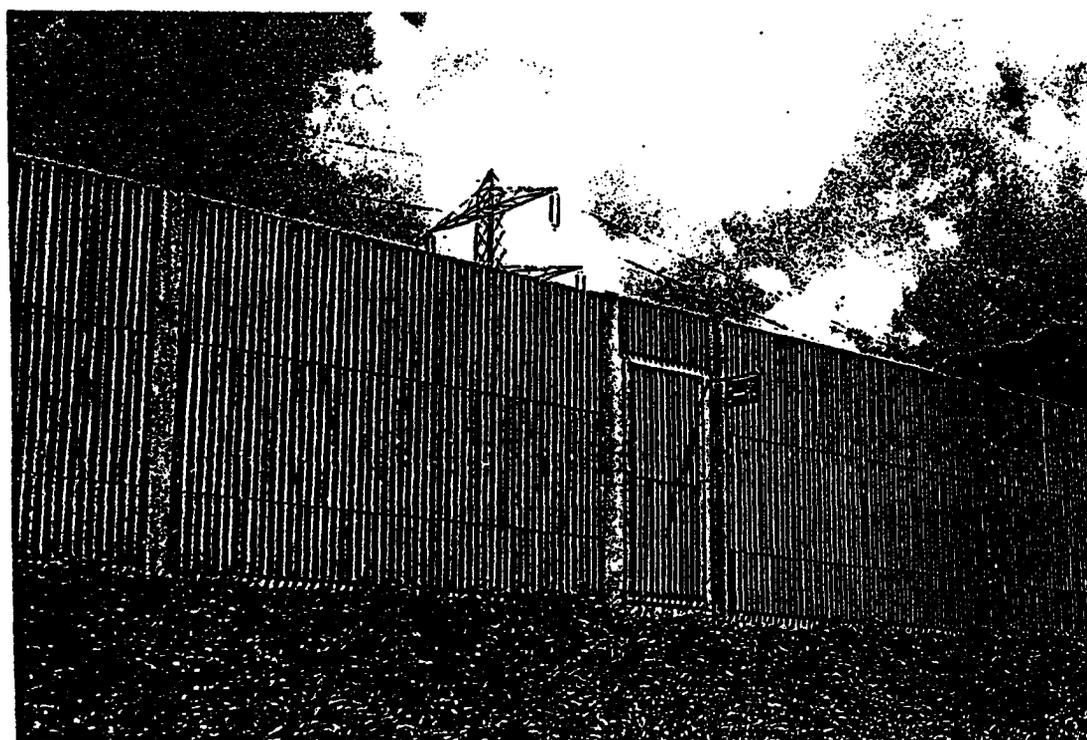
Foto 4. Pantalla acústica de paneles metálicos imitando madera (Austria).

REFERENCIAS

- (1) Comisión de las Comunidades Europeas (1988): *Encuesta sobre el estado del Medio Ambiente 1988*.
- (2) Unión de Regiones Capitales de la Comunidad Europea (URCEE) (1988): *Informe sobre el Medio Ambiente 1988*.
- (3) Federación Española de Municipios: *Estudio de reconocimiento de la problemática medioambiental de los municipios españoles*.
- (4) RUEDA, S. (1989): Proyectos para el control y la disminución de la contaminación acústica en una gran ciudad: Experiencias y prácticas en Barcelona. *Jornadas Nacionales de Acústica*. Zaragoza 1989.
- (5) IBAÑEZ MARRUEDO, A. (1989): Mapa Sónico de Zaragoza. *Jornadas Nacionales de Acústica*. Zaragoza 1989.
- (6) SANTIAGO PÉREZ, J.S. (1988): Mapa acústico de Madrid. *II Jornadas de Protección del Medio Ambiente Atmosférico*. Ayuntamiento de Madrid 1988.

BIBLIOGRAFIA SOBRE RUIDO

- BRUEL Y KJAER IBERICA, S.A. (Arturo Soria, 104. Madrid): *La medida del sonido*.
- BRUEL Y KJAER IBERICA, S.A. (Arturo Soria, 104. Madrid): *Control del ruido industrial y pruebas de audición*.
- BRUEL Y KJAER IBERICA, S.A. (Arturo Soria, 104. Madrid): *Medidas Ambientales*.
- HARRIS, C. M. (1977): *Manual para el control del ruido*. Instituto de Estudios de Administración Local. Madrid.
- Jornadas Nacionales de Acústica (1989): *Ponencias y Comunicaciones*. Ayuntamiento de Zaragoza. Zaragoza 24-28 de abril.
- LABAJO VALDES, J. (1989): *Sonidos Urbanos*. Montena Aula D.L. Madrid.
- MOCH, A. (1986): *Los efectos del ruido: desde la vida fetal a la adolescencia*. Planeta Barcelona.
- RUZA, F. (1987): Historias para no dormir. *Revista MOPU*, Nº de junio.
- SANZ SA, J.M. (1987): *El ruido*. Unidades Temáticas Ambientales. M.O.P.U. Madrid.



Fotos 5. Pantalla acústica de paneles metálicos imitando madera. Detalle de puerta de emergencia (Austria).



V. PROBLEMAS
ESPECIFICOS
DE PROYECTOS
SOMETIDOS
A EVALUACION
DE IMPACTO
AMBIENTAL



Térmica (La Robla, León). (Foto: E. Gallego)

INDUSTRIAS QUIMICAS, PETROQUIMICAS Y SIDERURGICAS

Puig Mediavilla, José María (*)

RESUMEN

Se expone el esquema básico que ha de tener un estudio de Impacto Ambiental de las siguientes actividades:

- Refinerías de petróleo.
- Química orgánica y petroquímica.
- Química inorgánica.
- Siderurgia.

Igualmente se indican los principales procesos, contaminantes y medidas correctoras de dichas actividades.

Palabras clave: Evaluación de Impacto Ambiental, Refinerías de Petróleo, Industrias Químicas, Industrias Petroquímicas, Siderurgia.

0. INTRODUCCION

Dentro del curso organizado por el ITGE sobre Evaluación y Corrección de Impactos Ambientales, me corresponde exponer la problemática específica de determinadas actividades sometidas a evaluación de Impacto. En concreto «Industrias Químicas, Petroquímicas y Siderúrgicas».

En el Anexo 2 del Reglamento para la Ejecución del Real Decreto Legislativo 1302/86 de 28 de junio, de Evaluación de Impacto Ambiental (R.D. 1131/88 de 30 de septiembre) se establece que estarán sometidas a evaluación de impacto, entre otras, las siguientes actividades:

- Refinerías de petróleo bruto (con la exclusión de las empresas que produzcan únicamente lubricantes a partir del petróleo bruto), así como las instalaciones de gasificación y licuefacción de, al menos, 500 toneladas de carbón de esquistos bituminosos al día.
- Plantas siderúrgicas integrales.
- Instalaciones químicas integradas: A los efectos del presente Reglamento, se entenderá la integración, como la de aquellas Empresas que comienzan en la materia prima bruta o en productos químicos intermedios y su producto final es cualquier producto químico susceptible de utilización posterior comercial o de integración en un nuevo proceso de elaboración. Cuando la instalación química integrada pretenda ubicarse en una localización determinada en la que ya exista un conjunto de plantas químicas, quedará sujeta al presente Real Decreto si el producto o los productos químicos que pre-

tenda fabricar están clasificados como tóxicos o peligrosos, según la regulación que a tal efecto recoge el Reglamento sobre declaración de sustancias nuevas, clasificación, etiquetado y envasado de sustancias peligrosas (R.D. 2216/ 1985, de 28 de octubre).

Si esta definición se interpreta de forma estricta, prácticamente toda industria química que cumpliera las últimas características estará sometida a Evaluación, puesto que todas ellas utilizan productos químicos que se integran en varios procesos. A nivel general, se podría considerar que son sólo aquellas que a lo largo de la fabricación producen productos para otras industrias, lo cual sin duda reduce el abanico de proyectos sometidos a evaluación.

Evidentemente, el desarrollo con detalle de estas actividades en cuanto a procesos, productos, afecciones, medidas correctoras, etc., requeriría una extensión que superaría ampliamente los objetivos del curso, por lo que a continuación se exponen, de una forma resumida, y con la estructura típica de un estudio de Impacto Ambiental los principales conceptos a tener en cuenta, especificando los principales contaminantes que se pueden producir, así como sus factores de emisión estándar y las medidas correctoras más comunes de las actividades señaladas.

1. DEFINICION DEL AMBITO DE ESTUDIO

- 1.1. Ambito de la actividad principal
- 1.2. Ambito de las actividades asociadas

2. DESCRIPCION DEL PROYECTO Y SUS ALTERNATIVAS

- 2.1. Descripción general de la actividad
- 2.2. Normativa de aplicación. Condicionantes ambientales
- 2.3. Relación con los planes existentes
 - Planes regionales.
 - Planes autonómicos o locales.
 - Planes territoriales.
 - Planes sectoriales.
 - Otros.

(*) Químico Industrial. Proyectos Medio Ambientales, S.A. (PROMASA). C/ Arturo Soria nº 136. 28043 Madrid.



TABLA 1
PROCESOS Y FACTORES DE EMISION DE LOS DISTINTOS CONTAMINANTES ATMOSFERICOS
(REFINO DE PETROLEO)

Contaminante	Proceso	Factores de emisión de medios	
		Combustible kg/m ³	Alimentación, kg/m ³
SO ₂	Calderas, hornos de proceso, regenerador de catalizador, unidad de craqueo catalítico, antorcha de ácidos, incinerador unidad Claus, decoquizado hornos.	C.L. 19,2 S C.G. 32 S	Craqueo lecho fluido: 1,413 Craqueo lecho móvil: 0,171
Hidrocarburos	Estaciones de carga, tanques de almacenamiento, tratamiento aguas residuales, sistema purgas/antorcha, regeneradores del catalizador, empaquetaduras de válvulas, bombas y compresores, cambio de discos ciegos, torres de enfriamiento, eyectores de vacío, soplado y purga de líneas y equipos, equipo de alta presión de hidrocarburos volátiles, hornos de proceso, calderas, motores de combustión interna.	C.L. 0,4 C.G. 0,48	Craqueo lecho fluido: 0,630 Craqueo lecho móvil: 0,250
NO _x	Hornos de proceso, calderas, motores de combustión interna, regeneración de catalizadores, antorchas.	C.L. 8,3 C.G. 3,7	Craqueo lecho fluido: 0,204 Craqueo lecho móvil: 0,014
Humos y partículas sólidas	Regeneración de catalizadores, calderas, hornos de proceso, decoquizado hornos, incinerados, antorchas.	C.L. 2,4 C.G. 0,32	Craqueo lecho fluido: 0,695 Craqueo lecho móvil: 0,049
Aldehidos	Regeneración de catalizadores.	C.L. 0,071 C.G. 0,048	Craqueo lecho fluido: 0,054 Craqueo lecho móvil: 0,034
Amoníaco	Regeneración de catalizadores.	Negativo	Craqueo lecho fluido: 0,15 Craqueo lecho móvil: 0,015
Olores	Unidad de tratamiento (soplado con aire o vapor), drenajes, ventilación tanques, equipo de vacío, tratamiento de aguas residuales.	—	No cuantificable.
CO	Regeneración de catalizadores, decoquizado, motores de combustión interna, incineradores.	Negativo	Craqueo lecho fluido: 39,2 Craqueo lecho móvil: 10,8

C.L.: Combustible líquido (S: % de azufre del combustible).
C.G.: Combustible gaseoso.
Fuente: U.S. Environmental Protection Agency.

2.4. Proyectos asociados o motivados por la planta industrial

- Infraestructuras de transporte.
- Infraestructuras hidráulicas.
- Infraestructuras sociales.
- Otras.

2.5. Localización

2.6. Justificación del proyecto y soluciones adoptadas en el mismo

2.7. Descripción del proyecto

- Utilización de recursos naturales.
- Proceso.
- Sistemas de abastecimiento, tratamiento y vertidos de aguas residuales.
- Sistemas de tratamiento y eliminación de residuos.
- Plan de ejecución de obras.
- Programa de operación, mantenimiento y control.
- Plan de clausura y abandono.
- Identificación de las acciones del proyecto susceptibles de producir impacto.
- Inventario de contaminantes.
- Información gráfica (gráficos, planos, etc.).

En cuanto a los procesos productivos de estas actividades, así como sus contaminantes hay que destacar:

Refino de Petróleo

Consiste en la fabricación de diversos productos comerciales (sólidos, líquidos y gaseosos) a partir del fraccionamiento del crudo de petróleo.

En el diagrama de bloques de proceso adjunto se indican, de forma esquemática, las principales operaciones que se realizan en refinería, así como los principales productos que se obtienen (Fig. 1).

En las tablas 1, 2 y 3 se señalan los principales contaminantes atmosféricos y de aguas residuales, así como sus factores de emisión (sin medidas correctoras) y procesos productivos en los que se producen.

El principal contaminante atmosférico es el dióxido de azufre originado fundamentalmente en los procesos de combustión (hornos y calderas). En cuanto a aguas residuales los principales indicadores contaminantes son DBO₅, aceites, fenoles, amoníaco, sulfuros, molibdeno, cromo y sólidos en suspensión. El volumen de efluentes puede variar entre 500 y 2.000 m³ por 1.000 m³ de materia prima y la producción de fangos es del orden de 0,5 kg/t de crudo refinado.

Química orgánica

Se incluyen aquí los productos petroquímicos (compuestos a partir del petróleo o gas natural).

TABLA 2
CARGA CONTAMINANTE MEDIA BRUTA DE LAS AGUAS RESIDUALES DE REFINERIA

Categoría de la refinería Parámetro	1 Destilación	2 Cracking	3 Lubricantes	4 Integrada
DBO ₅	3,4	72,9	217,4	197,3
Sólidos en suspensión	11,7	18,2	71,5	58,1
Aceites y grasas	8,3	31,2	120,1	74,9
Fenoles	0,03	4,0	8,3	3,8
Amoniaco	1,2	28,3	24,1	20,5
Sulfuros	0,05	0,9	0,01	2,0
Cromo	0,007	0,3	0,05	0,5
Volúmenes de efluentes	550	770	980	1.950

Unidad: kg/1.000 m³ de materia prima procesada, excepto el volumen de efluentes, expresado en m³/1.000 m³ de materia prima procesada

1. Destilación y reforming catalítico (independiente de otros procesos). No se aplica a instalaciones que incluyan procesos térmicos o cracking catalítico.
2. Destilación y cracking, incluyan o no otros procesos, a menos que estén especificados en las categorías.
3. Refinerías que tienen unidades de destilación, cracking y aceites lubricantes, con independencia de que dispongan o no de otros procesos, excepto operaciones petroquímicas.
4. Refinerías con unidades de destilación, cracking, lubricantes y productos petroquímicos, independientemente de que dispongan de otros procesos.

Fuente: *National Petroleum Refining Waste Water Characterization Studies*.

El sector orgánico es muy complejo tanto por la variedad de procesos como de productos, por lo que nos centraremos en los más representativos desde el punto de vista de contaminación.

En las tablas 4 y 5 se indican los distintos contaminantes producidos, sin medidas correctoras, así como los procesos en los que se producen.

De esta tabla se deduce que la mayor contaminación es en las aguas (DBO₅ y DQO).

Química inorgánica

La química inorgánica es económicamente hablando muy importante dentro del sector químico; presenta una gran complejidad tanto en procesos como productos, por lo que hemos seleccionado los más representativos.

En las tablas 6 y 7 se indican los principales contaminantes producidos según procesos y productos, así como sus factores de emisión sin medidas correctoras.

Los principales contaminantes atmosféricos son SO₂ y NO_x y partículas, procedentes del propio proceso y de los combustibles utilizados.

Los principales contaminantes de las aguas son acidez, sólidos en suspensión, disueltos y metales pesados.

Siderurgia

Este sector comprende la fabricación del acero y el acabado de productos siderometalúrgicos. Las siderurgias integrales parten del mineral de hierro.

En los procesos siderúrgicos se producen emisiones contaminantes que afectan tanto a la atmósfera, como a las aguas y residuos sólidos. En la tabla 8 se indican los diversos tipos de contaminación de aguas, su procedencia y emisiones sin medidas correctoras.

Los principales contaminantes atmosféricos son: partículas, SO₂ y NO_x y en cuanto a residuos se producen escorias en el horno alto y acerías.

3. DEFINICION DE LA SITUACION PREOPERACIONAL

La descripción del medio receptor se referirá a cuatro aspectos fundamentales:

- Medio físico y biológico.
- Medio socioeconómico.
- Síntesis de las interacciones ecológicas, principalmente en lo referente a las del medio físico y biótico con el medio social.
- Valoración del inventario.

EVALUACION CUALITATIVA DE CAUDALES Y CARACTERISTICAS DE LAS AGUAS RESIDUALES GENERADAS POR LOS PROCESOS FUNDAMENTALES DE UNA REFINERIA

Proceso de producción	Caudal	DBO	DQO	Fenol	Sulfuro	Aceites	Aceites emulsión	pH	Temp.	Amoniaco	Cloruros	Acidez	Alcalinidad	Sólidos en suspensión
Almacenamiento de crudos y productos	XX	X	XXX	X		XXX	X	o	o	o		o		XX
Desalado de crudos	XX	XX	XX	X	XXX	X	XXX	X	XXX	XX	XXX	o	X	XXX
Destilación de crudos	XXX	X	X	XX	XXX	XX	XXX	X	XX	XXX	X	o	X	X
Cracking térmico	X	X	X	X	X	X		XX	XX	X	X	o	XX	X
Cracking catalítico	XXX	XX	XX	XXX	XXX	X	X	XXX	XX	XXX	X	o	XXX	X
Hidrocracking	X			XX	XX				XX	XX				
Polimerización	X	X	X	o	X	X	o	X	X	X	X	X	o	X
Alquilación	XX	X	X	o	XX	X	o	XX	X	X	XX	XX	o	XX
Isomerización	X													
Reforming	X	o	o	X	X	X	o	o	X	X	o	o	o	o
Refinado mediante disolventes	X		X	X	o		X	X	o			o	X	
Soplado del asfalto	XXX	XXX	XXX	X		XXX								
Desparafinado	X	XXX	XXX	X	o	X	o							
Hidrotratamiento	X	X	X		XX		o	XX		XX	o	o	X	o
Secado y Desmercaptanización	XXX	XXX	X	XX	o	o	X	XX	o	X	o	X	X	XX

XXX --- Contribución grande
 XX --- Contribución media
 X --- Contribución pequeña
 o --- No presenta problemas
 (o blanco) Sin datos

Fuente: Inventario Nacional de Focos Industriales Contaminadores de las Aguas y Atmosféricas. MINER

TABLA 4
PRINCIPALES CONTAMINANTES DE LA INDUSTRIA QUIMICA ORGANICA Y PETROQUIMICA

Producto y Proceso fabricación	Instalación contaminadora	Medio contaminado			
		Aire		Agua	
		Contaminante	kg/t	Contaminante	kg/t
Acetaldehído Vía Carboquímica	Columna absorción • Corriente crotonaldehído • id. linazas de id. • id. linazas hidrol.	Gases inertes		DBO ₅	7,43
				DQO SS	11,76
Vía Petroquímica Etapa simple (O ₂) Etapa doble (aire)	Efluentes lavador Vapores acetaldehído Efluentes torre dest.			DBO ₅	1,9
				DQO SO ₄ ⁼ aceites trazas catalizador	5,8 sd sd
Acido teraftálico Oxidación catalítica de p-xileno	Reactor Recuperación disolv. Efluente lavado gas Centrifuga-purificac.	Gases que se lavan		DBO ₅ DQO	6,45 10,17
Anhídrido ftálico • Oxidación o-xileno				DBO ₅ DQO	0,128 0,642
				SS	sd
• Oxidación naftaleno				DBO ₅ DQO SS	107 287 sd
Anhídrido maleico • Oxidación benceno • Sin recirculación	Decantador Deshidratador Torre fraccionamiento Tanque almacenamiento			DBO ₅ DQO	418 592
				DBO ₅ DQO	108 287
Fenol-Acetona Fenol-oxidación cumeno	Reactor hidrólisis-lavado vapor efluente			SO ₄ H ₂ [*] SO ₄ orgánicos aceites	SD 5,8 11,1
				DBO ₅ DQO id. y **	24 11,5
Acetona subproducto fenol y Deshidrogena- ción isopropanol				Isopropanol Acetona Orgán. pesados DBO ₅ DQO	sd 0,18 0,47
Oxido etileno Oxidación etileno	Extrac. etileno separador			SO ₄ ⁼ DBO ₅ DQO	sd 0,71 7,7
Plastificantes Especificación de anhídrido ftálico	Separadores fases orgánica y acuosa			DBO ₅ DQO	53,9 82,6
Oxido de propileno Vía clorhídrica	No comercializado reactor lavadores destilación			DBO ₅ DQO	29,35 143

* Emplea desfenolizador y se recircula el fenol recuperado.

** Ligeros y pesados a incineración.

Fuente: Estudio de Inversiones y Costes de la Lucha contra la Contaminación en España (AUXINI-MOPT).

TABLA 5
INDUSTRIA QUIMICA ORGANICA Y
PETROQUIMICA. CARGA RESIDUAL

Producto	Carga residual m ³ /A producto
Acetaldehido	
• Vía carboquímica	1,50
• Vía petroquímica	0,51
Acido tereftálico	6,32
Anhídrido ftálico	
• Ox. oxileno	0,59
• Ox. naftaleno	2,29
Anhídrido maleico	
• Sin recirculación	6,60
• Con recirculación	2,30
Fenol-Acetona	
• Con desfenolizador	2,33
• Sin desfenolizador (incineración)	1,37
Oxido etileno	0,15
Plastificantes	0,65
Oxido propileno	61,90

Fuente: *Estudio de Inversiones y Costes de la Lucha contra la Contaminación en España (AUXINI-MOPT).*

A continuación se especifica el contenido en cada uno de los aspectos considerados:

3.1. Medio físico y biológico

Clima

Los datos que se tendrán en consideración, tomados en las distintas estaciones meteorológicas que existan en el área, son los siguientes:

- Temperaturas anuales y mensuales: medias, máximas y mínimas y extremas; duración, período libre de heladas y amplitud térmica.
- Precipitaciones: medias mensuales, anual, máxima en 24 horas; número de días de lluvia, nieve y granizo; época de fusión de nieves.
- Vientos: Distribución y velocidad de los vientos, representándose a lo largo de los distintos períodos del año.
- Otros meteoros: número de días de sol (interesante para estimar las épocas de máxima visibilidad), nieblas y rocío, teniendo en cuenta su distribución anual y mensual.

Suelos

Enfocado este inventario al potencial productivo y aptitud de uso, y no tanto a su genética, se elaborará una car-

tografía, acompañada de su correspondiente memoria explicativa.

Geología y geomorfología

El estudio consistirá en definir las características litológicas, así como en identificar las formas de relieve, puntos de interés geológico y los procesos y riesgos que tengan lugar en el ámbito de afección de la actividad.

Hidrología superficial y subterránea

Hay que describir la caracterización hidrológica del ámbito del estudio cuantitativa y cualitativamente.

Los aspectos a analizar y las variables a inventariar en aguas superficiales son los siguientes:

- Delimitación de las cuencas que forman parte del ámbito general. Cartografía.
- Tipo y distribución de redes de drenaje y escorrentía.
- Formas de aguas superficiales que puedan verse afectadas (ríos, arroyos, lagos, lagunas, embalses, acequias, etc.).
- Regímenes de caudales, temporalidad.
- Análisis de calidad de aguas (parámetros físico-químicos y biológicos, capacidad de autodepuración, estado trófico de embalses, estratificación térmica).
- Usos del agua.

Por lo que respecta al medio marino, para instalaciones en el litoral, es necesario conocer:

- Estado de la biocenosis del entorno próximo a la instalación.
 - Estudio de la capacidad de recepción de contaminantes (dispersión y difusión turbulenta).
- En aguas subterráneas los aspectos a tener en cuenta son:
- Localización de acuíferos existentes y su extensión.
 - Caracterización de zonas de recarga y descarga.
 - Determinación de los flujos de aguas subterráneas, caudal y dirección.
 - Nivel piezométrico.
 - Balance hídrico (reservas, temporalidad, captaciones).

Para la obtención de esta información se puede recurrir a datos oficiales de las redes MOPU e ITGE de aforos y calidad de aguas, mapas temáticos, confederaciones hidrográficas, comunidades autónomas o campañas de muestras.

Medio atmosférico

Identificación de focos contaminantes, determinación analítica o recopilación de datos de redes de control de contaminación atmosférica de los principales contaminantes (SO₂, NO_x, partículas, metales, CO, CO₂, etc) y determinación de los niveles de emisión para su posterior valoración mediante modelos de predicción.

TABLA 6
CONTAMINANTES PRODUCIDOS EN LOS DISTINTOS PROCESOS DE FABRICACION. QUIMICA INORGANICA

Procesos de fabricación Productos	Instalación contaminadora	Medio contaminado					
		Aire		Agua		Residuo sólido	
		Contaminante	Factor kg/t	Contaminante	Factor kg/t	Contaminante	Factor kg/t
Acido sulfúrico Cámaras plomo Contacto Ambos procesos	Gases salida Gases salida Ventilación tanques Torre absorción Gases cola y chimenea Torre refrigeración Aguas lavado gases —pirita materia prima—	Oxidos nitrógeno Niebla ácida Dióxido azufre Dióxido azufre Nieblas ácidas	11 2 18 7-28 3-4	Arsénico Cobre Plomo Selenio Hierro Sólidos suspen. Acidez (SO ₄ H ₂)	2,8 — 0,3 — — — s.d.		
Acido nítrico	Torre absorción	Oxidos nitrógeno	26	En el NO ₃ H conc. aguas ácidas			
Acido fosfórico	Manutención-molienda Reactor Filtro Almacenamiento Aparato concentración	Partículas Fluoruro Partículas	0,5-5 1-10 0,1	P ₂ O ₅ Fluoruros	2-8 19	Yeso	4.500- 5.000
Acido clorhídrico	Lavador gases residuales	Ac. clorhídrico	1,5	Líquidos ácidos	s.d.		
Acido fluorhídrico *	Lavadores-absorbedores	Fluoruros	25	S.S. (mg/l) Sólidos sueltos	60 3.570	Sulfato cálcico Anhidritas Fangos filtrados	309 t/a 87.400 t/a 6.900 t/a
Amoniaco Cracking Deshidrogenación de gases	Reformado 1.º Válvula retención Condensador	SO ₂ y CO ₂ Hidrocarburos Amoniaco Hidrocarburos NH ₃	5 2 5 4	NH ₃ Metanol Metales	0,4-1,2 0,5-2,4 s.d.		

CONTAMINANTES PRODUCIDOS EN LOS DISTINTOS PROCESOS DE FABRICACION. QUIMICA INORGANICA

Procesos de fabricación Productos	Instalación contaminadora	Medio contaminado					
		Aire		Agua		Residuo sólido	
		Contaminante	Factor kg/t	Contaminante	Factor kg/t	Contaminante	Factor kg/t
Cloro-sosa Celdas diafragma Celdas mercurio	Lavadores de gases Licuefacción cloro-gas Purificación salmueras Secado cloro Lavado filtros y condensación evaporadores Diafragma Análogo anterior	Cl ₂ (sin con rol)	30 10.800 t/a	S.S. s.d. ClONa y CO ₂ HNA Productos orgánicos clorados Lodos-sales Ca y Mg Sulfúrico gastado Soluciones caústicas débiles Fibras amianto Met. pesados Análogo anterior y Hg del proceso	12,7 66,7		
Carbonato sódico	Sólidos en suspensión y disueltos (100.000 ppm) en las aguas producidas que contienen las sustancias expresadas			CO ₃ Ca CO ₃ Na ₂ SO ₃ Ca ClNa Cl ₂ Ca SO ₄ Na ₂ Fe(OH) ₃ Mg(OH) ₂ CA(OH) ₂ NH ₃ Cenizas	85 0,3 31 510 1.090 0,8 0,1 94 120 0,1 40		
Bióxidos de titanio Proceso sulfato	Contenido materia prima Digestión	SO ₂ y NO _x —combustión—		Fe, V, CR y Mg, SO ₄ H ₂ —gran acidez— S.S. (s.d.)	143		
* Se aplica sobre los m ³ de efluente líquido procedente de proceso.							

Fuentes: OCDE.
Inventarios Nacional de Focos Industriales contaminadores de las aguas.
Inventarios Nacional de Focos Industriales contaminadores del aire.

TABLA 7
PRINCIPALES CONTAMINANTES PRODUCIDOS EN LA INDUSTRIA DE FERTILIZANTES

Subsector	Proceso u operación	Contaminantes	Cantidades brutas de contaminantes, Kg/t producto
Fertilizantes complejos	Aparato de neutralización	NH ₃	Sin datos
	Granulador	F Polvo NH ₃	Sin datos 0,3 0,2
	Secador-refrigerador	F NH ₄ Cl NO _x Polvo NH ₄ Cl	
Fertilizantes fosfatados	Mezclador, cuba y transportador Pila de agotamiento	F	35-45 Kg/tP ₂ O ₅
		F Polvo S	3-4 2-5-25 1,2-2,5
Fertilizantes nitrogenados	Aparato neutralización	NH ₃ NO ₃ H Polvo	0,15 0,1-0,2 1,5-3
	Evaporador Torre de compresión	NH ₃ Polvo	0,2 2-7

Fuente: OCDE.

Ruidos

Identificación de posibles focos y conocimiento de los niveles sonoros actuales mediante mediciones o análisis de monitores existentes.

Vegetación

Identificación de las grandes formaciones vegetales mediante foto aérea, elaborando una cartografía de las mismas y especificando para cada una de ellas su abundancia y cobertura.

Fauna

El estudio de la fauna analizará los siguientes aspectos:

- Inventario e identificación de las distintas especies, indicando aquellas que tengan especial interés científico, cinegético, etc.
- Localización de zonas especialmente sensibles, como son áreas de reproducción, descanso, etc.
- Identificación de las áreas de campeo y de las zonas de recorrido más frecuentes.
- Identificación de especies de fauna acuática, que requieran un especial interés o vulnerabilidad frente a las actuaciones que se derivan de las instalaciones (desviaciones de caudales, disminución de la calidad de las aguas, etc.).

Paisaje

- Calidad paisajística, en la que se tendrán en cuenta las características intrínsecas del territorio, y la calidad visual del entorno, así como del fondo escénico.
- Intervisibilidad, analizando el grado de visibilidad para cada punto del ámbito de estudio.
- Fragilidad del paisaje, de acuerdo a los factores biofísicos y morfológicos que lo integran.

Sobre esta base se elaborará la correspondiente cartografía de paisaje.

3.2. Medio socioeconómico

El análisis del medio socioeconómico abarcará a todos aquellos municipios afectados por las instalaciones industriales.

Las variables necesarias para comprender esta situación preoperacional son las siguientes:

- Análisis demográfico: Consistirá en el estudio de la evolución de la población y su distribución espacial; estructura por edad y sexos; población activa, reflejando los indicadores de tasa de actividad, tasa de paro y dependencia real; movilidad de la población, diferenciando movimientos naturales y movimientos migratorios y nivel de instrucción de la misma.
- Factores socioculturales: se realizará un inventario de Patrimonio Histórico-Español, de los restos arqueológicos existentes, de los puntos o enclaves de especial interés antropológico y se cartografiarán las vías pecuarias, teniendo en cuenta la intensidad de su uso agrícola, ganadero o de recreo.

Asimismo, se realizarán encuestas entre entidades y organismos representativos, que puedan dar una idea del grado de aceptación por la población de la inversión planteada.

- Población y economía: El estudio comprenderá el análisis de cada uno de los sectores que componen el sistema económico:
 - Sector primario: Población y sus características: estructura y factores de la producción de la actividad agrícola: actividades ganadera, forestal, extractivas, cinegéticas y piscícolas. Para cada uno de los epígrafes antes mencionados se tendrá en cuenta su productividad, forma de explotación, número de trabajadores implicados, etc.

TABLA 8
PRINCIPALES CONTAMINANTES SECTOR
SIDERURGICO

Procesos	Agua		Producto
	Contaminantes	Factor Kg/t	
erización	Sólidos suspensión	0,07-15	Coque
uización	Aceites	0,1	"
	Amoníaco	0,3-2	"
	Fenoles	0,3-5	"
	DBO ₅	0,9-6	"
no alto	DBO ₅	1,8-7	Arrabio
	Cianuros	0,05	"
	Amoníaco	0,1-0,2	"
	Fenoles	0,05	"
	Sulfatos	0,3-0,4	"
ría LD	Sólidos suspensión	0,5	
	Fluoruros	0,04	
ría Siemens			
rtín			
ría eléctrica			
ada continua	Sólidos suspensión	0,4-3,8	Acero
	Aceites y grasas	0,06-0,07	"
no laminación			
inación	Sólidos suspensión	0,13-4,57	Laminado
	Aceites y grasas	0,07-2,73	"
erización	Partículas	15-25	Sinter
	Dióxido azufre	1-12	"
uización	Partículas	0,5-3,5	Coque
	Dióxido azufre	0,2-5	"
	Oxidos nitrógeno	0,8-2,7	"
no alto	Partículas	0,2-1,6	Arrabio
	Oxidos nitrógeno	0,12	
ría LD	Partículas	30-33	
	Oxidos nitrógeno	0,03	
ría Siemens			
rtín	Partículas	2-20	Acero
	Dióxido azufre	0,7-6	"
ría eléctrica	Partículas	3-20	"
	Dióxido azufre	0,1-1	"
	Oxidos nitrógeno	0,03-0,6	"
ada continua			
no laminación	Dióxido azufre	1-4	Laminado
inación			
erización			
uización			
no alto	Escorias	200-300	Arrabio
ría LD	Escorias	130-150	
ría Siemens			
rtín	Escorias	80-120	Acero
ría eléctrica	Escorias	60-70	Acero
ada continua			
no laminación			
inación			

nte: Estudio de Inversiones y Costes de la Lucha contra la Contaminación en España (AUXINI-MOPT).

• Sector secundario: Dentro de este sector se realizará un análisis de la estructura de las diferentes actividades clasificadas según CNAE, en función del tamaño de los establecimientos, número de empleados, periodos de actividad, etc. Dentro de lo posible se ponderarán las rentas generadas por cada uno de los subsectores.

• Sector servicios: El estudio se realizará teniendo en cuenta la clasificación nacional de ramas de actividad, cuantificando su oferta y evaluando el volumen de renta generada. Se realizará un inventario y localización de las principales dotaciones sanitarias, educacionales, asistenciales y de otros servicios.

— Sistema territorial y marco institucional: Dentro del ámbito de estudio se recabará toda la información relativa al planeamiento territorial vigente, delimitando los diferentes tipos de uso del suelo.

Asimismo, se recabará la información relativa a aquellos Planes Sectoriales que puedan resultar afectados por la construcción de las instalaciones, y se proporcionará una relación de aquellos órganos y Organismos que hayan de intervenir en posteriores fases del Proyecto.

3.3. Síntesis: interacciones ecológicas

Se pretende realizar, tal como indica el Reglamento, una síntesis geográfica de las interacciones ecológicas, enfocada a ver las relaciones entre el medio físico y social.

Para ello, se elaborará una cartografía del paisaje (entendiendo éste como la percepción de un sistema de relaciones subyacentes apreciada a una escala determinada) en el que se sintetizarán las distintas unidades definidas en las diferentes variables.

Esta información permite visualizar de un modo sencillo las características de los ecosistemas presentes en el ámbito y sus relaciones con el uso humano.

3.4. Valoración del inventario

La valoración de las distintas unidades de cada variable se efectuará mediante criterios tales como representatividad, riqueza, diversidad, rareza, etc. Los criterios a utilizar dependerán de su adecuación a la variable en cuestión.

Esta valoración se realizará a distintas escalas (local, autonómica, estatal, CEE), sin establecerse una suma ponderada en función de los criterios.

4. PREVISION DE ALTERACIONES

4.1. Descripción de los métodos de predicción

4.2. Alteraciones en el medio físico

- Medio atmosférico:
 - Niveles de inmisión.
 - Efectos directos.
 - Efectos indirectos.
- Valoraciones microclimáticas.

- Afección sobre los procesos geológicos y los puntos de interés geológico-geomorfológico.
- Afecciones a las aguas continentales:
 - Demanda de agua.
 - Condiciones de la demanda.
 - Efectos por vertido de efluentes..
 - Mecanismos que intervienen en la dispersión de los vertidos. Modelos.
 - Estándares y criterios de calidad.
- Afecciones al suelo:
 - Pérdida de suelo útil.
 - Incidencia en los procesos erosivos.
- Afecciones a la vegetación:
 - Pérdida de cubierta vegetal.
 - Afección a especies de interés.
 - Identificación de daños.
- Afecciones a la fauna:
 - Efectos sobre la fauna terrestre.
 - Efectos sobre la fauna acuática.
- Afecciones al paisaje.

4.3. Alteraciones sobre el medio socioeconómico

- Incidencia sobre el sistema territorial.
- Afecciones a la población.
 - Alteraciones de la estructura poblacional.
 - Incremento del éxodo poblacional.
 - Incidencia en la población activa.
 - Efectos sobre la salud.
- Alteraciones sobre el sistema económico:
 - Sector primario.
 - Sector secundario.
 - Sector terciario.
- Alteraciones sobre los factores socioculturales:
 - Sistema social.
 - Patrimonio histórico-español.
 - Elementos tradicionales.

4.4. Identificación de los indicadores de impacto

4.5. Valoración del Impacto Ambiental

5. MEDIDAS PREVENTIVAS Y CORRECTORAS

5.1. Sobre la contaminación atmosférica

5.2. Sobre el ruido

5.3. Sobre el sustrato

5.4. Sobre el medio hídrico

- Aplicación de las medidas correctoras en origen.
- Medidas correctoras en el medio receptor.

5.5. Sobre la vegetación

5.6. Sobre la fauna

5.7. Sobre el paisaje

5.8. Sobre el sistema territorial

5.9. Sobre la población

5.10. Sobre los distintos sectores económicos

A continuación se indican los principales sistemas de depuración utilizados en las actividades que nos ocupan:

Refino del petróleo

Tecnologías por vía húmeda o seca para la depuración de SO₂.

Modificación de las instalaciones de combustión y catalíticas para el NOx.

Para las aguas residuales las medidas correctoras más utilizadas son:

- Separación de aceites.
- Neutralización.
- Adición de reactivos.
- Flotación.
- Sedimentación primaria.
- Lagunas de oxidación.
- Balsas aeradas.
- Lodos activos.
- Incineración.

En cuanto a los lodos generados, disposición en vertedero controlado o depósito de seguridad.

Sectores químico y siderúrgico

En las tablas 9, 10 y 11 se indican las técnicas descontaminantes para aire y agua según procesos de fabricación.

6. DEFINICION DEL PROGRAMA DE VIGILANCIA AMBIENTAL

El Programa de Vigilancia Ambiental irá dirigido a garantizar el cumplimiento de las indicaciones y medidas correctoras definidas en el estudio de impacto.

Los aspectos que se tendrán en cuenta a la hora de redactar el programa de Vigilancia serán los siguientes:

- Definición de los objetivos de control y parámetros de medida.
- Diseño de las campañas de muestreo y de los sistemas y métodos de análisis de datos.
- Interpretación y retroalimentación de resultados.
- Criterios para realizar el seguimiento de las medidas correctoras propuestas.

TABLA 9
TECNOLOGIAS DESCONTAMINANTES. QUIMICA ORGANICA

Productos y Procesos de fabricación	Técnicas descontaminantes		
	Aire	Agua	%
Acetaldehído			
Vía Carboquímica	Lavado gases	Homogeneización, floculación, separación aceites, filtración, oxidación biológica, separación sólidos y adsorción. DBO ₅ DQO	90 80
Vía Petroquímica		Las mismas técnicas y niveles depuración. DBO ₅ DQO	90 80 90
Acido tereftálico	Lavado gases	Neutralización, decantación, oxidación biológica y separación lodos, filtración y adsorción. DBO ₅ DQO	90 80
Anhídrido ftálico			
• Oxidación o-xileno		Homogeneización, neutralización, oxidación biológica y separación de sólidos, filtración y adsorción. DBO ₅ DQO	91 83
• Oxidación naftaleno		Las mismas técnicas y niveles depuración. DBO ₅ DQO	90 80
Anhídrido maleico		Homogeneización, neutralización, filtración, oxidación biológica, separación sólidos y adsorción. DBO ₅ DQO	100 83
Fenol-Acetona			
Fenol-oxidación cumero		Homogeneización, separación aceites, neutralización, oxidación biológica, separación lodo, filtración y adsorción. DBO ₅ DQO	90 80
Acetona subproducto final			
Deshidrogenación isopropanol		Las mismas técnicas y niveles depuración DBO ₅ DQO	90 80
Oxido etileno		Homogeneización, decantación, tratamiento biológico, separación, filtración y adsorción DBO ₅ DQO	90 80
Plastificantes		Evaporación e incineración	
Oxido de propileno			
Vía clorhídrica		Homogeneización, decantación, oxidación biológica, separación de lodos, filtración y adsorción DBO ₅ DQO	95 90

Fuente: Estudio de Inversiones y Costes de la Lucha contra la Contaminación en España (AUXINI-MOPT).

TABLA 10
TECNOLOGIAS DESCONTAMINANTES. QUIMICA INORGANICA

Productos y procesos de fabricación	Técnicas descontaminantes		Residuos sólidos
	Aire	Agua	
Acido sulfúrico Cámaras Contacto Torre absorción Torre refrigeración	Torres aerosol-lavado acuoso. Tratamiento con NO_3H débil. Precipitadores electrostáticos. Lavadores Venturi. Doble contacto y depuración gases (99%). Desulfuración y nieblas por pp electrostáticos y filtros.	Implantar lavado en circuito cerrado —produce ácido débil y lodos— tratados con hidróxido cálcico se decantan —As— y se inyectan en los hornos de pirita. Detección y prevención fugas (100%).	
Acido nítrico Torre absorción	Reducción catalítica (84,6%) Absorción sobre tamiz molecular (96%)	En NO_3H conc. neutralización con cal —aguas ácidas— y sedimentación.	
Acido fosfórico Reactor Filtro Almacenamiento Concertador	Depurador perfeccionado (100%) Depurador perfeccionado (100%)	Doble tratamiento con cal y control infiltraciones (99,2%). Recirculación y recuperación de fluoruros (90,2%).	Se almacenan en canteras o minas abandonadas.
Acido clorhídrico	Absorbedores (92%)	Neutralización.	
Acido fluorhídrico Gases cola	Absorbedores y lavadores cáusticos	Se recogen en balsas previa adición de reactivos para precipitar fluoruros y corregir pH (85%).	SO_4Ca -escombreras Anhidritas —vertido controlado— y recuperación en obras públicas. Fangos-vertido controlado.
Amoníaco Reformado primario Retención Condensador	Dispersión Puesta al aire	Tratamiento biológico. Intercambio iónico. Osmosis inversa (98%).	
Cloro-Sosa Gases cola	Lavadores alcalinos Absorvedores (98%)	Balsas decantación para S.S. y vertido controlado. Eliminación mercurio —si existe— por recirculación o fijación como sulfuro.	
Carbonato sódico		Control pH —sedimentación y clarificación.	
Dióxido de titanio		Floculación y decantación SS. Residuo ácido —cristalización de sulfato de hierro—. Vertido controlado en alta mar.	
Fuentes: OCDE. Inventario nacional de focos industriales contaminadores de las aguas. Inventario nacional de focos de contaminación atmosférica por la Industria.			

TABLA 11
TECNOLOGIAS DESCONTAMINANTES. SECTOR SIDERURGICO

Proceso	Operación	Tratamiento descontaminante			
		Aire	%	Agua	%
Sinterización	Banda sinterización	Electrofiltros	99		
	Quebrantado y cribado sinter	Electrofiltros	99		
	Carga carbón	Capotas y filtros mangas	96		
Coquería	Descarga coque	Capotas y filtros mangas	96		
	Apagado coque	En seco	96		
	Recuperación subproductos			Oxidación, cloración y neutralización	99
Horno alto		Lavado y electrofiltro	99	Cloración, neutralización y filtración	100
Acería LD		Capota perfeccionada y lavador	99	Polímeros y recirculación	99
Horno Siemens Martín		Filtro mangas	99,5		
Horno eléctrico		Capota perfeccionada y filtro mangas	99,5		
Colada continua				Filtro vacío	99
Laminación caliente		Desulfuración gases		Flotación, incineración de lodos	98

Fuente: OCDE; «Coûts de la lutte contre les émissions dans la Siderurgie».

BIBLIOGRAFIA

- AUXINI: *Estudio de inversiones y costes de la lucha contra la contaminación en España.*
- BARNES AND NOBLE (1970): *Water quality engineering for practicing engineers*, New York.
- LORA, F. DE (1978): *Técnicas de defensa del medio ambiente.*
- MINER (1981): *Inventario nacional de focos industriales contaminadores de las aguas.*
- MINER (1981): *Inventario nacional de focos industriales contaminadores de aire.*
- OCDE: *Coûts de la lutte contre les émissions dans la siderurgie.*
- R.D.L. 1302/86 de 28 de junio de Impacto Ambiental.
- R.D.L. 1131/88 de 30 de septiembre de Impacto Ambiental.

PROBLEMAS ESPECIFICOS DE INDUSTRIAS SOMETIDAS A E.I.A.:

MINERIA A CIELO ABIERTO

Vadillo Fernández, Lucas (*)

RESUMEN

Se estudian las principales características de la minería a cielo abierto y su restauración.

Comienza por la integración de la Evaluación de Impacto Ambiental y el Plan de Restauración en el Proyecto Minero. La coordinación entre el Proyecto de Explotación y el Plan de Restauración. Se describen las distintas fases del E_s.I.A. Las metodologías de E.I.A. Se diferencian los impactos transitorios de los permanentes. Las medidas correctoras así como posibles alternativas de Recuperación ambiental.

Palabras clave: Evaluación de Impacto Ambiental (E.I.A.), Restauración, Recuperación ambiental, Medio Ambiente, Estudio de Impacto Ambiental (E_s.I.A), Canteras, Minería a cielo abierto.

1. MINERIA Y MEDIO AMBIENTE

La mayor parte de las actividades que desarrolla el hombre son, en mayor o menor grado, agresivas para la Naturaleza. La minería reviste especial interés, debido a que las actividades extractivas constituyen un uso

temporal de los terrenos y, si no existe una restauración posterior, las superficies abandonadas quedan en una situación de degradación sin posibilidades reales de aprovechamiento por parte de otros tipos de actividades.

La extracción de los recursos minerales a cielo abierto implica unos periodos de ocupación de los terrenos que con frecuencia no superan los 20 ó 30 años, salvo casos especiales como los grandes yacimientos metálicos. El abandono de estas áreas se debe de hacer de una manera juiciosa y responsable, de manera que el terreno alterado vuelva a ser útil para un determinado uso, sin perjudicar al medio ambiente.

La sociedad actual ha comenzado a considerar las explotaciones mineras como usos transitorios del terreno en el marco de la ordenación del territorio, con las lógicas salvedades relacionadas con la ocurrencia y descubrimiento de yacimientos, por lo que es necesario recondicionar los terrenos afectados para alcanzar un equilibrio entre el desarrollo económico y la conservación de la naturaleza. La viabilidad de esta recuperación de los terrenos es a todas luces factible, constituyendo

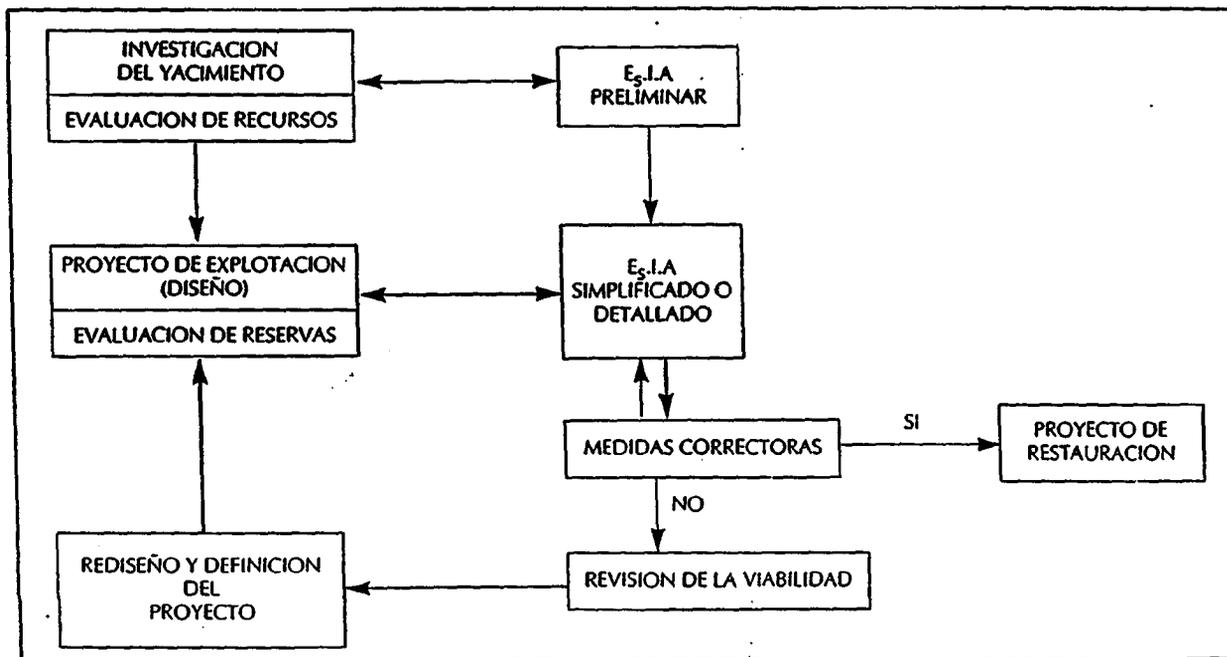


Figura 1.

(*) Ingeniero de Minas. Área de Ingeniería GeoAmbiental. Instituto Tecnológico Geominero de España. C/ Ríos Rosas. nº 23. 28003 Madrid.

en no pocas ocasiones un valor añadido al propio proyecto minero.

El objetivo de los estudios de Impacto Ambiental en minería es identificar, predecir, evaluar y prevenir las alteraciones ambientales producidas por las actividades extractivas, desde la investigación y explotación minera hasta el procesamiento de las sustancias a beneficiar. Estos estudios se deben basar sobre los proyectos de explotación, diseñados previamente y de forma simultánea con los de restauración. Esta forma de proceder es la más lógica y racional, ya que permite mantener una coherencia entre todas las labores previstas, incorporando determinadas modificaciones o criterios en las mismas, de cara a conseguir una recuperación de los terrenos más rápida en el tiempo y a menor costo, garantizándose de esta forma la viabilidad de la explotación.

El proceso ideal debe de tener un carácter iterativo, con el fin de alcanzar la solución óptima o la alternativa más favorable para compaginar los diferentes objetivos: mineros, ecológicos, económicos, etc.

En la figura 1 se pueden observar las relaciones entre los distintos estudios y etapas de ejecución.

1.1. Legislación aplicable

La minería a cielo abierto se encuentra, regulada en el aspecto ambiental, por la siguiente legislación: El Real Decreto 2994/82 sobre restauración del espacio natural afectado por actividades mineras; el Real Decreto 1116/84 sobre restauración del espacio natural afectado por las explotaciones de carbón a cielo abierto y el aprovechamiento nacional de estos recursos energéticos; el Real Decreto Legislativo 1302/86 sobre Evaluación de Impacto Ambiental y el Real Decreto 1131/88, que desarrolla el anterior.

Los dos primeros, uno de carácter general y otro con carácter específico para el carbón, incluyen las medidas preventivas y correctoras necesarias para minimizar el impacto potencial de la minería a cielo abierto y trabajos de exterior e instalaciones que puedan afectar el medio ambiente, de la minería de interior.

El segundo es la aplicación en España de la Directiva 85/337/CEE. Tanto en el Real Decreto Legislativo como en un desarrollo se recogen aquellas industrias y obras civiles sometidas a Evaluación de Impacto Ambiental y entre ellas la minería, así como el contenido y tramitación de un E_s.I.A.

Hay otras normativas que regulan algún aspecto de las alteraciones que se producen en la minería, como pueden ser la Ley de Aguas que contemplan el vertido de sólidos en suspensión, metales pesados, etc.; la Ley de Protección Atmosférica con niveles de emisión e inmisión de los gases y sólidos emitidos por las plantas de tratamiento; normativas del Ministerio de Industria sobre vibraciones producidas por voladuras, etc.

2. E_s.I.A Y PROYECTO MINERO

Los estudios de Impacto Ambiental (E_s.I.A) tienen un objetivo principal, la predicción de las consecuencias tan-

to temporales como permanentes que el aprovechamiento de un recurso natural o la realización de una obra humana puede ocasionar en el Medio Ambiente. Permiten valorar, siempre dentro de unos márgenes de confianza, la viabilidad de una realización antrópica y su repercusión medioambiental. La legislación actual, mediante la fase de scoping e información pública, posibilita la presencia de una variante de carácter social, que a veces debido a la precipitación de la obra humana no queda recogida. Esta sensibilidad social de tipo no técnico, permite sopesar el valor económico de un recurso explotable y su repercusión económica en la sociedad frente al valor estratégico y no mensurable económicamente, que la degradación de un ecosistema pueda tener tanto a nivel local, regional o mundial.

La casuística de los E_s.I.A puede ser diferenciada en tres situaciones:

- Estudios de impacto ambiental dirigidos a la «localización óptima».
- Estudios de impacto ambiental dirigidos a la evaluación de localizaciones prefijadas o exigidas «localización para—óptima».
- Estudios de impacto ambiental dirigidos al análisis en el caso de localización ya elegida «diseño y operación».

(Fuente: Carlos López Jimeno).

La «localización óptima» no se suele presentar en las actividades mineras, puesto que la actividad extractiva viene determinada por la localización exacta del recurso minero.

La localización para-óptima puede darse en el caso de materiales relativamente abundantes, como puede ser una gravera, o una cantera de machaqueo. En este caso sería necesario la realización de un E_s.I.A preliminar para cada una de las opciones y la selección de aquella de menor impacto ambiental.

La última situación es la más común, la localización ya viene fijada y nos determina el espacio físico donde se va a ubicar la explotación.

La diferencia esencial de la minería con respecto a otro tipo de industria u obra civil reside en la imposibilidad de selección de alternativas. Esta diferencia no permite, en una fase previa de viabilidad, escoger una alternativa de menor impacto ambiental, por lo que los E_s.I.A se centran en la viabilidad económico-ambiental del Proyecto Minero en la única zona posible, que es aquella donde se ubica el mineral.

Las fases por las que pasa un Proyecto Minero se pueden clasificar en: Exploración e investigación, explotación y restauración. Esta secuencia integra el Proyecto Minero. En la primera fase se realiza una primera evaluación de recursos mineros y se sopesa con la información disponible, la viabilidad del Proyecto mediante un E_s.I.A PRELIMINAR. En la segunda fase se realiza, dependiendo de la categoría previsible que pueda alcanzar el impacto ambiental un E_s.I.A SIMPLIFICADO o DETALLADO. Una vez comprobada la viabilidad, se diseña el modelo geométrico de la explotación con taludes generales de corta y de trabajo técnica y económica-

mente viables. Coordinadamente con la explotación se diseña el Proyecto de Restauración, Proyecto Técnico, en el que se integran todas aquellas medidas de prevención, corrección y recuperación ambiental que permita la integración final de la explotación en el medio natural circundante. Dicho Proyecto de Restauración está íntimamente ligado al de Explotación tanto desde el punto de vista técnico como económico (secuencia de explotación y vertedero interior, diseño de vertedero de exterior, estudio del sistema de drenaje, diseño de balsas de decantación, revegetación, etc.).

Como observación, se debe aclarar que los E₅.I.A PRELIMINARES de la fase de Explotación e investigación tienen la misma categoría y profundidad que los posteriores E₅.I.A SIMPLIFICADOS o DETALLADOS y en lo que pueden tener de diferencia es en la comprobación o variación de determinados parámetros antes no observados (acuíferos no previstos, aumento de reservas, etc.). Ya que en esta Primera fase del E₅.I.A se decide sobre la instalación de la explotación.

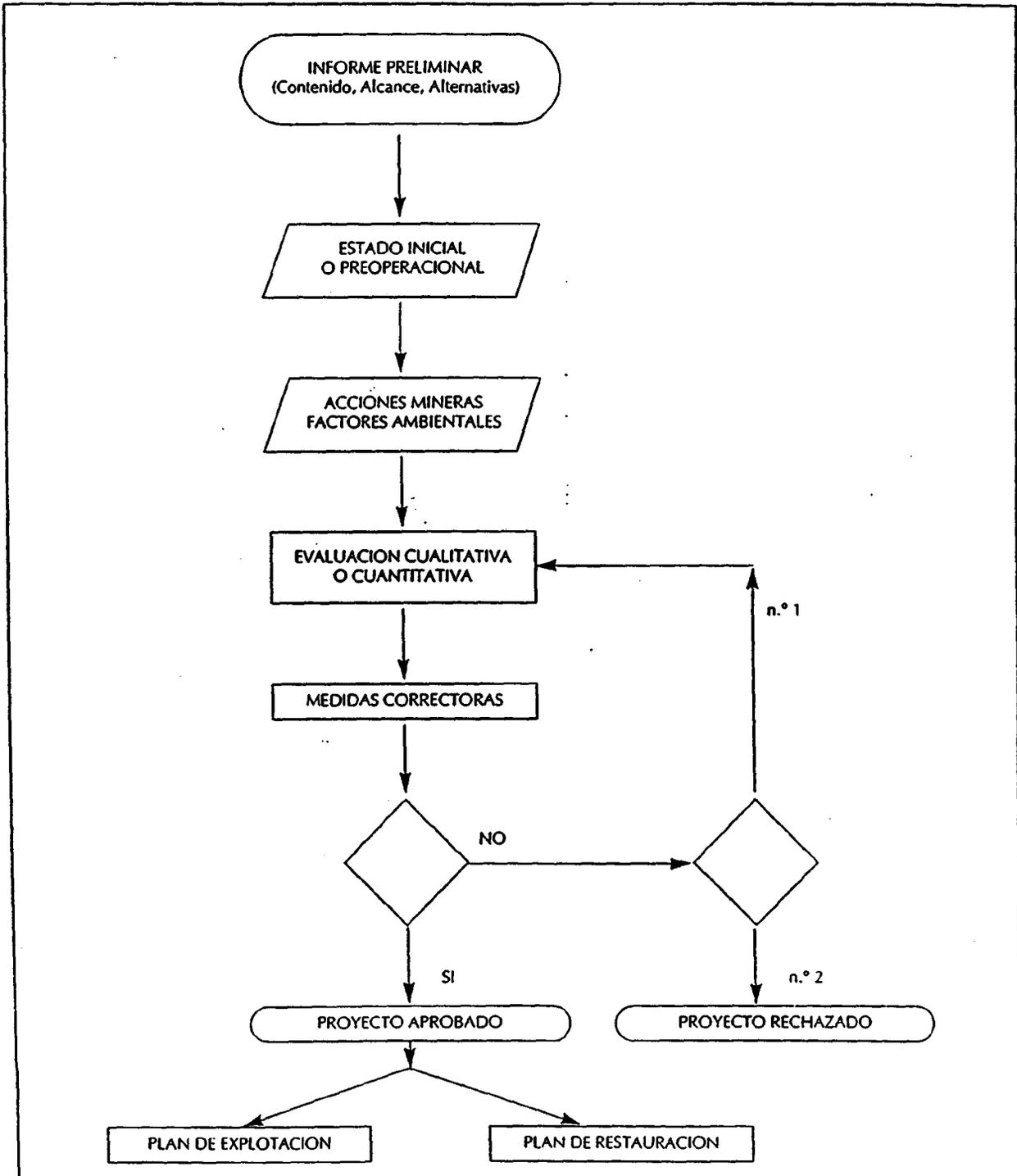


Figura 2.

TABLA 1
CONTENIDO DE UN E₅.I.A Y PROYECTO DE RESTAURACION

<p>I. INTRODUCCION</p> <p>1. Presentación</p> <p>2. Antecedentes</p> <p>3. Alternativas de ubicación. Justificación de la solución propuesta</p> <p>4. Legislación aplicable</p> <p>II. DESCRIPCION DE MEDIO AMBIENTE</p> <p>1. Geología y geomorfología</p> <p>2. Hidrología e hidrogeología</p> <p>3. Climatología</p> <p>4. Edafología</p> <p>5. Fauna</p> <p>6. Flora y vegetación</p> <p>7. Paisaje</p> <p>8. Calidad del aire</p> <p>9. Ruidos</p> <p>10. Procesos geofísicos</p> <p>11. Usos y aprovechamientos</p> <p>12. Medio socioeconómico y cultural</p> <p>III. DESCRIPCION DEL PROYECTO MINERO</p> <p>1. Investigación realizada y síntesis del yacimiento</p> <p>2. Descripción del método de explotación</p> <p>3. Diseño de los huecos finales y reservas explotables</p> <p>4. Planificación de la explotación</p> <p>5. Escombreras y presas de residuos</p> <p>6. Infraestructura e instalaciones mineras</p> <p>IV. EVALUACION DEL IMPACTO AMBIENTAL PRODUCIDO POR LA EXPLOTACION MINERA</p> <p>1. Identificación y caracterización de impactos :</p> <ul style="list-style-type: none"> • Impactos sobre el suelo • Impacto sobre las aguas superficiales y subterráneas • Impactos sobre la atmósfera 	<ul style="list-style-type: none"> • Impactos sobre la vegetación • Impactos sobre la fauna • Impactos en los procesos ecológicos (cadenas y redes tróficas) • Impactos sobre los procesos geofísicos (erosión, sedimentación, inestabilidad, etc.) • Impactos sobre el paisaje • Impactos en el ámbito sociocultural (valores culturales naturales, caracteres socio-económicos) <p>2. Evaluación de los efectos previsibles</p> <p>V. MEDIDAS CORRECTORAS</p> <p>VI. ESTUDIO DE RESTAURACION DEL MEDIO ALTERADO</p> <p>1. Medidas para la recuperación mediante el uso de la vegetación:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Remodelado de taludes • Retirada, acopio y mantenimiento del horizonte fértil • Mejoras edáficas • Modelado del paisaje vegetal a desarrollar • Selección de especies vegetales y densidad • Método y época de ejecución de las plantaciones y siembra <p>2. Otras medidas complementarias, demoliciones, obras de drenaje, etc</p> <p>VII. ESTIMACIONES ECONOMICAS Y CALENDARIO DE EJECUCION</p> <p>1. Operaciones principales</p> <p>2. Mediciones de materiales utilizados. Mano de obra</p> <p>3. Obras estructurales</p> <p>4. Presupuesto de ejecución</p> <p>5. Calendario de ejecución</p> <p>VIII. SEGUIMIENTO Y CONTROL</p> <p>IX. PLANOS Y ANEXOS</p>
--	---

3. ESTUDIOS DE IMPACTO AMBIENTAL

Como ya se ha comentado en su momento, el objetivo de un E₅.I.A es identificar, predecir, evaluar y prevenir las alteraciones ambientales producidas por las actividades mineras. El proceso seguido queda esquematizado en la figura 2. Dicho proceso tiene carácter iterativo en su fase de evaluación de impacto ambiental.

3.1. Situación preoperacional

Definir y evaluar el estado inicial o preoperacional lo más detalladamente posible, nos permitirá tanto una evaluación más exacta de la magnitud del impacto como de

los factores principales sobre los que hay que incidir en la recuperación ambiental, los componentes más frágiles del medio, aquellos factores de impacto Irreversible, reversible, recuperable, irrecuperable, etc., indicadores de impactos para la realización de una evaluación cualitativa o cuantitativa.

Otro aspecto importante a determinar, es la escala de trabajo, ya que a veces, se puede pecar de realizar cartografías o inventarios escasamente detallados, omitiendo elementos importantes para la definición del estado inicial. Por tanto las escalas o inventarios deben ser flexibles para la adecuada realización y definición del estado inicial. Por otra parte la definición del estado inicial actúa de hecho

como una «acta notarial» ante posibles acusaciones de determinados tipos de contaminación producidos por otro tipo de industrias.

Entre los factores ambientales a determinar en la situación preoperacional tenemos:

Medio Físico

- Geología y geomorfología
- Climatología
- Edafología
- Hidrogeología e hidrogeología
- Fauna
- Flora
- Paisaje
- Calidad del aire
- Ruidos
- Procesos geofísicos
- Ecosistemas

Medio socioeconómico y cultural

- Demografía
- Movilidad
- Población activa
- Nivel de vida
- Usos y costumbres
- Servicios
- Infraestructuras
- Patrimonio histórico y cultural
- Yacimientos paleontológicos
- Monumentos histórico-culturales
- Vías pecuarias
- Otros (lugares de romería, excursiones, ferias, etc.)

En la valoración del inventario habrá que tener en cuenta parámetros de distintos tipos en función del componente ambiental que se describe; a continuación se indican algunos de los más utilizados:

- **Diversidad.** Número de individuos distintos y la proporción entre ellos. Viene condicionada por la cartografía y tamaño del muestreo. Aplicable a la flora y a la fauna.
- **Capacidad de carga.** Máximo número de especies que puede soportar un hábitat durante un ciclo de vida completo.
- **Rareza.** Escasez de un recurso en el espacio. Aplicable a la flora y la fauna.
- **Singularidad.** Sinónimo de rareza. Aplicable al biotopo (gea).
- **Naturalidad.** Estado actual de la biocenosis. Nos hable de la degradación de los espacios y de las etapas sucesionales de la especies, en el caso de la

flora. Aplicable a la flora y a la fauna.

- **Productividad.** Energía o biomasa por unidad de superficie y tiempo. Aplicable a la actividad agropecuaria, forestal y ecológica.
- **Grado de aislamiento.** Mide el aislamiento de las poblaciones móviles separadas por pantallas no permeables. Aplicables a la fauna.
- **Calidad.** Grado de calidad natural del medio. Nos mide la desviación respecto de valores naturales o valores normalizados. Es aplicable a aguas, aire, ruido.

3.2. Identificación y predicción de Impactos. Indicadores de impacto

Los impactos sobre el medio ambiente que pueden surgir en la implantación y desarrollo de una actividad minera son función de las características de tales acciones y de las características del lugar en que se proyecta. El origen de los impactos pueden derivarse de la fase de planeamiento del proyecto minero, o de la fase de diseño de la explotación, o bien de la fase de ejecución, cuando la explotación está funcionando. Los efectos que se producen pueden ser, bien una pérdida total o parcial de un recurso (suelo productivo, una especie vegetal o animal endémica, deterioro de un paisaje, etc.), o bien la inducción a que se desencadene o aumente la probabilidad de ocurrencia de algún proceso como erosión, alteración de las redes de drenaje, contaminación de agua superficial, etc.

Si bien el alcance y gravedad de los impactos depende del tipo de minería y en último término del mineral que se beneficia, las alteraciones producidas por la minería a cielo abierto se pueden englobar de manera general en los siguientes grupos:

- **Impacto atmosférico:** producido por la emisión de gases y polvo. La emisión de gases proviene de la combustión de la maquinaria y de las voladuras, y es de carácter puntual. La emisión de partículas sólidas se debe al arrastre de polvo en las labores de perforación, voladura, carga y transporte, y en las acumulaciones de materiales o stocks. En casos excepcionales de grandes concentraciones de explotaciones, la tala de bosques o la formación de láminas de agua artificiales podrían modificar el microclima.
- **Impacto por ruido y vibraciones:** su origen está en la utilización de explosivos. En una voladura se producen ruidos, vibraciones, onda aérea y proyecciones, y exceptuando el ruido, se pueden evitar en gran manera con un buen diseño de la voladura. El ruido puede prevenir también de la maquinaria, y puede incidir en gran manera sobre la fauna.
- **Impacto sobre la tierra:** se traduce en pérdida de suelo natural, cambios en la morfología y riesgos inducidos sobre los terrenos a causa de la alteración de los factores que estabilizan el medio físico (movimientos de ladera, inundaciones). Contra la pérdida de suelo vegetal se puede luchar con un diseño de la explotación que recupere y reinstale la capa de suelo vegetal. Contra los riesgos inducidos se puede luchar con la realización de estudios de estabilidad



Foto 1. Impacto paisajístico-visual. Cantera de mármol. Pinoso (Alicante).

y de avenidas en la fase de diseño. Un caso grave de pérdida de suelo vegetal permanente se da en las explotaciones de graveras por debajo del nivel freático. Asimismo la contaminación química del suelo por acidez o metales pesados da lugar a una falta de crecimiento de la cubierta vegetal, con la consiguiente pérdida de suelo por erosión.

- Impacto sobre las aguas: se manifiesta en contaminación química de las mismas debido a la alteración química del propio mineral o de otros que lo acompañan, y contaminación física debida al arrastre de finos. La primera puede afectar tanto a cursos de agua libre como a acuíferos, mientras que la segunda sólo afecta a los primeros.

La contaminación química puede alcanzar extremos muy importantes en el caso de la minería del carbón y metálica, debido a la alteración de la pirita que acompaña tanto al carbón como a muchos yacimientos metálicos, produciendo aguas ácidas, que a su vez pueden llegar a disolver determinados elementos pesados. Asimismo, la formación $Fe(OH)_3$ en contacto con las aguas neutras de la red hidrográfica da lugar a precipitados rojos y amarillos que cubren los fondos de arroyos e impiden la formación y crecimiento de plantas acuáticas.

La contaminación física por arrastre de finos se produce por el vertido directo del rechazo de las plantas de tratamiento a los cursos de agua. Esta contaminación de sólidos en suspensión afecta gravemente a la población piscícola.

La extracción de áridos por debajo del nivel freático puede dar lugar a láminas de agua de gran extensión, con riesgo de depresión del acuífero por evaporación, de degradación del agua por eutrofización, y de contaminación química del acuífero por vertidos.

- Impacto sobre la flora y la fauna: se manifiesta con la eliminación de la cubierta vegetal y, por tanto, del há-

bitat de la fauna. Puede alcanzar niveles alarmantes en el caso de extracciones de áridos en cursos de agua o márgenes de los ríos, al eliminarse la vegetación ripícola, produciéndose un aumento de la erosión y de la carga sólida, modificándose el lecho del río y la dinámica fluvial, teniendo como consecuencia la destrucción de la vida piscícola en un tramo del río.

La contaminación química de suelos, generalmente en la minería del carbón y metálica, puede impedir el crecimiento de la vegetación. El polvo puede impedir la respiración de las plantas, y el ruido puede hacer emigrar especies animales de su hábitat natural.

- Impacto paisajístico-visual: se pueden considerar tres factores que determinan dicho impacto: la calidad paisajística, la fragilidad y la visibilidad o incidencia visual. La calidad paisajística se define como el valor intrínseco del paisaje del lugar. La fragilidad se define como la capacidad de respuesta del paisaje para absorber la acción antrópica, y depende de la topografía y de la densidad, altura, diversidad de estratos, contraste cromático y estacionalidad de la vegetación. El elemento básico para determinar la visibilidad es la cuenca visual o zona visible desde un punto de la explotación.

- Impacto socioeconómico y cultural. Se manifiesta en la alteración del modo de vida, ya que afecta a la vida tradicional, principalmente en el caso de comunidades rurales con cambio de costumbre y hábitos. En el sistema económico con aumento, generalmente, del nivel de vida por creación de empleo, servicios, etc. En el patrimonio cultural, ya que pueden ver afectados elementos del patrimonio cultural (edificios, vías pecuarias, etc.).

Dentro de los impactos sobre cada uno de los componentes ambientales, podemos destacar aquellos parámetros

que permiten una evaluación cualitativa o cuantitativa de la magnitud del impacto respecto de niveles umbrales, universalmente aceptados o establecidos mediante normativas. Estos parámetros reciben el nombre de Indicadores de impacto. Los más utilizados en minería, alcanzando mayor o menor magnitud y mayor o menor peso en función de la tipología minera, son los que a continuación se enumeran:

Entre las metodologías de identificación de impactos, podemos destacar las Listas de chequeo donde se analizan factores o parámetros sin valorarlos o interpretarlos, tal como anteriormente se ha citado; las «matrices», «tablas de doble entrada», en las que en un eje aparecen las distintas operaciones mineras y en el otro eje la lista de posibles indicadores de impacto. (Fig. 3).

TABLA 2

MEDIO FISICO		
FACTOR AMBIENTAL	IMPACTO	INDICADORES
ATMOSFERA		
	Alteración de la calidad del aire. Alteración del ruido ambiental. Alteración del clima.	Olores, humos, partículas sólidas, gases (SO ₂ , CO ₂ , NO _x , etc.) de emisión de maquinaria o de autocombustión de algunas escombreras. — Variación en el nivel de ruidos. — Alteración de la circulación de vientos*. — Incremento en las nieblas y precipitaciones*. — Alteración de la temperatura*.
AGUAS SUPERFICIALES		
	Alteración de la calidad. Alteración en la aportación de la cuenca. Alteración de los flujos de los caudales.	— PH, Oxígeno disuelto, DBO, DQO, metales pesados, componentes orgánicos, temperatura, sólidos en suspensión. — Evapotranspiración, infiltración, escorrentía. — Número de cauces interceptados según sea curso alto, medio, bajo.
AGUAS SUBTERRANEAS		
	Depresión acuífero. Calidad	— Variación nivel piezométrico. — PH, metales pesados, componentes orgánicos.
SUELO		
	Dstrucción directa Contaminación. Alteración de la calidad edáfica.	— Superficie afectada ponderada por su calidad — Rentabilidad potencial valorada monetariamente. — PH, sales, metales pesados. — Cambios en la categoría de la clase agrológica. — Cambios en C/N; P ₂ O ₅ ; K ₂ O; N ₂ ; etc.
MORFOLOGIA		
	Alteración de la topografía.	— Formas y volúmenes. — Variación de pendientes.

* Estos impactos excepcionalmente se producen en minería de cielo abierto.

TABLA 2 (CONTINUACION)

MEDIO FISICO		
FACTOR AMBIENTAL	IMPACTO	INDICADORES
PAISAJE		
	Fragilidad paisajística. Impacto visual.	<ul style="list-style-type: none"> — Contraste cromático, grado de cubierta vegetal, pendientes introducidas, etc. — Cuenca visual. — Ángulo de incidencia visual. — Incidencia visual ponderada por el nº de habitantes o por la importancia del corredor visual que atraviesa la cuenca.
FLORA		
	Destrucción directa.	Superficie afectada ponderada por su calidad en función de la diversidad, singularidad, rareza, etc.
FAUNA		
	Destrucción directa y emigración.	Diversidad, rareza, grado de aislamiento, etc.
ECOSISTEMAS		
	Alteración de las cadenas tróficas.	<ul style="list-style-type: none"> — Variación de productores y consumidores. — Variación de la capacidad de carga del hábitat. — Indicadores bióticos ponderados según calidad del ecosistema.
PROCESOS GEOFISICOS		
	Modificación de la erosión. Alteraciones de zonas inundables. Alteración de la dinámica de cauces Alteración de la estabilidad de laderas Vibraciones. Subsistencia	<ul style="list-style-type: none"> — Tasa de pérdida de suelo anual y estacional. — Potencial de erosión. — Sólidos en suspensión en el agua. — Superficie inundada para una frecuencia ponderada por su interés. — Caudal de avenida. — Longitud afectada ponderada por su interés — Grado de pendiente. — Velocidad de partícula. — Frecuencia de vibración. — Superficie afectada ponderada por su calidad — Nivel de peligrosidad o riesgo.

SIMBOLOGIA: ● Alteraciones genéricamente importantes. □ Alteraciones genéricamente poco importantes.		ELEMENTOS, CARACTERISTICAS Y PROCESOS AMBIENTALES SUSCEPTIBLES DE SER AFECTADOS POR LA ACTIVIDAD MINERA															
		Atmósfera		Agua		Suelos		Vegetación		Fauna		Procesos Ecológicos		Procesos Geofísicos		Morfología y Paisaje	
Acciones productoras de impactos o alteraciones	Principales operaciones, infraestructuras y modelados de la actividad minera a cielo abierto	● Composición de la atmósfera	● Nivel de ruidos	● Agua superficial	● Agua subterránea	● Características edáficas	● Usos del suelo	● Especies y comunid. vegetales	● Especies y poblac. animales	● Cadenas y redes tróficas	● Inundación	● Erosión	● Sedimentación	● Inestabilidad	● Sismicidad (vibraciones)	● Subsistencia	● Modificaciones en el paisaje
1. Exploración e investigación			□	□	□	□	□	□				□	□				□
2. Infraestructura	2.1. Construcción de edificios y plantas de tratamiento		□				□	□	□			□	□				●
	2.2. Nuevos viales y conducciones		□	□			□	□			□	●	□	□			●
	2.3. Desagues y drenajes		□	●	□		□		□	□		□	●				□
3. Operación	3.1. Perforación	□	□														
	3.2. Voladura	□	●						□					□	●		
	3.3. Arranque y carga	●															
	3.4. Transporte de materiales y tráfico de maquinaria	●	●	□		□		●	□			□	□				□
	3.5. Mantenimiento			□					□	□							
	3.6. Tratamiento de minerales	□	□	●	□	□		□	□	□			□				●
4. Modificaciones fisiográficas	4.1. Creación de huecos			●	●		●	●	□			□	□	●		●	●
	4.2. Vertido de escombros, escombreras y balsas	□		●	●		●	●	□	□	●	●	●		□		●

Figura 3. Identificación de posibles alteraciones ambientales por la minería energética.

CUADRO 1

	IMPACTOS			
	CAUSAS	EFFECTOS	INGENIERIA	LEYES
SUELO	Pérdida Física	Erosión, Degradación	Retirada, Mantenimiento Reinstalación	—
	Efluentes Líquidos: Metales (Fe, Mn, Cu, Pb, Zn, As, etc.)	Contaminación Química	Canales Perimetrales Balsas de Decantación Plantas Hidrofitas (Aneas, Juncos, etc.)	Ley de Aguas
AGUAS SUBTERRANEAS	Afloramiento del nivel Freático.	Depresión, Acuífero, Evaporación, Sistemas Frágiles (Eutrofización, Vertidos), Pérdida del Terreno.	Prescripciones Cambios de Usos del Suelo.	Ley de Aguas
	Efluentes Líquidos: Metales. Aceites	Contaminación Química	Balsas de Decantación Impermeabilizadas	Ley de Aguas
AGUAS SUPERFICIALES	Sólidos en Suspensión	Aumento Carga Sólida Pérdida Vida Piscícola	Balsas de Decantación Circuito Cerrado	Ley de Aguas
	Efluentes Líquidos	Contaminación Química Cambios Ph (ACIDEZ)	Neutralización, Precipitación, Balsas de Decantación, Plantas Hidrofitas (Aneas, Juncos, etc.)	Ley de Aguas
FAUNA	Ruidos y Vibraciones	Emigración	Amortiguación Prescripción	Leyes de Protección Fauna
	Desbroces	Emigración	Prescripción	
	Efluentes Líquidos	Pérdida Vida Piscícola	Balsas de Decantación Circuito Cerrado	Ley de Aguas
FLORA	Desbroces	Erosión, Degradación	Revegetación	—
	Efluentes Sólidos (Sólidos en Suspensión, Sólidos Decantables)	Evitan las Funciones de Transpiración de hojas.	Filtros, Riegos, Carenados	Ley de Protección Atmosférica.
RIESGOS INDUCIDOS	Rotura Perfil Terreno	Inestabilidad Terreno (Desprendimientos, Dextrizamientos).	Métodos Cálculos de Estabilidad	—
	Inundaciones	Avenidas	Métodos de Caudal Máximo de Avenida	—
	Vibraciones	Desprendimientos Grietas en Edificios, Molestias	Métodos de Velocidad de Partícula.	I.T.C. M.º de Industria
PAISAJE	Diseño Geométrico de la Explotación	Impacto Visual: Contraste de Colores, Rotura Línea del Horizonte, Alternación de Formas.	Diseño Geométrico (Geometrías Troncocónicas, Pistas Interiores, etc.) Muretes Naturales, Pantallas Arbóreas.	—
ATMOSFERA	Efluentes Sólidos (Sólidos, en Suspensión, sólidos decantables.)	Polución	Carenado, filtros riegos.	Ley de Protección Atmosférica
	Efluentes gaseosos (emisión gases combustión)	Polución	Control de niveles de emisión	Ley de Protección Atmosférica
	Ruidos	Polución sónica	Amortiguación, (Pantallas sónicas, cambios de tecnología de arranque).	Ordenanzas Municipales (entorno urbano y periurbano).

3.3. Metodologías de la E.I.A.

Las metodologías de evaluación, propiamente dichas, pueden ser de tipos cualitativos o cuantitativo. Excepto aquellos parámetros de determinados factores ambientales en los que existen valores umbrales aceptados internacionalmente y en los que se puede hacer una valoración en unidades conmesurables; los métodos utilizados y disponibles encierran una alta carga de subjetividad, por lo que sería necesario que las E.I.A. fueran realizadas por equipos multidisciplinares «neutrales» lo más amplios posibles. La dificultad reside en imposibilidad de valoración del valor estratégico de un determinado ecosistema, el efecto pantalla sobre el hábitat de determinadas especies animales, no digamos nada cuando estas especies están en fase de extinción, la degradación de un paisaje, el valor cultural de un monumento natural, etc. Por ello los métodos utilizados deberían castigar con una ponderación máxima aquellos impactos potenciales que alcanzan categoría de impacto crítico, tal y como está definido en el Real Decreto 1131/1988 de 30 de septiembre.

Entre las metodologías de tipo cualitativo, tenemos : Empleo de matrices de identificación causas-efecto donde después de realizar una caracterización del impacto, se hace un dictamen (Fig. 4) sobre los siguientes puntos:

- La 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.
- La probabilidad de ocurrencia o riesgo de aparición del efecto, sobre todo de aquellas circunstancias no periódicas pero sí de gravedad, alta (A), media (M), o baja (B).
- La afectación o no a recursos protegidos, entendiendo por tales tanto monumentos de patrimonio histórico-artístico, arqueológico y cultural, espacios naturales protegidos endemismos y especies animales y vegetales protegidos, como elementos relacionados con la salud e higiene humanas, infraestructura de utilidad pública, etc.

A la vista de las características del impacto y del resultado del citado dictamen se resume la valoración global del efecto de la acción, su magnitud, según la siguiente escala de niveles de impactos:

Compatible: impacto de poca entidad. En el caso de impactos compatibles adversos habrá recuperación inmediata de las condiciones originales tras el cese de la acción. No se precisan prácticas correctoras.

ELEMENTOS CARACTERÍSTICAS Y PROCESOS AMBIENTALES SUSCEPTIBLES DE SER AFECTADOS POR LA ACTIVIDAD MINERA A CIELO ABIERTO		CARACTERÍSTICAS DE LOS IMPACTOS								DICTAMEN			VALORACION									
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12		13							
		BENEFICIOSO	ADVERSO DIRECTO	ADVERSO INDIRECTO	SEVERIDAD O ACUMULACION SI NO	TEMPORAL	PERMANENTE	LOCALIZADO	EXTENSIVO	PROXIMO A LA FUENTE	ALBADO A LA FUENTE	REVERSIBLE	IRREVERSIBLE	RECUPERABLE	IRRECUPERABLE	MEASURAS CORRECTIVAS SI NO	PROBABILIDAD DE OCURRENCIA A M O	SEVERIDAD SI NO	COMPATIBLE	SEVERO	CRITICO	ALBENCA DE IMPACTOS SIGNIFICATIVOS
ATMOSFERA	• COMPOSICION DE LA ATMOSFERA		Δ	Δ		Δ		Δ	Δ		Δ		Δ	Δ	•	Δ						
	• NIVEL DE RUIDOS																					
AGUA	• AGUA SUPERFICIAL		Δ	Δ		Δ		Δ	Δ		Δ		Δ	Δ	•	Δ						
	• AGUA SUBTERRANEA		Δ	Δ		Δ		Δ	Δ		Δ		Δ	Δ	Δ			Δ				
SUELOS	• CARACTERÍSTICAS EDAFICAS																					
	• USOS DEL SUELO		Δ	Δ		Δ		Δ	Δ		Δ		Δ	Δ	•	Δ						•
VEGETACION	• ESPECIES Y COM. VEGETALES		Δ	Δ		Δ		Δ	Δ		Δ		Δ	Δ	•	Δ						•
FAUNA	• ESPECIES Y POBLAC. ANIMALES		Δ	Δ		Δ		Δ	Δ		Δ		Δ	Δ	•	Δ						
PROCESOS ECOLOG.	• CADENAS Y REDES TROPICAS		Δ	Δ		Δ		Δ	Δ		Δ		Δ	Δ	•	Δ						
PROCESOS GEOFISICOS	• INUNDACION		Δ	Δ		Δ		Δ	Δ		Δ		Δ	Δ	•		Δ					
	• EROSION		Δ	Δ		Δ		Δ	Δ		Δ		Δ	Δ	•	Δ						•
	• SEDIMENTACION		Δ	Δ		Δ		Δ	Δ		Δ		Δ	Δ	•	Δ						
	• INESTABILIDAD		Δ	Δ		Δ		Δ	Δ		Δ		Δ	Δ	•		Δ					
MONOX. Y PAISAJE	• SISMICIDAD (VIBRACIONES)																					
	• SUBSIDENCIA		Δ	Δ		Δ		Δ	Δ		Δ		Δ	Δ	•			Δ				
MONOX. Y PAISAJE	• MODIFICACIONES EN EL PAISAJE		Δ	Δ		Δ		Δ	Δ		Δ		Δ	Δ	•	Δ						•

Figura 4. Caracterización de impactos ambientales en minería energética. Acción productora de impactos analizada: Modificaciones fisiográficas.

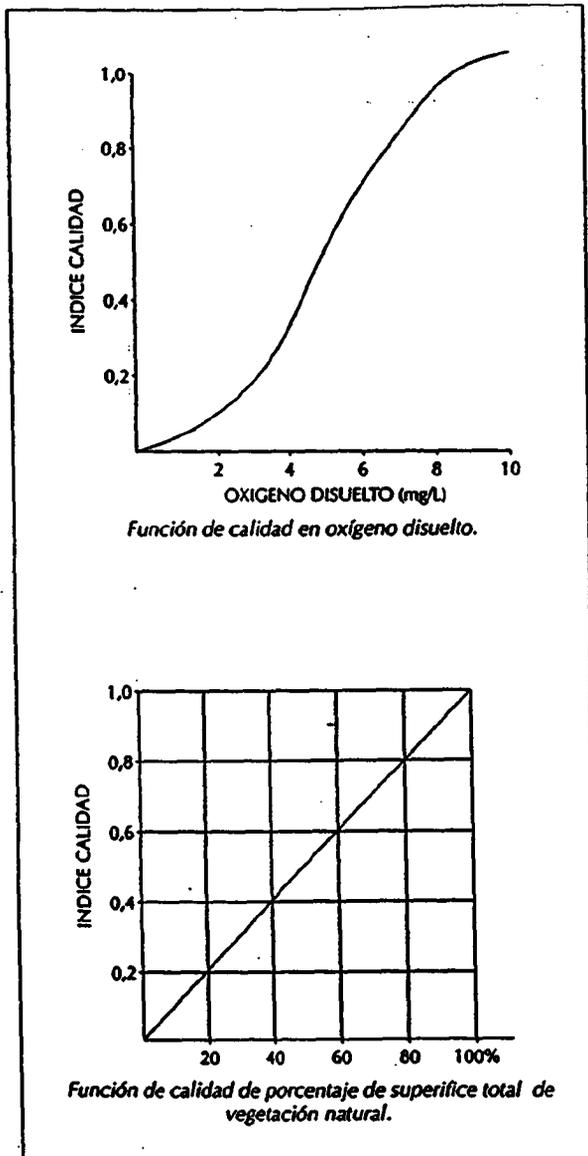


Figura. 5

Moderado: la recuperación de las condiciones originales requiere cierto tiempo y es aconsejable la aplicación de medidas correctoras.

Severo: la magnitud del impacto exige, para la recuperación de las condiciones iniciales del medio, la introducción de prácticas correctoras. La recuperación, aún con estas prácticas, exige un período de tiempo dilatado.

Crítico: la magnitud del impacto es superior al umbral aceptable. Se produce una pérdida permanente en la calidad de las condiciones ambientales, sin posible recuperación de dichas condiciones. Es poco factible la introducción de prácticas correctoras.

Se indica también si existe ausencia de impactos significativos por causa de la acción analizada, en cuyo caso no es necesaria la descripción del impacto objeto de los párrafos anteriores (Carlos López Jimeno).

Entre las de tipo cuantitativo utilizadas en minería, el proceso seguido, bien en forma matricial o de algoritmo,

es el método de Battelle modificado. Este método define una lista de indicadores de impacto (parámetros ambientales). El método pretende definir un sistema en el que los parámetros ambientales sean evaluados en unidades comparables, mediante índices de calidad ambiental, a través de funciones de calidad ambiental valoradas de 0 a 1 (Fig. 5); posteriormente cada unidad de calidad ambiental (Ic_{ai}) se multiplica por un índice ponderal o peso que se atribuye al Ica_i según su importancia en el Proyecto. El impacto neto será

$$(U.I.A.)_i = Ica_i \times (UIP)_i$$

La evaluación final es la que tendría el medio si se lleva a cabo el proyecto (con proyecto) y la que tendría el medio (sin proyecto).

$$(U.I.A.)_i \text{ con proyecto} - (U.I.A.)_i \text{ sin proyecto} = (U.I.A.)_i \text{ del proyecto, según el indicador } i.$$

Como la unidad de impacto ambiental (U.I.A.), evaluada para cada indicador es comensurable, podemos evaluar y comparar el impacto global de las diversas alternativas de un mismo proyecto para así determinar la óptima.

4. MEDIDAS CORRECTORAS. INGENIERIA DE RESTAURACION

Una vez determinados y evaluados los impactos ambientales producidos por una explotación minera, debe procederse a tomar las medidas correctoras necesarias para paliar o compensar sus efectos.

Estas medidas correctoras se referirán tanto a los impactos temporales, producidos únicamente durante el tiempo que dura la explotación, como a los impactos definitivos que queden al término de la operación minera, constituyendo estas últimas el plan de restauración.

En general, frente a los impactos temporales cabe adoptar dos tipos de medidas correctoras: las de carácter preventivo, destinadas a evitar que se produzca el efecto impactante, y las correctoras propiamente dichas cuyo objetivo es paliar total o parcialmente la alteración producida. De ser posible son siempre preferibles las medidas preventivas, pues las meramente correctoras en la mayor parte de los casos sólo tienen efectos limitados.

Para determinar las medidas correctoras más eficaces en cada caso, deberá procederse a analizar cada uno de los procesos que producen impactos temporales, buscando las actuaciones más adecuadas, tanto de carácter preventivo como de corrección de los efectos.

Vamos a relacionar a continuación los impactos temporales más habituales en una explotación minera a cielo abierto y las principales medidas correctoras de los mismos.

— Emisión de polvo, tanto en la explotación como en las pistas de transporte y planta de tratamiento.

Medidas correctoras

El riego de pistas y acopios de material, utilización de agua y colectores de polvo en la perforación, planificación y control de tráfico de vehículos de transporte, riego de las pistas más frecuentadas, confinación de los elementos pulvigenos de la planta de tratamiento en estructuras estancas (carenados, filtros, etc.), creación de pantallas de vegeta-

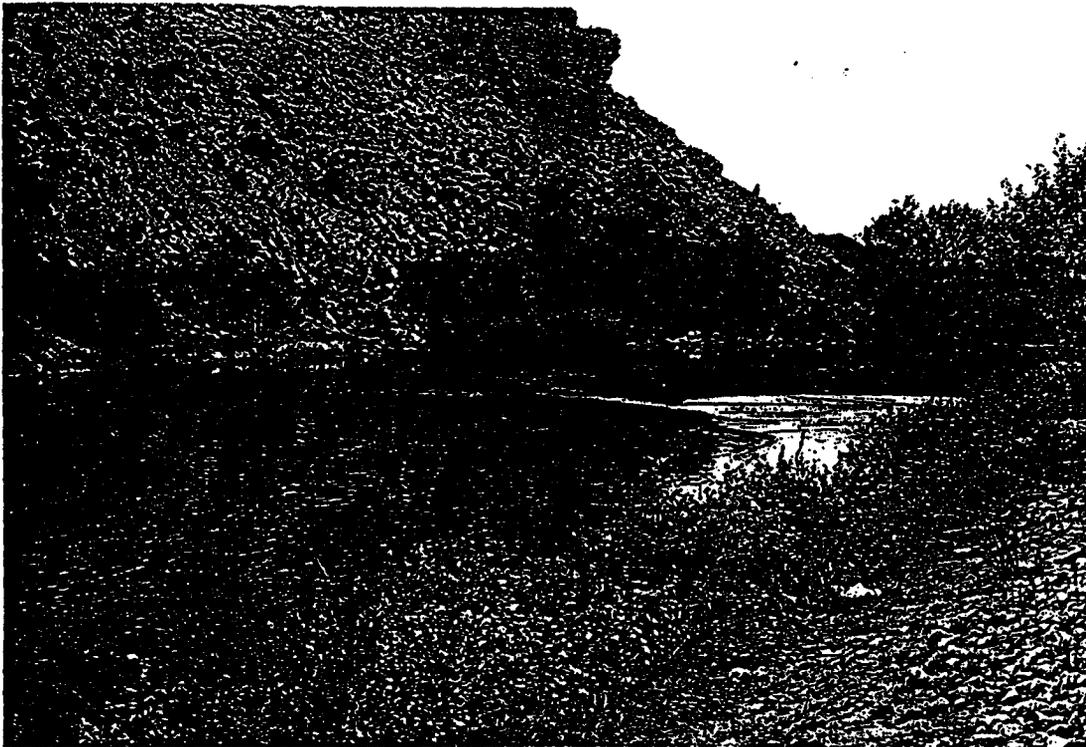


Foto 2. Vertido de lodos, procedente del lavado de arenas, al río Jarama.

ción. El control puede realizarse mediante la instrumentación normalizada por la Ley de Protección Atmosférica.

- Ruidos y vibraciones en la perforación, en operaciones de carga, transporte y descarga y en la planta de tratamiento.

Medidas correctoras

Utilización de compresores y perforadoras de bajo nivel sónico, revisión y control periódico de los silenciadores de los motores, utilización de revestimientos elásticos en tolvas y cajas de volquetes. Creación de pantallas aislantes. El control puede realizarse mediante una campaña de sonómetros y la reducción de niveles aconsejado universalmente.

- Vibraciones, proyecciones y onda sónica producidas por las voladuras necesarias para el arranque del mineral.

Medidas correctoras

Utilización de explosivos de baja densidad, preparación de desacoplamiento o espaciado de la carga, disminución de la carga de explosivo por microrretardo, cubrición del cordón detonante en toda su longitud, retacado cuidadoso de los barrenos. En general deberá realizarse un diseño cuidadoso de la voladura, tanto de la calidad y cantidad del explosivo a utilizar como de la geometría del frente y de los barrenos, procurando minimizar la presión de barreno y optimizar el consumo específico de explosivo. El control debe realizarse acudiendo a los niveles de velocidad de partícula aconsejado por las I.T.C. de Minierterio de Industria sobre vibraciones producidas por voladuras.

- Emisión de efluentes líquidos. Pueden ser de tipo fi-

sico, sólidos en suspensión procedentes de la planta de tratamiento en procesos de beneficio del mineral por vía húmeda, o de tipo químico procedentes del bombeo del agua de la mina (cambios de pH, metales pesados) o de la planta de tratamiento (cambio pH, metales pesados, componentes orgánicos).

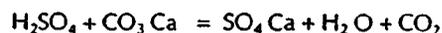
Otro aspecto a significar dentro de estos impactos temporales o transitorios es el producido por extracciones de barras de gravas y en el curso de un río o en la llanura de inundación. Efecto que produce un alto deterioro tanto por la modificación de la dinámica fluvial, con aumento de la carga sólida, erosión en riberas como por la pérdida de la vida piscícola y pérdidas de vegetación de ribera. Este tipo de extracciones salvo casos especiales de regulación de inundaciones deberían estar absolutamente prohibido por el perjuicio que ocasiona.

Medidas correctoras

Las medidas preventivas más eficaces son, impedir la entrada del agua de lluvia en la explotación, esto se logra con canales perimetrales que lleven el agua a balsas de decantación, al mismo tiempo que se ahorra energía al tener que bombear menor cantidad de agua de la explotación.

Cuando se producen aguas ácidas como consecuencia de la presencia de pirita, su corrección se consigue mediante neutralización, oxidación y precipitación.

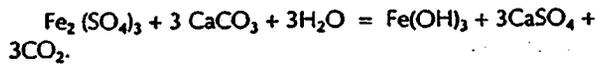
- 1) Neutralización con una base con cal o caliza.



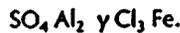
- 2) Oxidación del ión ferroso a férrico (insoluble).

Esto se logra mediante la oxigenación de las aguas en tanques.

- 3) Precipitación de los hidróxidos ferricos con cal o caliza.



En el caso de suspensiones coloidales, éstas precipitan añadiendo floculantes, generalmente de cationes polivalentes Fe y Al.



La eliminación de metales pesados se pueden lograr mediante ciénagas de plantas hidrofítas (aneas, juncos, carrizos, etc.) plantas con gran capacidad de absorción de metales pesados.

La contaminación física por arrastre de sólido en los procesos de tratamiento del mineral por vía húmeda se logra mediante balsas de decantación.

Impactos permanentes: Entre los impactos permanentes cabe citarse. Impactos residuales que afectan a: Formas y volúmenes, paisaje, suelo y vegetación, contaminación, química. Los dos primeros están íntimamente ligados a la tipología geológica del yacimiento y por tanto al Proyecto de explotación que condiciona el modelo geométrico de ésta. Según la tipología geofísica del yacimiento podemos distinguir «grosso modo» canteras, minería de transferencia y cortes.

Las canteras son explotaciones de rocas con aprovechamiento del mineral que puede llegar al 100% y como consecuencia la formación de grandes huecos. La minería de transferencia es propia de yacimientos en capas horizontales, subhorizontales o verticales de gran corrida. Permite transferir estériles a medida que la explotación avanza y por tanto recuperar el hueco de la explotación, únicamente queda como impacto residual la escombrera de exterior o escombrera del hueco inicial de la explotación, definido a su vez por el ratio límite económico y por el espacio que permite el movimiento de maquinaria de arranque, carga y transporte. Es propio de yacimientos de carbón. Las cortas son características de yacimientos en el que el parámetro que predomina es el vertical. El yacimiento profundiza y con él, el hueco de la explotación. Este tipo no permite ni la transferencia de estériles ni su relleno, por lo que el impacto residual será una escombrera y un hueco de grandes dimensiones; es propio de yacimientos metálicos.

Que estos impactos residuales sean mínimos y no destaquen del medio circundante depende de dos factores dominantes. El diseño geométrico de la explotación y el punto de ataque, así como del modelado de taludes, accesos a la explotación y protección de vistas.

El diseño geométrico de menor impacto paisajístico y visual es aquel en que las modificaciones fisográficas (morfología y paisaje) se mimetizan con el entorno tanto en lo referente al resalte de líneas geométricas y ángulos; como de visibilidad desde corredores visuales o núcleos urbanos.

El punto de ataque de la explotación debe ser aquel que permita el menor impacto visual durante el tiempo que dura la explotación.

Para ello se seleccionan las partes más visibles como punto de primera recuperación ambiental al tener secuencias de tiempo de explotación menor (Fig. 6). Tanto el diseño geométrico como el punto de ataque son función de los siguientes factores:

- Operación minera rentable
- Topografía final estructuralmente estable, sin riesgos.

El modelado de taludes: Aunque lo ideal sería el relleno del hueco final, no siempre es posible, bien por falta de estériles o por motivos económicos.

El modelado de taludes en roca en aquellas explotaciones cuyo impacto residual es un hueco, debe diseñarse de manera que sus alturas permitan una recuperación ambiental rápida y sencilla y esto se logra con bancos de altura inferior a los 15 metros, taludes de trabajo que suelen llevarse en las explotaciones metálicas y de carbón. Ya que alturas superiores suponen un coste mayor de perforación y voladura, mayores desviaciones en la perforación y mayores problemas de estabilidad. En el caso de materiales disgregables, la conformación de taludes es más sencilla al no ser necesario la voladura; en estos casos lo ideal es ir a taludes de banco únicos con pendientes inferiores a los 20° con longitudes máximas de 25 metros para evitar el arrastre de finos por la escorrentía de aguas pluviales.

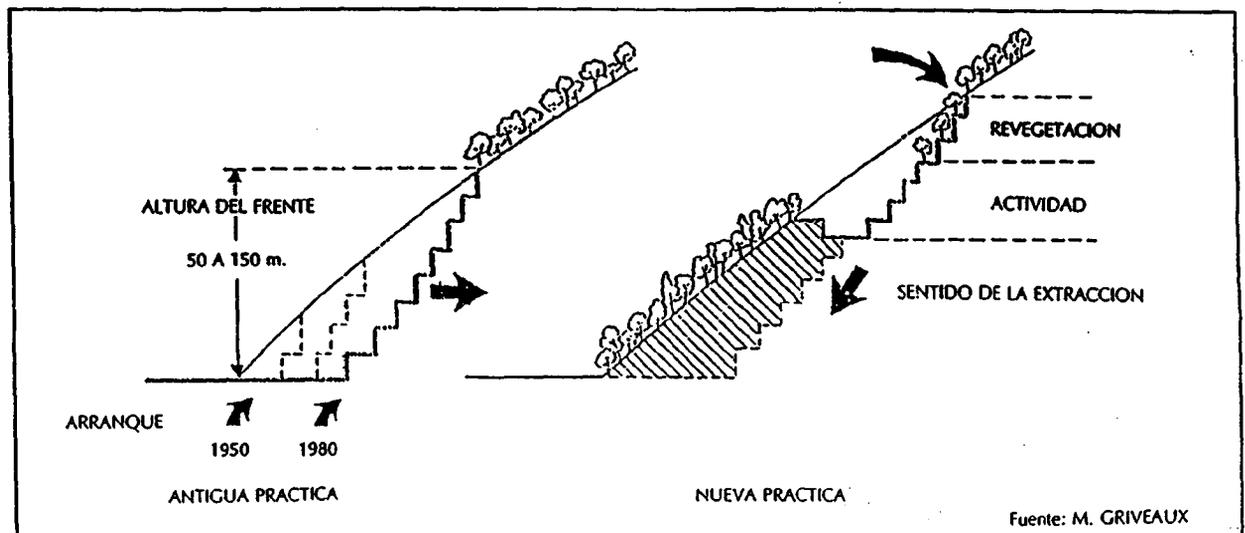


Figura. 6. Recuperación ambiental por niveles descendentes.

En lo referente a escombreras, éstas pueden ser escombreras de interior que ocupan el antiguo hueco minero y que se modelan por los estériles de la transferencia. La forma de estas estructuras dependen mucho de la topografía de la zona. Sin embargo, cuando el uso definitivo es agrícola, agrícola-forestal o agropecuario, las estructuras deben mantener el equilibrio entre la máxima capacidad de vertedero y la máxima capacidad de meseta o superficie plana.

En el caso de escombreras de exterior o escombreras propiamente dicho éstas deben modelarse de acuerdo a la topografía y relieve del entorno, en todo caso sus taludes deben ser estables y que permitan la instalación del suelo vegetal y el progreso de la vegetación.

Acceso a la explotación o instalaciones: El acceso a la explotación e instalación deberá realizarse de forma que se evite el impacto visual, para ello se deben evitar las entradas frontales, alejamiento de los corredores visuales, etcétera.

Protección de vistas: Elección de huecos en zonas ocultas de vías de comunicación o núcleos urbanos. Esto se puede lograr, siempre que los recursos lo permitan, con ataque de la explotación en laderas opuestas a zonas visibles, dejando zonas sin explotar, como muretes naturales, explotación en forma de tronco de cono.

Mediante aprovechamiento de cortinas naturales de vegetación que actúan como pantalla visual, sónica y contra el polvo.

Mediante la construcción de pantallas artificiales de árboles de crecimiento rápido, terraplenes, etc.

Suelo y vegetación: El suelo como soporte de la vida vegetal y animal debe separarse durante el tiempo que dura una explotación, si éste no se puede reinstalar en un período de tiempo corto, debe mantenerse apilado en montones o filas de poca altura para evitar su compactación, así como revegetarse para que no pierda sus propiedades químicas. Las leguminosas tienen la propiedad de fijar al nitrógeno del aire y fijarlo en el suelo, enriqueciendo éste en nitrógeno.

En aquellas canteras en las que el suelo es escaso se puede crear un suelo artificial previo tratamiento con el rechazo de las fracciones más finas (polvo) de difícil salida al mercado y con los lodos del rechazo de lavado de las arenas, en el caso de las graveras.

Reinstalado el suelo vegetal, se realiza una primera siembra con herbáceas (gramíneas y leguminosas) para crear una alfombra protectora que evite la erosión del suelo. Posteriormente y en función del uso del terreno se realiza una revegetación con arbustos y arbolado. Para ello deben buscarse especies que sean fáciles de conseguir en el mercado. En el caso de explotaciones que permitan la recuperación de terrenos durante el tiempo que dura la explotación, es conveniente la creación de un vivero propio, con arbustos y árboles.

La siembra de semillas puede ser de tres tipos, siembra de hileras, a voleo e hidrosiembra, cada una de ella depende de los factores climáticos, edáficos, topográficos y económicos.

La hidrosiembra es un caso especial de siembra de semillas mediante proyección de éstas a presión. Este método es utilizado en explotación de difícil acceso (taludes pronunciados, frentes de cantera) y con suelo muy escaso.

Tiene como principal inconveniente su carestía, ya que puede encarecer la revegetación con un sobre costo de 80 a 100 ptas/m².

En el caso de los vertederos procedentes de minería metálica o de carbón la formación de una cubierta vegetal puede encontrar serias dificultades, debido principalmente a la acidificación por la oxidación de los minerales piríticos. Si no se controla el pH, este cambio puede dar lugar a la pérdida de la cubierta vegetal instaurada. En estos casos habrá que hacer un tratamiento con caliza, CaO ó hidróxido cálcico. El primero es un encalante de acción lenta, los dos siguientes son encalantes de acción rápida que pueden crear trastornos a la microbiología y son menos recomendables que la caliza.

Hay otros métodos para prevenir y corregir el pH ácido por oxidación de piritas, tales como impermeabilizar las formaciones mediante arcillas o combinar varios como impermeabilizar para evitar la oxidación, poner encima una cubierta de caliza lo más finamente molida y encima el suelo vegetal, etc.

Un método efectivo y barato es la compactación de las escombreras, ya que de este modo se disminuyen los huecos y el oxígeno necesario para la oxidación.

Contaminación química: Se puede producir debido a realizaciones defectuosas en el diseño de escombreras, focos de emisión mal sellados y pueden afectar tanto a los suelos como al agua bien sea superficial o subterránea. Las escombreras provenientes de minería de carbón y metálica, que contienen pirita, puede producir aguas ácidas y disolución de métodos pesados, sino se han construido convenientemente. La lixiviación de la pirita de escombreras se puede evitar compactando la escombrera en tongadas de pequeño espesor que eviten la porosidad y contenido de oxígeno, la impermeabilización de éstas con arcilla, cenizas volantes, una última capa de caliza y la vegetación uniforme de la escombrera que al absorber el agua evita la oxidación de las formaciones piríticas.

5. PLAN DE RECUPERACION AMBIENTAL

Tiene como objetivo la vuelta del terreno, bien a los usos vocacionales del territorio u a otro tipo de uso acorde con las necesidades territoriales del suelo. En el primer caso, supone una recuperación ecológica del suelo (uso agropecuario, recuperación de bosques, etc.), en el segundo caso, la recuperación ambiental puede ir desde un aspecto recreativo a un uso industrial o de servicios.

El Plan de Recuperación Ambiental pasa por su integración en los Planes de Ordenación Territorial a nivel regional y municipal. Este puede ser de una gran ambición como es el caso de la vuelta a la etapa serial en que encontraba vegetación original, lo cual supondrá, además de recuperación de cursos de agua, manantiales, topografías y drenajes similares, corrección de suelo, la plantación de la vegetación autóctona o de otro tipo que permita el paso a esa etapa serial, lo cual puede suponer la creación de viveros desde el mismo momento en que se aprueba el Proyecto de Explotación. En todo caso quedará un impacto residual imposible de corregir huecos, escombreras y en el caso más favorable desniveles topográficos importantes. En la tabla 3 se pueden ver algunos usos de los impactos residuales en función de su entorno y características.

TABLA 3

CANTERA	ENTORNO	RECUPERACION AMBIENTAL	CARACTERISTICAS
Afloramiento nivel freático (Aguas superficiales)	Rural	<ul style="list-style-type: none"> — Reserva ornitológica — Caza de aves — Zonas palustres — Zona de recarga 	<ul style="list-style-type: none"> — Pequeña a extensión grande — Pequeña a extensión grande — Gran superficie — Conexión con acuífero
	Áreas urbanas y periurbanas	<ul style="list-style-type: none"> — Recreativo (Estanques ajardinados) 	<ul style="list-style-type: none"> — Nivel freático permanente o con pocas oscilaciones.
Afloramiento nivel freático (Aguas profundas)	Rural	<ul style="list-style-type: none"> — Pesca — Piscifactoría — Deportivo — Zona de recarga — Almacenamiento de agua 	<ul style="list-style-type: none"> — De pequeña a gran extensión — De pequeña a gran extensión — Mediana a gran extensión — Conectado con acuífero — Gran volumen
	Áreas urbanas y periurbanas	<ul style="list-style-type: none"> — Pesca — Deportivo — Recreativo 	<ul style="list-style-type: none"> — Pequeña a gran extensión — Mediana a gran extensión — Pequeña a gran extensión
Canteras secas	Rural	<ul style="list-style-type: none"> — Reconstrucción ecológica — Agricultura — Repoblación — Zona de recarga — Vertedero 	<ul style="list-style-type: none"> — Seguimiento y vigilancia durante períodos largos (5-25 años). — Pendientes bajas, pedregosidad baja. — Drenaje asegurado. — Sustrato permeable, conexión con acuífero. — Sustrato impermeable, drenaje asegurado.
	Áreas urbanas y periurbanas	<ul style="list-style-type: none"> — Relleno. Inertes — Lago artificial — Zona industrial, servicios, zona recreativa (zonas verdes) 	<ul style="list-style-type: none"> — Problemas de control — Sustrato impermeable — Drenaje asegurado
Cualquier tipo	Cualquiera	<ul style="list-style-type: none"> — Científico-Cultural 	<ul style="list-style-type: none"> — Formas singulares — Yacimientos paleontológicos — Cortes singulares — etc.

BIBLIOGRAFIA

- BARETTINO FRAILE, D. (1991): *Identificación y Evaluación de Impactos Ambientales sobre la Gea. 1^{er} Curso de Evaluación y Corrección de Impactos Ambientales*. ITGE. Madrid.
- COPPIN, N.J. and BRADSHAW, A.D. (1982): *Quarry Reclamation*. Mining Journal Books Ltd. London.
- ESTEBAN BOLEA, M.T. (1989): *Evaluación del Impacto Ambiental*. Fundación MAPFRE. Madrid.
- FUNDACION GOMEZ PARDO (1988): *Seminario sobre la restauración de canteras y minas a cielo abierto*. Madrid.
- GENERALITAT DE CATALUNYA: Departament de Política Territorial i Obres Públiques. (1987). *Recomanacions tècniques per a la restauració i condicionament dels espais afectats per activitats extractives (D.P.T.O.P.)*. Barcelona.
- GOMEZ OREA, D. (1988): *Evaluación de Impacto Ambiental (EIA). Ciudad y Territorio. 75-1*. Instituto de Estudios de Administración Local. Madrid.
- I.G.M.E. (1986): *Bases para la Ordenación Minera y Ambiental de la extracción de picón en las Canarias*. Servicio de Publicaciones del I.T.G.E. Madrid.
- I.G.M.E. (1986): *Estudio geoambiental para la restauración del espacio natural afectado por las explotaciones de carbón en las Cuencas Palentinas*. Servicio de Publicaciones del I.T.G.E. Madrid.
- I.G.M.E. (1986): *Manual para el diseño y construcción de escombreras y presas de residuos mineros*. Servicio de Publicaciones del I.T.G.E. Madrid.
- I.G.M.E. (1987): *Criterios geoambientales para la restauración de canteras, graveras y explotaciones a cielo abierto en la Comunidad de Madrid*. Servicio de Publicaciones del I.T.G.E. Madrid.
- I.G.M.E. (1988): *Criterios geoambientales para la restauración de medio natural en la Cuenca de Padul y El Guadiato*. Servicio de Publicaciones del I.T.G.E. Madrid.
- I.G.M.E. (1988): *Programa Nacional de estudios geoambientales aplicados a la minería (Provincia de León)*. Servicio de Publicaciones del I.T.G.E. Madrid.
- I.T.G.E. (1989): *Manual de Restauración de terrenos y evaluación de Impactos Ambientales de Minería*. Servicio de Publicaciones del I.T.G.E. Madrid.
- JORDA SANUAY, C. (1989): *Consideraciones sobre el impacto y las medidas correctoras en el Eje de Vallvidrera*. O.P. *Revista del Colegio de Ingenieros de Caminos de Cataluña*, n.º 11. Barcelona.
- M.O.P.U. (1987): *Guía para la evaluación de estudios del Medio Físico*. M.O.P.U. Madrid.
- M.O.P.U. (1988): *Guías metodológicas para la elaboración de estudios de impacto ambiental. Carreteras y Ferrocarriles*. Centro de Publicaciones del M.O.P.U. Madrid.
- M.O.P.U. (1988): *Guías metodológicas para la elaboración de estudios de impacto ambiental. Grandes Presas*. Centro de Publicaciones del M.O.P.U. Madrid.
- M.O.P.U. (1989): *Guías metodológicas para la elaboración de estudios de impacto ambiental. Repoblaciones Forestales*. Centro de Publicaciones del M.O.P.U. Madrid.
- R.M.C. (1987): *A practical Guide to restoration*. R.M.C. Group p.l.c. Middlesex.

PROBLEMAS ESPECIFICOS DE PROYECTOS SOMETIDOS A EVALUACION DE IMPACTO AMBIENTAL: VIAS DE TRANSPORTE

Matas López, Rosa María (*) y Pérez del Campo, Pedro (*)

RESUMEN

El marcado carácter lineal y la notable importancia de los impactos indirectos son las dos características que condicionan los estudios ambientales a realizar para la ejecución de las vías terrestres de transporte.

Por otra parte, el carácter de macroactuaciones que conlleva la mayor parte de ellas, aconseja realizar un proceso complejo de aproximaciones sucesivas a la problemática ambiental que conllevan.

Es en las primeras fases de este proceso, en los estudios de selección de alternativas de trazado, cuando el impacto ambiental final va a poder reducirse en gran medida.

De esta forma, en la fase de construcción, los posibles problemas deberán ser menores y estar circunscritos entre márgenes que permitan la adopción de medidas correctoras.

La principal ventaja de este método operativo no sólo radica en obviar problemas críticos, sino que permite un ahorro notable en la partida final, dedicada a la adopción de medidas correctoras.

Palabras clave: Vías de Transporte, Evaluación de Impacto.

1. INTRODUCCION

Las vías de transporte terrestre constituyen una actuación particular entre las actividades humanas con repercusiones ambientales sobre el territorio. Desde una óptica global, existen una serie de características específicas de la misma que determinan en gran medida, los principales tipos de impactos a considerar y por lo tanto las metodologías más aptas para su evaluación y corrección. Entre estas características se pueden destacar:

— Carácter lineal muy acentuado:

Considerando la actuación en su conjunto y dejando de lado algunos elementos especiales, como las variantes de población de autovías, las vías de transporte son elementos de infraestructura cuya afectación espacial viene marcada por una estrecha banda de gran longitud.

Esta banda, gracias a las modernas técnicas de construcción y las crecientes demandas de reducción de los tiempos de transporte por los usuarios, se acomoda cada vez menos a los obstáculos orográficos y geológicos que la naturaleza pone a su paso. El resultado final suele ser una aguda incisión en el territorio cuyas repercusiones finales,

especialmente de orden paisajístico, son tanto o más severas cuanto más transversalmente se cortan las estructuras naturales.

— Notable importancia de los impactos indirectos:

La escasa anchura de la banda, directamente afectada por el cambio en el uso del territorio que supone una vía de transporte, no supone la limitación espacial de los impactos. Fuera de dicha banda se ejercen otra serie de ellos, de importancia y magnitud variables, que suelen representar un problema mayor que el generado en la propia banda de afectación directa, tanto a nivel de caracterización como de corrección.

Entre estos impactos cabe reseñar los debidos a la apertura de pistas de acceso (se han llegado a constatar longitudes totales, en terrenos orográficamente complicados, de hasta tres veces la longitud de la vía principal), las canteras de préstamos de todo tipo (tierras para terraplenes, áridos de hormigón, firmes de rodadura, balasto para ferrocarril, etc.), tanto más numerosas cuanto más desfavorable sea geológicamente la zona atravesada y las escombreras.

No se debe olvidar tampoco, en el caso específico de los ferrocarriles de alta velocidad, la necesidad de abastecer el tendido eléctrico desde la red de alta tensión. Este hecho puede provocar la necesidad de conseguir grandes longitudes de línea eléctrica, en determinadas zonas del Estado, con el importante impacto que ello conlleva.

1.1. La gestión ambiental de proyectos de vías de transporte

En cuanto a la mejor manera de abordar los Estudios de Impacto Ambiental (Es.I.A.) de estas infraestructuras, la experiencia que se está obteniendo a nivel europeo parece confirmar un hecho significativo: si se considera el impacto máximo potencial que estas actuaciones pueden provocar, un 60% del mismo es imputable —y por tanto reducible— al proceso de selección de alternativas de trazado. Una vez decidida la alternativa menos problemática, un 30% del impacto total se le puede asignar al proceso constructivo. El 10% restante puede considerarse un impacto residual de difícil caracterización «a priori».

La importancia del proceso de selección de la ubicación concreta de la vía de transporte es tal, que la Comunidad Europea se encuentra estudiando en estos momentos la conveniencia de proponer una Directiva que obligue a realizar unos Es.I.A. especiales, los denominados Estudios

(*) Ldos. en Ciencias Geológicas. Gerencia de Medio Ambiente de RENFE. Avda. Pío XII, s/n. 28036 Madrid.

Estratégicos de Impacto (S.E.A.), para determinadas actuaciones entre las cuales pueden incluirse elementos como la Red de Autopistas, la Red Europea de Alta Velocidad, etc. (Calderón, 1990). Estos S.E.A. incidirán más que en el Proyecto en sí, como hacen la Directiva en vigor y su transposición a la legislación española, en los estudios de la fase de Planificación.

En este sentido, RENFE realizó en 1988 un estudio en el que se acababa proponiendo una fórmula de actuación denominada G.A.I.P. (Gestión Ambiental Integral de Proyectos) que se ha comenzado a utilizar en el Diseño de la Línea de Alta Velocidad Madrid-Barcelona.

Esta fórmula se asienta en las siguientes premisas, de total validez para cualquier infraestructura lineal que se considere:

- a) La situación ideal es aquella en la que al equipo de Planificación y al de Diseño se integran, desde la génesis de la actuación y como un elemento más, los especialistas ambientales.

De esta forma, la ubicación concreta de la alternativa final se seleccionará tras considerar, no sólo los análisis coste-beneficio, los estudios de trazado y los estudios geotécnicos —hoy habituales—, sino también los estudios ambientales, como un condicionante adicional de primera magnitud.

- b) Los estudios económicos, de trazado y geotécnicos se escalonan, a lo largo de todo el proceso de realización, en una serie de fases caracterizadas por unas determinadas consistencias, en lo que resulta un proceso de aproximaciones sucesivas. Los estudios ambientales deben organizarse de la misma manera.

Se consigue así cumplir con el espíritu del Real Decreto Ley de Evaluación de Impacto Ambiental, de su Reglamento y de la Guía Metodológica del M.O.P.U., en el sentido de considerar como «Proyecto» todos los estudios técnicos que permiten la confección de éste.

- c) Sea cual sea el contenido normativo de los Es.I.A. no existe una metodología única recomendable. Lo más útil parece ser la adopción de procedimientos «ad hoc», establecidos para cada etapa de la G.A.I.P. y para cada Proyecto concreto. De esta forma se tienen en cuenta, no sólo las disponibilidades en plazo y presupuesto —características y diferentes en cada actuación concreta—, sino las peculiaridades del medio en el que se pretende ubicar, absolutamente variables.
- d) Por último, una correcta Gestión Ambiental no acaba, como puede indicar su nombre, en el Proyecto Constructivo. Si se quiere que tenga éxito, el Plan de Vigilancia Ambiental que establece la normativa no debe entenderse como un Anejo de aquel, sino como la obligación de establecer un mecanismo flexible de Control de Calidad Ambiental de la actuación en las fases de construcción y explotación inicial.

Es por ello que, en los recientes procesos de E.I.A. de ciertos tramos de autovías y líneas de ferrocarril, las correspondientes Declaraciones de Impacto Ambiental condicionan su aprobación a la presentación de determinados informes de comprobación, hasta los tres años siguientes a la puesta en servicio de dichas obras.

En los apartados que siguen vamos a incidir en el escalonamiento de los estudios del Proyecto. Este escalonamiento es diferente para el caso de carreteras y de ferrocarril.

GESTION AMBIENTAL INTEGRAL DE PROYECTOS

FASE DE DISEÑO	ESTUDIO DE IMPACTO	INFORMACION	OBJETIVO
E. factibilidad 1/50.000	Estimación preliminar de afecciones (E.P.A.) 1/200.000	Disponible	Localización impactos críticos en alternativas (modificación)
E. previo 1/20.000	Estimación inicial de impacto ambiental (E.I.I.A.) 1/50.000	Disponible • Vuelo fotográfico	Evaluación del I.A. de cada (alternativa) (comparación)
Anteproyecto 1/5.000	Estudio previo de impacto ambiental (E.P.I.A.) 1/20.000	Estudios específicos • Teledetección	Iden. (comparación) prop. medidas correctoras
Proyecto constructivo 1/100-1/500	Estudio detallado de impacto ambiental (E.D.I.A.) 1/1.000-1/10.000	Estudios específicos • Teledetección (ATM)	Diseño medidas correctoras • Plan vigilancia ambiental

Figura 1. Gestión ambiental integral de proyectos para nuevas Líneas de Alta Velocidad ferroviarias (RENFE, 1988).

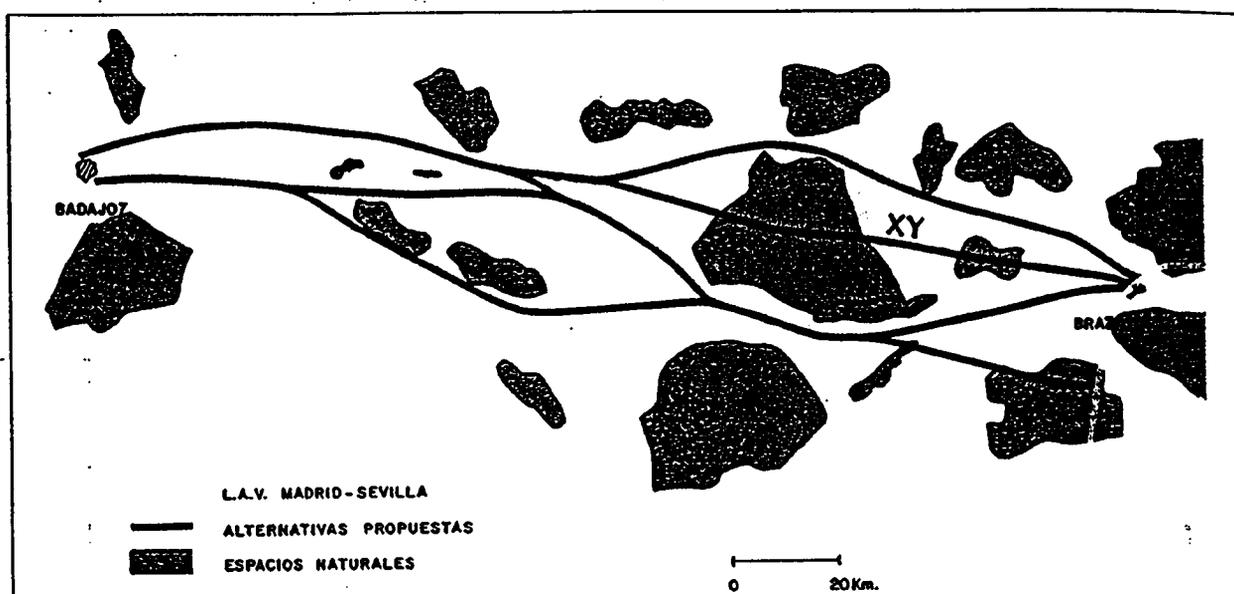


Figura 2. Estudio de alternativas de enlace entre la nueva L.A.V. Madrid-Sevilla con la frontera portuguesa.

riles. En el caso de las carreteras, cada etapa o fase está perfectamente regulada: Estudios Previos, Estudios Informativos, etc., constituyendo lo que se conoce como Procedimiento Sustantivo de Aprobación. En el caso de los ferrocarriles no cabe hablar de un Procedimiento Sustantivo, normalizado, aunque existe un cierto paralelismo con las etapas establecidas en carreteras.

De forma general pueden considerarse cuatro etapas:

- Estudio de Factibilidad.
- Estudio Previo.
- Anteproyecto.
- Proyecto Constructivo.

Las dos primeras, y en casos especiales también el Anteproyecto, constituyen el núcleo de la fase de selección de alternativas del trazado, que se define completamente en la última etapa.

La consistencia de los Estudios Ambientales en cada una de estas fases va a venir definida por:

- Escala de trabajo.
- Información básica disponible.
- Número de corredores o alternativas a estudiar.
- Plazo de ejecución.

En la figura 1 se puede observar un resumen de las fases citadas, así como las escalas de trabajo, la denominación de los Es.I.A. en RENFE y sus objetivos.

Este diseño es independiente del proceso de E.I.A. ante el Organismo Ambiental Competente (O.A.C.), si bien parece claro iniciar el expediente administrativo a nivel de Estudio Previo (nivel medio de selección de alternativas de trazado). De esta forma, durante el propio proceso administrativo, las aportaciones de la fase de información pública podrán ser recogidas, bien a nivel de modifica-

ción de trazados, bien en la elaboración del Plan de Medidas Correctoras.

2. ESTUDIO DE FACTIBILIDAD

2.1. Datos

La fase de Factibilidad, caracterizada por una escala de diseño 1:50.000, estudia la posibilidad de un amplio número de alternativas de trazado. En esta fase se analizan unos corredores en los que, en etapas posteriores, será definido el trazado definitivo.

2.2. Objetivos

La escala de trabajo así como los plazos de tiempo no permiten realizar estudios detallados de impacto aunque sí se ha constatado la necesidad de aproximaciones preliminares que detecten las afecciones críticas.

Por tanto, el objetivo en esta fase es detectar aquellas alteraciones que pueden invalidar una alternativa o que exigen una modificación de las mismas.

2.3. Técnicas de estudio

Los reducidos plazos de tiempo que caracterizan esta fase, hacen recomendable un «chequeo» rápido sobre todas y cada una de las alternativas estudiadas, analizando las características del medio humano y natural más relevantes que pueden verse afectadas en la construcción de la infraestructura.

La metodología propuesta en los estudios medioambientales se basa en la utilización de listas-chequeo y en la superposición de cartografías temáticas.

2.4. Limitaciones del estudio

En la fase de Factibilidad el mayor condicionante de este tipo de estudios está representado por la escala de trabajo. Esto lleva asociado unos plazos de tiempo reducidos,

y por tanto, no pueden realizarse trabajos específicos sobre el medio afectado en cada una de las alternativas.

La información sobre éste se reduce a una recopilación de la existente en el mercado (mapas de uso de suelo y vegetación, geológicos, hidrográficos..., planes de ordenación urbana, estudios monográficos, etc.), generalmente son trabajos a gran escala que no cubren la totalidad del territorio nacional.

De la misma manera, la escala de trabajo determina el grado de definición del trazado y el conocimiento sobre

ta el N de Badajoz en la frontera portuguesa. Aunque se trata de una de las soluciones estudiada, podemos observar en la figura 2, que son muchos los trazados que se analizan así como las posibles conexiones entre ellos.

La cartografía reflejada en el mapa corresponde a espacios naturales de interés. (En algunas comunidades autónomas esta información está disponible a esta escala, en gran parte de ellas es insuficiente).

Se observa claramente que los espacios cartografiados determinan varios corredores con menor importancia ecológica.

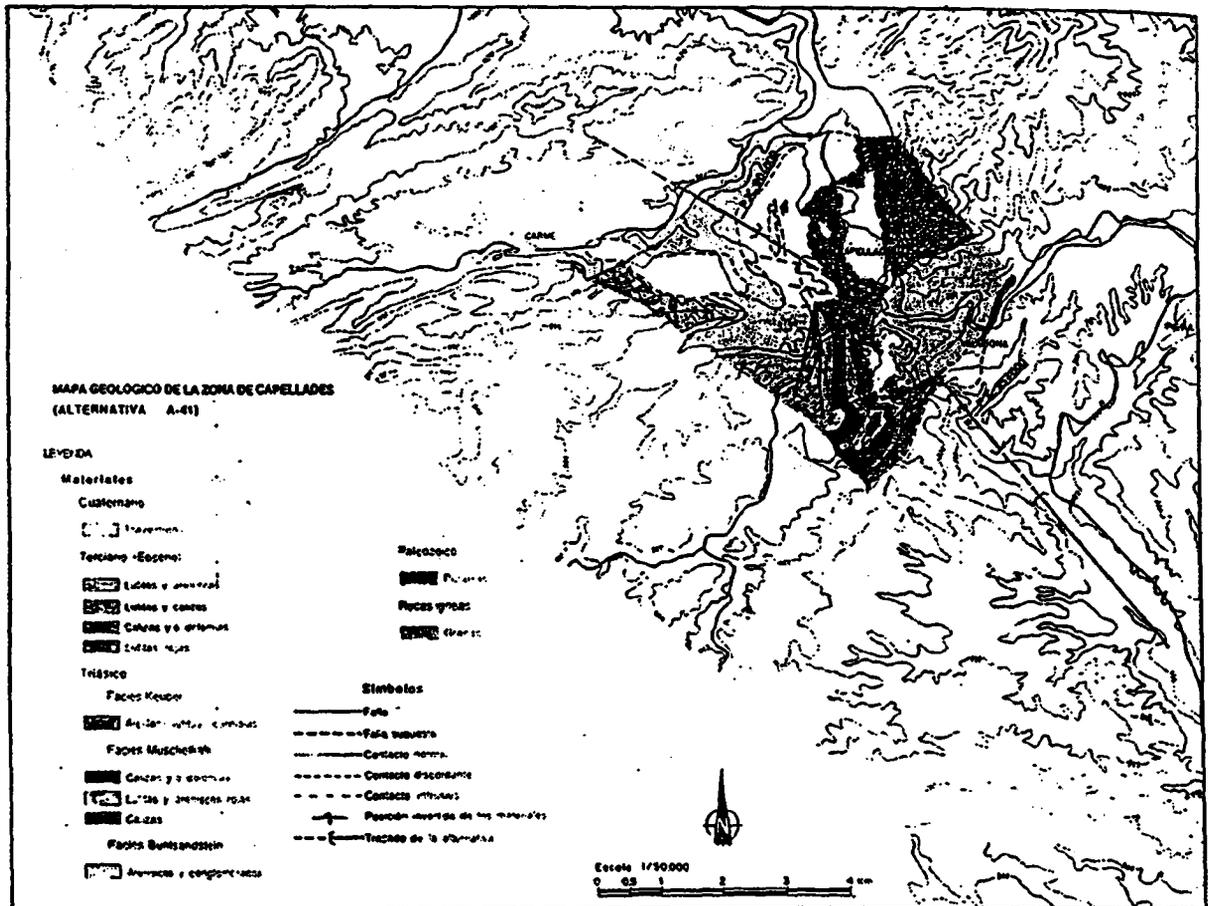


Figura 3. Estudio de Alternativas de trazado para la nueva L.A.V. Madrid-Barcelona en Fase de Estudio Previo (RENFE, 1990): Mapa geológico de la zona de Capellades. (Alternativa A-41; tramo Lérida-Barcelona).

las distintas acciones implicadas. En esta fase, no se tienen datos por ejemplo, sobre canteras de préstamos, volumen de escombreras, accesos, maquinaria necesaria, etc., por lo que es difícil realizar la estimación de las alteraciones que la ejecución de esas actuaciones trae consigo.

2.5. Estimación preliminar de afecciones. Primeras etapas de selección de trazados. Ejemplo

Dentro de las nuevas actuaciones en alta velocidad de RENFE, se han estudiado diversas soluciones de enlace entre Madrid y la red portuguesa; a nivel de Estudio de Factibilidad.

La situada más al sur, partiría desde Brazatortas (aprovechando el primer tramo de la L.A.V. Madrid-Sevilla) has-

Dos de las alternativas estudiadas aprovechan estos corredores, mientras la alternativa central afecta varios de los espacios cartografiados. Por tanto, desde el punto de vista ambiental, el tramo XY señalado en la figura debe desestimarse, o ser sustituido por variantes alternativas al norte o al sur.

3. ESTUDIO PREVIO

3.1. Datos

La escala de diseño es 1:20.000, mientras los estudios que acompañan al de trazado van decalados, realizándose a 1:50.000.

En esta etapa aún sigue barajándose un número importante de alternativas de trazado. La información sobre el

medio es más detallada y se dispone de un vuelo fotográfico específico a escala 1:20.000.

3.2. Objetivos

Desde el punto de vista medioambiental, los estudios realizados en esta fase tienen como objetivos:

1. Identificación y valoración del impacto en cada una de las alternativas de trazado.
2. Comparación de las distintas alternativas y primera selección de aquella(s) solución(es) óptima(s) desde el punto de vista ambiental.
- 3... Apunte de medidas correctoras y estudios específicos que deben realizarse durante el Anteproyecto.

3.3. Problemas

Las características propias de una infraestructura de este tipo, como son la linealidad de la actuación, la multiplicidad de las variantes estudiadas, y los reducidos plazos de tiempo disponibles, aconsejan la utilización de criterios homogéneos a la hora de valorar la alteración originada por cada una de las alternativas propuestas, ya que cada una de ellas puede ser estudiada por distintos equipos.

Esta homogeneidad de criterios representa uno de los principales problemas en esta fase, como consecuencia del desconocimiento del medio (no es posible realizar trabajos

específicos en aquellas zonas que carecen de información) así como de la indefinición del proyecto (todavía hay muchas acciones del proyecto aún no definidas).

3.4. Técnicas de estudio

Los estudios de «Estimación inicial de impacto ambiental» constan de las siguientes fases:

1. Inventario Ambiental: trata de conseguir el mejor conocimiento del medio en aquellos aspectos relacionados con la calidad de éste.
2. Determinación de impactos «a priori». Se ha elaborado una matriz de tipo Leopold, específica para L.A.V., en la que se enfrentan en filas las acciones que conlleva la construcción de la infraestructura y en columnas, aquellos aspectos del medio correspondiente al medio físico, biológico, socioeconómico y cultural.

Se determinan a priori, aquellas interacciones entre medio y proyecto que pueden preverse.

3. Valoración semicuantitativa del Impacto, mediante la utilización de indicadores ambientales de magnitud. En la valoración, intervienen también otros factores que caracterizan el impacto, como la reversibilidad, el plazo de manifestación, etc.
4. Proceso de homogeneización de los valores estimados de impacto, para establecer comparaciones entre

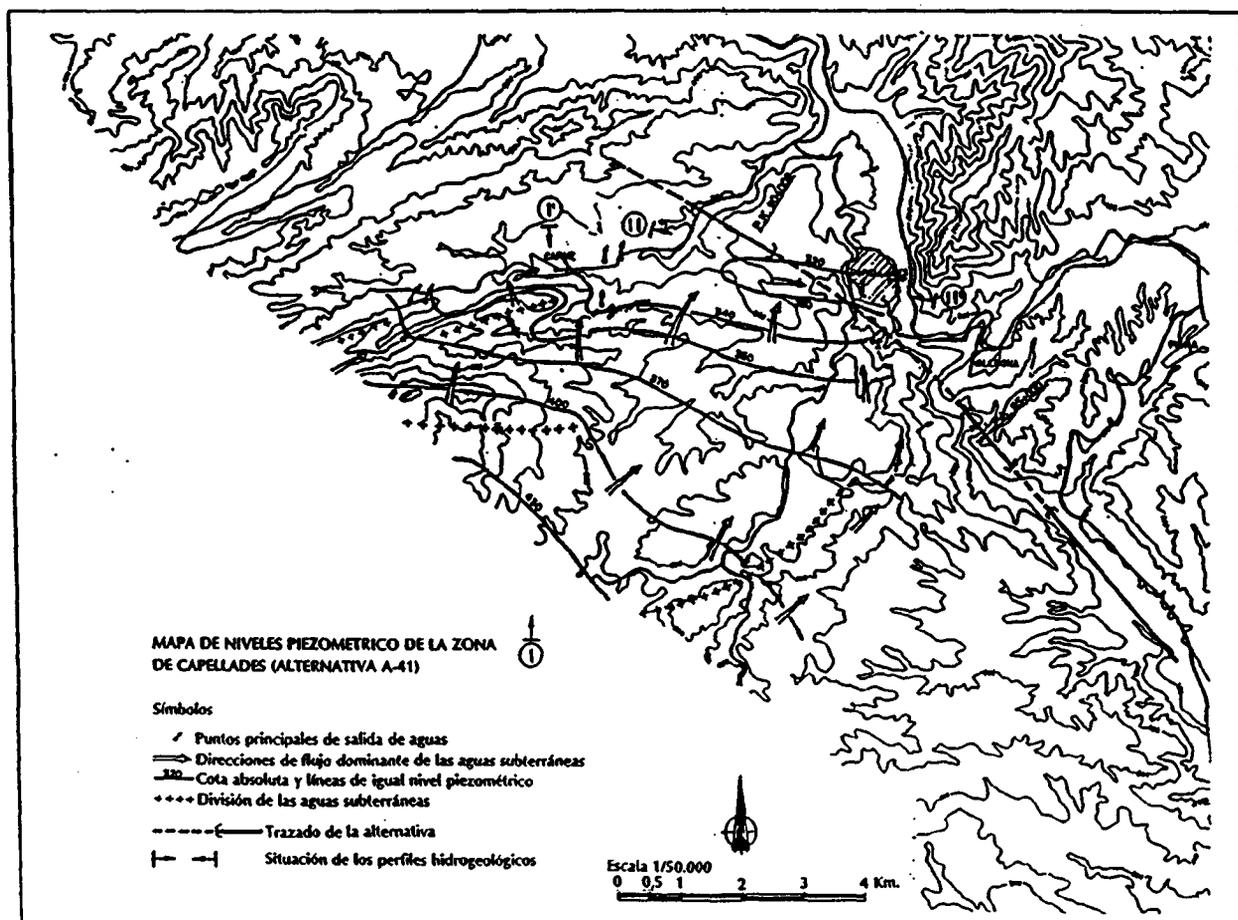


Figura 4. Estudio de Alternativas de trazado para la nueva L.A.V. Madrid-Barcelona en Fase de Estudio Previo (RENFE, 1990): Mapa de niveles piezométricos de la zona de Capellades. (Alternativa A-41; tramo Lérida-Barcelona).

ellos y poder llegar a unas matrices gráficas simplificadas que clasifiquen el impacto en I. Crítico, Severo, Moderado o Compatible (R.D. 1131/1988 Reglamento de 30 de septiembre).

5. Comparación de Alternativas desde el punto de vista ambiental, estableciendo una selección entre ellas. En algunos proyectos en esta fase puede elegirse la solución de trazado, que será definida en el Anteproyecto y en la fase de Proyecto Constructivo. Otras veces, el número de alternativas se reduce notablemente y la elección última del trazado se realizará durante el Anteproyecto.

3.5. Estimación inicial de Impacto Ambiental en fase de Estudio Previo. (E. 1:50.000). Ejemplo

En esta fase, los impactos detectados ya no tienen el carácter crítico de la fase de factibilidad pero, sí se detec-

Macizo del Gaiá, en las inmediaciones del pueblo de Capellades.

El trazado estudiado atravesaba en túnel una zona con alta complejidad hidrogeológica. La tectónica en pliegues y fallas de la zona favorece la circulación subterránea preferente a favor de estas últimas y de los ejes sinclinales de pliegue. De esta forma, se produce una convergencia hacia el E del drenaje de la zona, quedando un conjunto de acuíferos multicapa confinado bajo los materiales paleozoicos impermeables. El nivel piezométrico general de la zona es alto, alcanzando algunas veces los 20 m. por encima de la superficie, siendo, en todo momento, superior a la cota de excavación del túnel.

En este caso se aconsejó la invalidación de la alternativa por problemas geotécnicos en la construcción del túnel, además de por la fuerte afectación que todo el sistema acuífero iba a sufrir y las repercusiones que esto traería

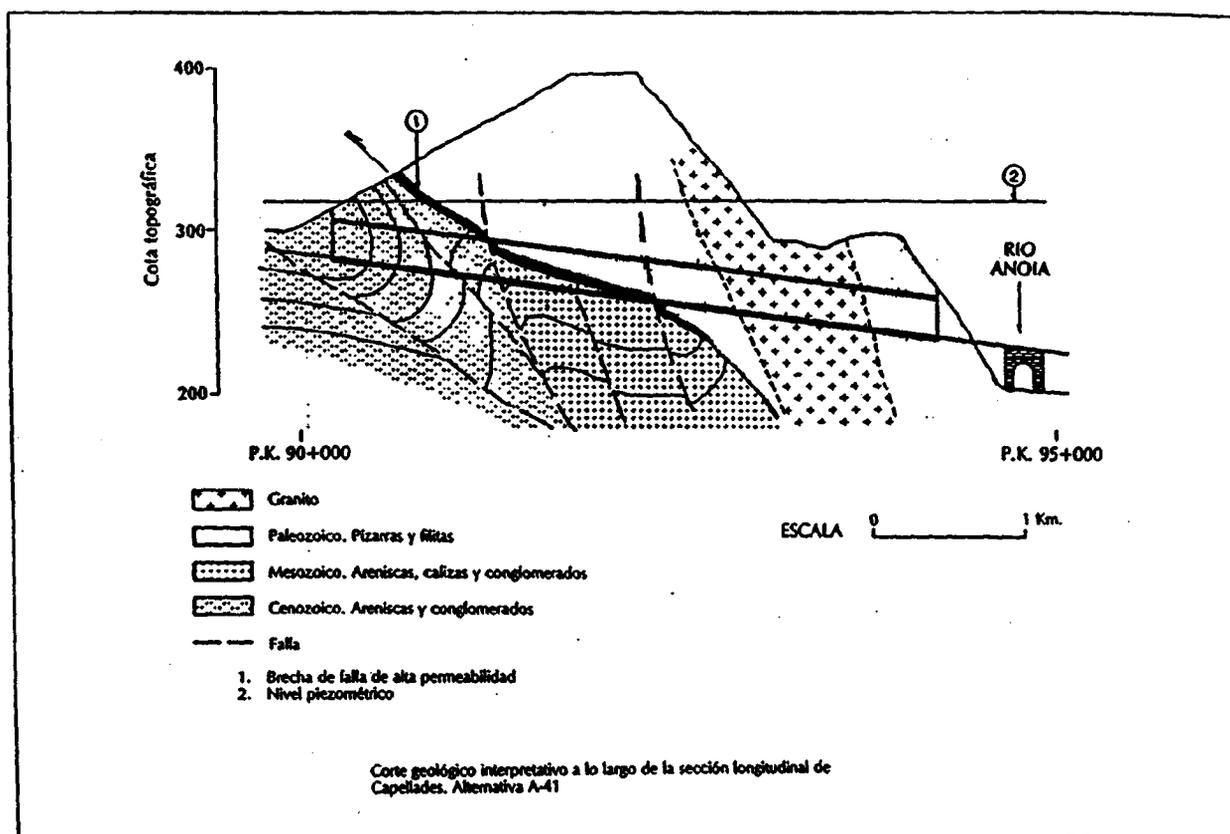


Figura 5. Estudio de Alternativas de trazado para la nueva L.A.V. Madrid-Barcelona en Fase de Estudio Previo (RENFE, 1990): Corte geológico interpretativo a lo largo de la sección longitudinal del túnel de Capellades. (Alternativa A-41; tramo Lérida-Barcelona).

tan problemas puntuales que pueden solventarse mediante la modificación de variantes locales del trazado.

En los siguientes ejemplos, correspondientes al Estudio Previo de la nueva L.A.V. Madrid-Barcelona comentamos algunos de los problemas detectados y la solución o soluciones propuestas para eliminar estos impactos.

3.5.1. Invalidación de la alternativa como consecuencia de problemas hidrogeológicos

Este primer ejemplo (figuras 3, 4 y 5) se localiza en el tramo LERIDA-BARCELONA, concretamente en el

consigo en el área afectada (pérdida de pozos artesianos, modificaciones en áreas de descarga, etc.).

3.5.2. Modificaciones locales de trazado para evitar la afección a dos núcleos rurales

Uno de los primeros problemas detectados en la fase de Estudio Previo, fue la afección de una de las alternativas de trazado en el tramo Zaragoza-Lérida sobre dos núcleos rurales muy próximos entre sí. La traza representaba una barrera física entre ambas poblaciones y el valle, con alta riqueza agrícola, que representa su medio de vida.

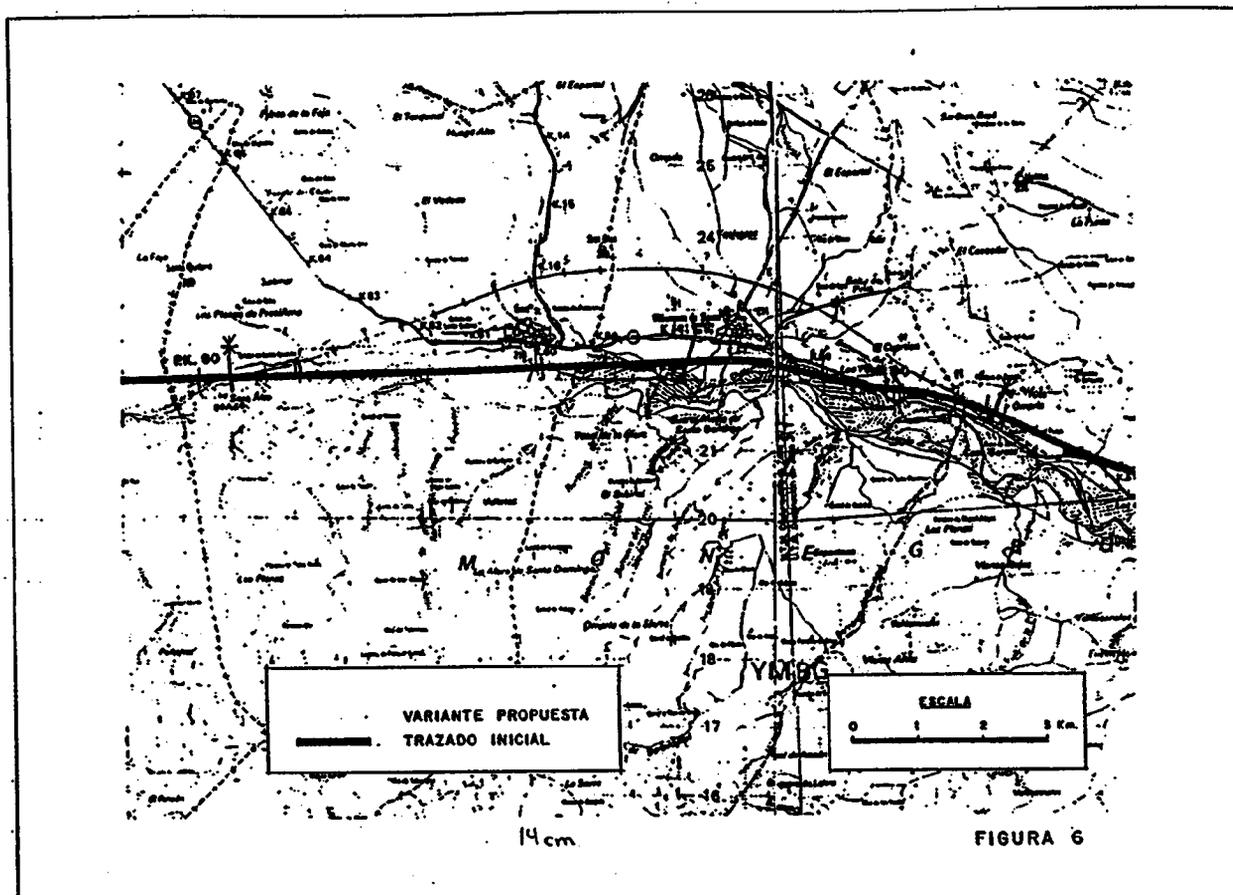


Figura 6: Estudio Alternativo de trazado para la nueva L.A.V. Madrid-Barcelona en Fase de Estudio Previo (RENFE, 1990): Modificación local del trazado para disminuir la afección en el área de Sena-Sigena; valle del Alcanadre. Tramo Zaragoza-Lérida.

La sustitución por una variante (situada al norte en la figura 6) eliminaría este impacto. A su vez, la ejecución de este tramo en variante, incrementaría el presupuesto total en una cantidad del orden de 1.000 millones de pesetas.

3.5.3. Modificación de los parámetros de trazado para minimizar el impacto

En algunas ocasiones se puede detectar una afección importante en un determinado tramo, como por ejemplo la detectada entre Sta. María de Huerta y Alhama de Aragón, en la que el trazado transcurre durante aproximadamente 22 Km por la vega del río Jalón (figura 7). Esto representa una afección alta sobre el uso agrícola del suelo, con alta calidad y productividad en frutales.

La modificación de la rampa, elevándola a 18% o 25% aleja el trazado del valle, eliminando la afección, aunque esto supondría un incremento de casi 3 Km en el desarrollo de la alternativa.

4. ANTEPROYECTO

4.1. Datos

En el Anteproyecto la escala de diseño es 1:5.000. Se realizan en esta fase estudios específicos sobre el medio así como un vuelo de teledetección aeroportado que permite obtener cartografías a 1:20.000. Desde el punto de

vista ambiental se realiza en esta fase el denominado «Estudio Previo de Impacto Ambiental».

4.2. Objetivos

En esta fase tiene lugar la elección del trazado definitivo, si no quedó fijado en fase de Estudio Previo.

Como objetivo fundamental tenemos la realización de estudios detallados sobre algunos aspectos del medio (ruido, fauna, vegetación...) que permitan diseñar la tipología y la ubicación más eficaz de las medidas correctoras, que deben llevarse a cabo durante la obra. Hablamos en esta fase sólo de tipología de actuaciones ya que la escala no permite la definición concreta de las medidas a adoptar.

De la misma manera, a veces no podremos definir la ubicación de algunas actividades, como por ejemplo la localización de escombreras o áreas de préstamos, pero sí tenemos como objetivo prioritario detectar aquellas zonas en las que no se deben realizar estas actuaciones.

4.3. Problemas

Una vez más, los plazos de tiempo representan la mayor limitación en la elaboración de los estudios detallados necesarios en esta fase.

La realización de un vuelo aeroportado y el tratamiento de imágenes facilita, en un corto período de tiempo,

una información detallada y actualizada en algunos aspectos del medio, con son aquellos relacionados con el uso de suelo, la vegetación, las características hidrológicas e hidrogeológicas, así como las comunidades existentes en la zona. (Quevedo y otros, 1990).

Pero, algunos aspectos como la fauna y el ruido, necesitan estudios específicos de campo que llevarían un

4.5. Ejemplo: Detección de zonas susceptibles a problemas de ruido (Cortesía de F.G.C. Carles Sumpsi i Riera)

Recientemente, los Ferrocarriles Catalanes realizaron el Estudio de Anteproyecto de la L.A.V. Barcelona-Frontera. Entre los factores ambientales considerados en el estudio está el problema de la contaminación acústica

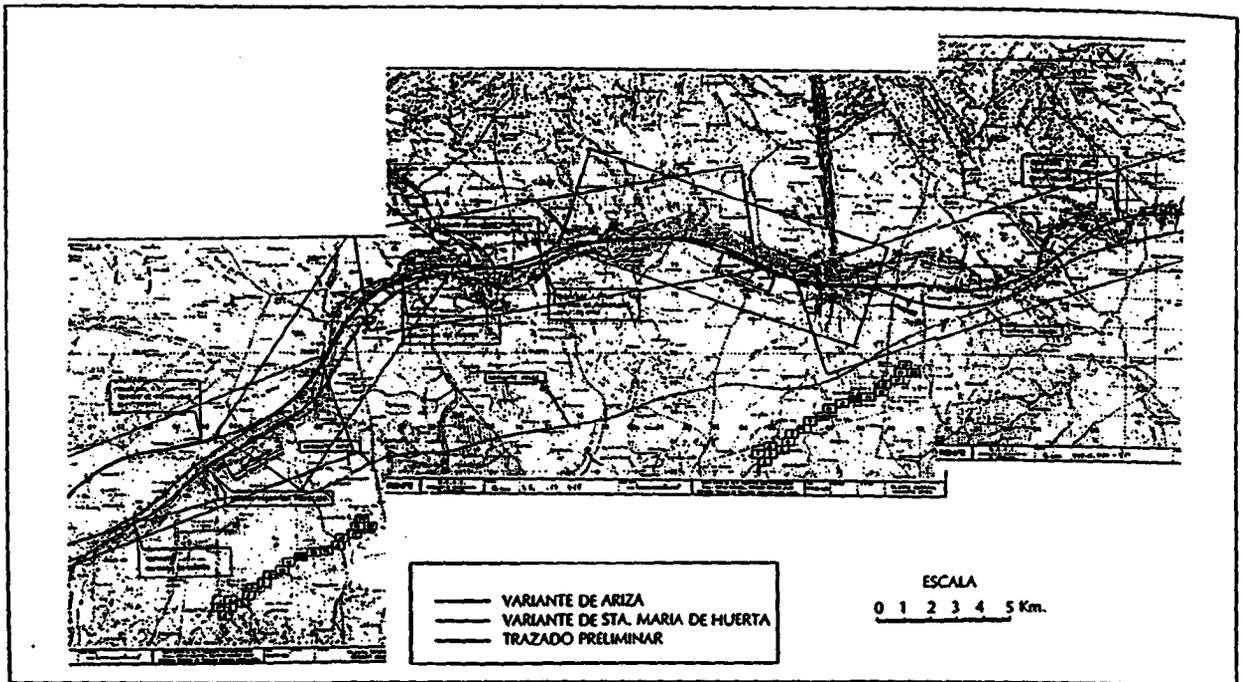


Figura 7. Estudio Alternativo de trazado para la nueva L.A.V. Madrid-Barcelona en Fase de Estudio Previo (RENFE, 1990): Trazados alternativos basados en la modificación de los parámetros de diseño (incremento de la rampa a 18% y 25%, máximos valores permitidos). Tramo Madrid-Zaragoza.

tiempo muy superior al establecido para la fase de Anteproyecto.

4.4. Técnicas de estudio

La metodología utilizada en el Anteproyecto sigue fases equivalentes a la desarrollada en el Estudio Previo, aquilatando las consistencias a la nueva escala de trabajo:

1. Completar de forma actualizada el Inventario Ambiental. El empleo de teledetección permite obtener gran cantidad de datos, optimizando la técnica mediante sistemas informáticos.
2. Determinar los distintos impactos, valorar las distintas alternativas y seleccionar la solución definitiva.
3. Establecimiento del Plan de medidas correctoras; no se trata de un proyecto como tal, sino de un avance que pretende:
 - Por una parte, la localización de las estructuras susceptibles de medidas correctoras.
 - Por otra, la tipificación de las medidas a adoptar.

como consecuencia de la circulación de trenes a alta velocidad.

Por esta razón, se desarrolló un trabajo a E. 1:5.000 cuyo principal objetivo es detectar zonas sensibles en las que existirán problemas de ruido.

Esta escala permite discriminar esas zonas de aquellas que no se verán afectadas por este tipo de problemas pero, no permite diseñar medidas correctoras concretas. Las figuras 8, 9 y 10 muestran los posibles niveles de ruido que pueden alcanzarse en lugares sin obstáculos recorridos por el T.A.V. a 300 Km/h. Para ello se ha tipificado la respuesta predecible en una zona de explanación, en trinchera y en terraplén.

FIG 8: Nivel potencial de ruido en una zona de explanación.

FIG 9: Presenta efectos antagónicos sobre el nivel de ruidos percibidos:

- La zona próxima al terraplén crea una zona de sombra donde el ruido se reduce entre 2 y 4 dB(A).
- Por otra parte, en las zonas más alejadas, se produce un aumento de ruido entre 1 y 3 dB(A) según la distancia (de 1 a 2 dB(A) hasta 50 m y de 2 a 3 dB(A) hasta 3 m).

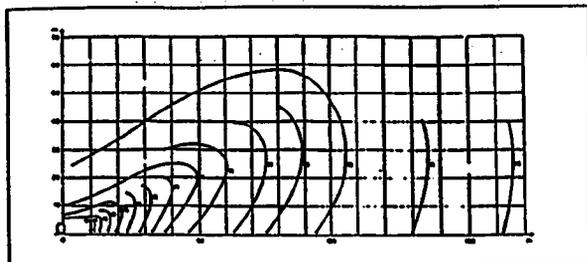


Figura 8. LA eq en pla.

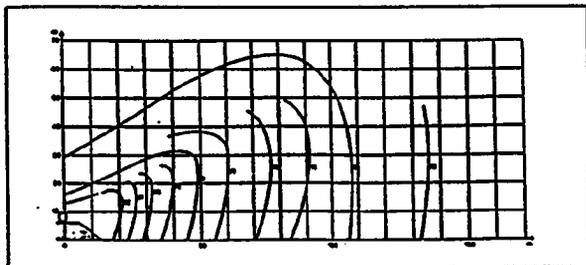


Figura 9. LA eq - Terraplén de 6 m.

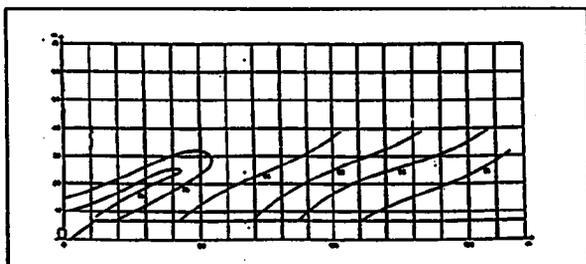


Figura 10. LA eq - Trinchera de 6 m.

Figuras 8, 9 y 10: Anteproyecto de la nueva L.A.V. Barcelona-Frontera Francesa. Cortesía de los Ferrocarriles Catalanes. Carles Sumpsi i Riera: Niveles potenciales de ruido en explanación, en terraplén y en trinchera de 6m. de altura respectivamente. Los valores que muestran las figuras han sido calculados sobre fachadas y por tanto, son superiores en 3dB(A) respecto a los que se alcanzarían en ausencia de éstas.

Esto es debido al hecho de que al encontrarse el foco emisor sobreelevado, el efecto de absorción por el suelo se elimina.

FIG 10: Esta figura pone de manifiesto que las trincheras constituyen una protección natural muy eficaz contra el ruido.

Para completar el trabajo, en aquellas zonas sensibles, y siempre que existan casas a una distancia menor de 200 m se efectúan mediciones de ruido en el estado actual (sin tren) de forma continua. De esta manera conocemos el estado actual del medio (estado cero) y por tanto:

- Se puede prever el grado de molestia y por tanto el descontento y magnitud de las protestas de las personas afectadas.

5. FASE DE PROYECTO CONSTRUCTIVO Y OBRA

5.1. Datos

En esta etapa el estudio ambiental se centra ya sobre una traza definida como óptima, desde todos los puntos de vista que intervienen en la decisión, en las etapas anteriores.

Se dispone de un importante volumen de información hasta la escala 1:20.000, así como una concreción detallada de las actividades constructivas.

5.2. Objetivos

No se trata ya de detectar impactos, que deben estar suficientemente caracterizados ya, sino de cumplir con un doble objetivo:

- Diseño (en ubicación, tipo y coste) de las medidas mitigadoras y correctoras del impacto (Proyecto de Medidas Correctoras) a la misma escala del resto de elementos del Proyecto.
- Elaboración del Plan de Vigilancia Ambiental de la Obra.

5.3. Técnicas de estudio

Para la elaboración del Proyecto de Medidas Correctoras es esencial la realización de una serie de estudios detallados que permitan completar los análisis anteriores; especialmente en los siguientes campos:

- Ubicación concreta de canteras de préstamos, plantas de tratamiento, pistas de acceso a obra y escombreras. Conlleva estudios que compatibilicen el rendimiento económico de la construcción con las limitaciones ambientales. Una línea de investigación interesante consiste en la aplicación de determinados módulos de los G.I.S. (Sistemas de Información Geográfica) en la búsqueda de rutas de transporte o ubicaciones óptimas. Estos módulos han sido utilizados en la planificación del tráfico y en la detección de necesidades de instalaciones hospitalarias y educativas, sobre la base de la definición de puntos de paso obligado y/o prohibido.
- Ubicación concreta de los pasos de fauna y diseño de los mismos. Conlleva estudios etológicos detallados, específicos para la fauna presente en el área afectada.
- Ubicación y diseño de las medidas antirruído. Conlleva la realización de complicados modelos acústicos de simulación a escala real, que tengan en cuenta los factores topográficos, geológicos, faunísticos y sociológicos de detalle.

Resulta esencial no considerar el ruido como un problema exclusivamente urbano. Cuando se trata de atravesar zonas de especial valor natural, estén o no protegidas por una figura legal, es preciso compatibilizar los ritmos y actividades de obra con los períodos vitales de la fauna afectada. A título de ejemplo significativo, una buena planificación de las voladuras, y demás actividades de obra especialmente ruidosas, pueden evitar la interferencia con los períodos de nidificación de aves.

El mecanismo es igual que el que se utiliza en la planificación de actividades en zona urbana, al objeto de cumplir las Ordenanzas Municipales sobre actividades ruidosas y vibraciones, con las limitaciones características en el período nocturno.

Por último, tanto en zona urbana como natural, resulta de interés introducir en el Pliego de Condiciones del Pro-

yecto la obligación por los Contratistas de utilizar maquinaria que cumpla con las disposiciones legales en vigor sobre emisiones de ruido (R.D. 245/89 de 27 de febrero).

- Elección de las especies óptimas vegetales para la restauración de taludes, emboquilles de túneles, pantallas visuales y escombreras. Conlleva estudios botánicos y paisajísticos de detalle que fijen el refinado óptimo de los taludes, el sistema de implantación, el abonado, riego, etc.
- Definición de los Planes de Restauración de canteras de préstamos, de acuerdo con la normativa en vigor (R.D.L. 1131/88, R.D. 2994/82 y disposiciones autonómicas de Castilla-León y Cataluña).

A los efectos de garantizar la efectividad del Proyecto de Medidas Correctoras es absolutamente necesario referenciar todas las actividades que los constituyen respecto al Plan de Obra general de la actuación.

En cuanto a la elaboración del Plan de Vigilancia Ambiental, éste debe asegurar, básicamente:

- El cumplimiento del Proyecto de Medidas Correctoras que, normalmente, será el aprobado en la Declaración de Impacto Ambiental del O.A.C.
- La detección y corrección de situaciones no previstas en el citado Proyecto.

Para ello, este Plan debe ser:

- Flexible y de fácil ejecución.
- Adaptado al carácter lineal de la actuación.
- De carácter ejecutivo.

Respecto a este último punto, de carácter más administrativo que técnico, lo más eficaz es la introducción en el Pliego de Condiciones de la Obra de algún sistema o mecanismo de control económico que asegure su cumplimiento.

A este respecto, y en función del capítulo del Plan de Medidas Correctoras de que se trate, pueden combinarse sistemas de penalización económica directa (retención de certificaciones), sistemas de aval e, incluso, sistemas de seguros especiales.

En RENFE, el planteamiento de estos Planes descansa sobre dos pilares técnicos básicos:

- Empleo de vuelos, seriados en el tiempo, de sistemas de teledetección aeroportada.
- Controles de campo específicos.

Respecto al primer método se trata de volver a volar con el sensor A.T.M., ya utilizado en la fase de anteproyecto, sobre la traza definitiva a intervalos de tiempo perfectamente especificados (preferentemente al culminar los movimientos de tierra — y por tanto la restauración inicial de los taludes—, a la finalización de las obras y pasados 2 ó 3 años de la puesta en explotación de la vía de transporte).

La comparación entre situaciones sucesivas ofrece, por comparación con el estado inicial del medio obtenido antes del comienzo de la actuación, una visión global de la afectación y la detección de puntos conflictivos. Cabe destacar la gran eficacia del sistema en la detección de:

- Interceptación de corrientes subálveas y zonas de recarga mediante la imagen del canal térmico 11.
- Anchura real de la actuación.
- Ubicación y magnitud de escombreras, canteras y pistas de acceso a obra.
- Evolución de las medidas de revegetación previstas en el Proyecto de Medidas Correctoras.

En cuanto a los controles específicos de campo, además de contrastar los aspectos señalados con los sistemas de teledetección, permiten —por sí mismos— la vigilancia de otros aspectos a escala 1:1 como ruidos, fauna (normalidad en la utilización de los pasos de fauna e impermeabilidad de los sistemas de cierre), paisaje, etc.

5.4. Problemas

El esquema ideal apuntado hasta aquí suele generar algunos problemas de orden práctico:

- Mientras que el significado y la obligatoriedad de los Estudios de Impacto Ambiental va calando poco a poco entre los proyectistas, el Proyecto de Medidas Correctoras tiende a ser un Anejo del Proyecto poco respetado en la práctica constructiva. El ritmo de la obra acaba por no respetar los hitos ambientales establecidos y esto acaba repercutiendo, en el mejor de los casos, en una reducción en la efectividad de las medidas (planta-

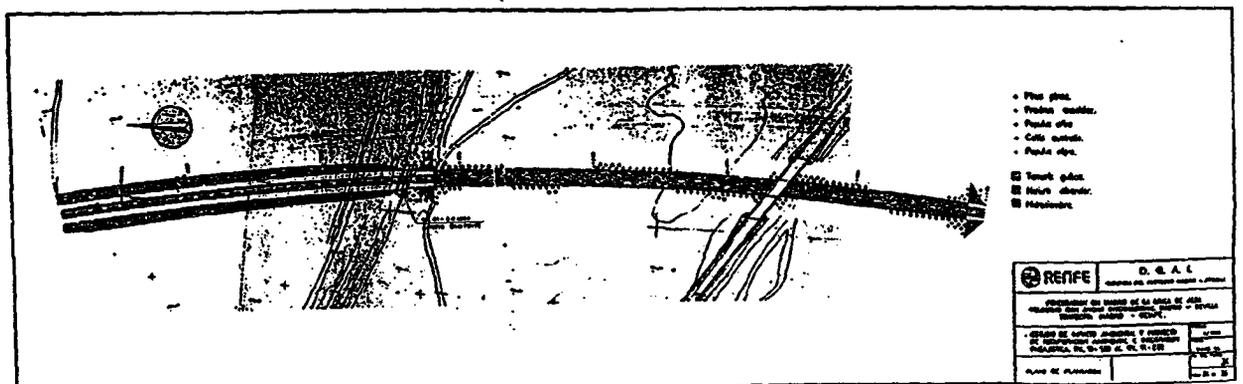


Figura 11. Fase de Proyecto Constructivo; Proyecto de medidas correctoras de la nueva L.A.V. Madrid-Sevilla (RENFE, 1990): Túnel artificial y restauración paisajística en Perales del Río para disminuir la afección urbanística y el efecto barrera. Tramo Madrid-Getafe.

ciones a destiempo, voladuras en áreas sensibles fuera de los períodos recomendados, etc.). En el peor de los casos, imprevistos del proyecto acaban por establecer «Modificados» del mismo que conllevan una revisión o reequilibrio económico, a costa de partidas «menos importantes», como es la ambiental.

- Sin llegar a estos extremos resulta objetivamente difícil compatibilizar, en los ajustados plazos establecidos actualmente para la ejecución de estas actuaciones, el Plan de Obra con la planificación de las medidas correctoras. Por ejemplo, establecer limitaciones ambientales en la elección de las ubicaciones de canteras y vertederos, o en el trazado de las pistas de acceso a obra, suele desembocar en un incremento de la distancia de transporte y —por tanto— en un encarecimiento de las operaciones para el contratista.

Por todo lo dicho se puede concluir, una vez más, con dos recomendaciones: la necesidad de que la Dirección de Obra esté más concienciada ambientalmente (existen datos notables sobre la importancia de este factor en la ejecución del T.G.V. francés) y la conveniencia de que el Plan de Medidas Correctoras esté cerrado y definido perfectamente, antes de la petición de ofertas a las Constructoras.



Foto 1. Fase de Construcción: Plan de Vigilancia Ambiental para la nueva L.A.V. Madrid-Sevilla (RENFE, 1989): Imagen obtenida mediante sensor aerotransportado, a escala 1:20.000 en el tramo Brazatortas-Córdoba.

5.5. Fase de Proyecto (Figura 11). Ejemplo

Este plano corresponde al Proyecto de Medidas Correctoras del tramo Madrid-Getafe del Nuevo Acceso Ferroviario a Andalucía (N.A.F.A.).

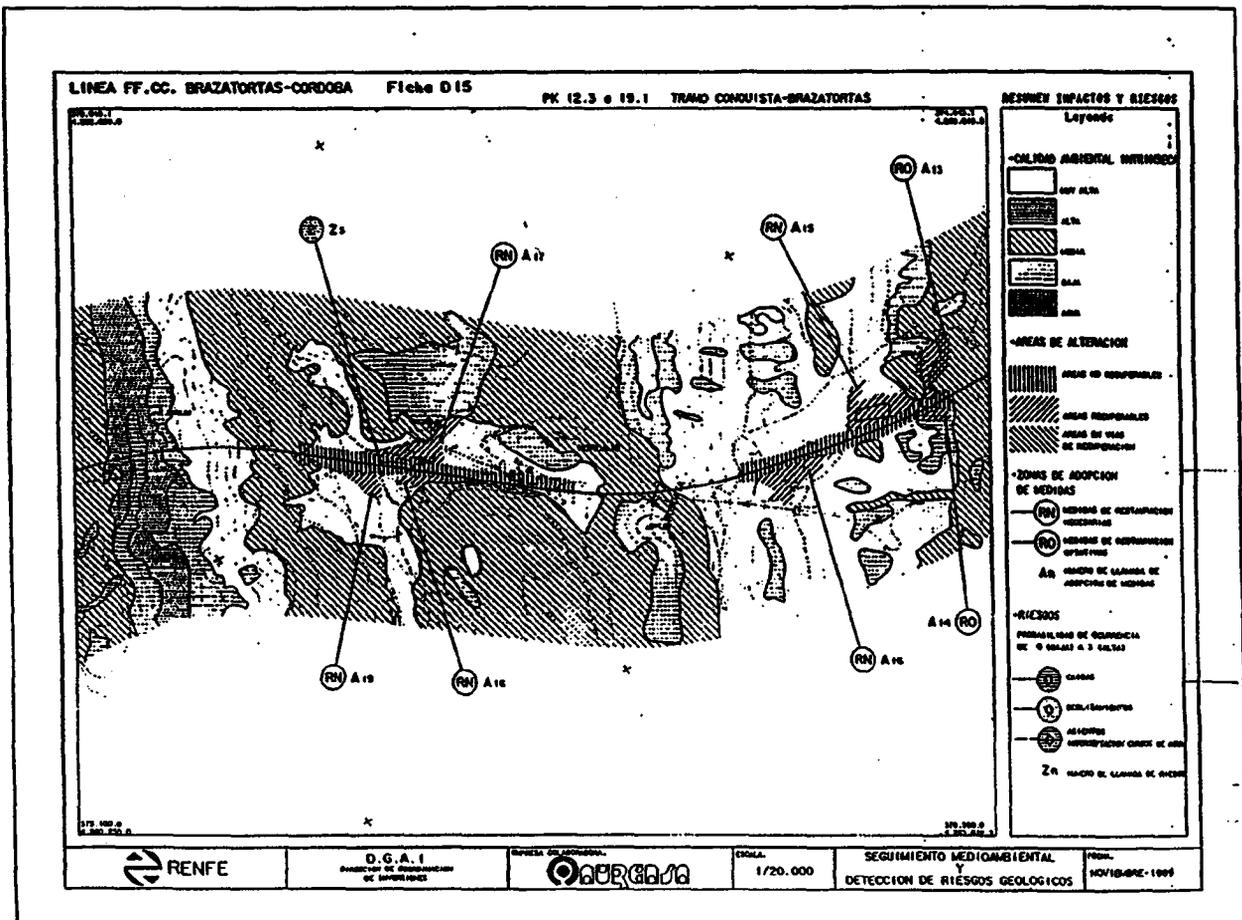


Figura 12. Fase de Construcción. Plan de Vigilancia Ambiental para la nueva L.A.V. Madrid-Sevilla (RENFE, 1989): Interpretación cartográfica de la foto 1. Mapa síntesis de impactos y riesgos geológicos a escala 1:20.000.

Esta actuación de 20 Km de longitud, y actualmente recién comenzadas las obras, constituyó la primera obra ferroviaria sometida al proceso de Evaluación Ambiental en España. El 26 de abril de este año la antigua Dirección General del Medio Ambiente del M.O.P.U. emitió la correspondiente Declaración de Impacto Ambiental con carácter favorable para el trazado seleccionado («B.O.E.» de 3 de julio de 1990).

En esta figura se reproduce el tratamiento propuesto para una de las zonas más conflictivas del trazado, en las proximidades de Perales del Río, pedanía del término municipal de Getafe.

Con independencia de los tratamientos de restauración vegetal y paisajística previstos, quizás lo más destacable sea el túnel artificial de unos 400 m. que aparece en el plano.

En el proyecto original dicho túnel no existía, en su lugar aparecía una trinchera. Como consecuencia del proceso evaluatorio tuvieron lugar conversaciones entre el Ayuntamiento de Getafe y RENFE que acabaron con la adopción de esta solución.

El Ayuntamiento consideraba que el trazado seleccionado produciría un impacto por efecto barrera entre Getafe y su pedanía de Perales, hipotecando las actuaciones urbanísticas previstas para un futuro próximo. Incluso en el caso de haber adoptado otras soluciones, es probable que el problema acústico hubiera persistido.

5.6. Fase de construcción y plan de vigilancia ambiental. Ejemplo (Foto 1 y figura 12)

La imagen A.T.M. de la figura, corresponde al tramo Conquista-Brazatortas del Nuevo Acceso Ferroviario a Andalucía (N.A.F.A.), actualmente en construcción.

Esta zona se caracteriza por una elevada calidad ambiental debido a la presencia de robledales y dehesas. En otras zonas de la imagen aparecen superficies de pinares consideradas como de calidad media.

Desde un punto de vista geomorfológico, la primitiva configuración de la zona ya estaba bastante modificada en el área de Horcajo, debido a una antigua actividad minera (parte izquierda de la imagen), que también dio origen al F.C. minero de Peñarroya, hoy desmantelado, que se puede observar como una curva descendente en la parte izquierda de la imagen. Pueden observarse escarpes (tonos violáceos), canchales y una red de drenaje bastante encajada.

La construcción de la nueva infraestructura de transporte (con tonalidades rojizas y blancas) queda patente, especialmente a través de las tres importantes escombreras presentes en esta zona. Dichas escombreras han interceptado la red de drenaje en las proximidades del túnel que atraviesa «El Robledillo».

En el estudio de seguimiento ambiental de esta actuación, la necesidad de adopción de medidas correctoras complementarias se ha dejado patente en la cartografía resumen adjunta a la imagen (figura 12), donde las zonas de actuación se señalan con círculos en cuyo interior pueden aparecer las mayúsculas RN o RO, según se consideren como absolutamente necesarias u opativas.

Con posterioridad a la redacción de este Estudio, el Ministerio de Transporte, Turismo y Comunicaciones se encuentra redactando el correspondiente Proyecto de Medidas Correctoras.

REFERENCIAS

- CALDERON, F. (1990): Evaluación de Impacto Ambiental de Planes y Programas: Tendencias de la Comunidad Europea. *Jornadas sobre Evaluación de Impacto Ambiental*. Colegio de I.C.C.P.P. Demarcación de Galicia.
- QUEVEDO, B. y otros (1990): El empleo de sensores remotos aerotransportados en los planes de vigilancia ambiental de las Nuevas Infraestructuras Lineales. *IV Reunión Nacional de Geología Ambiental y Ordenación del Territorio*. Gijón. Septiembre 1990.

PROBLEMAS ESPECIFICOS DE PROYECTOS SOMETIDOS A E.I.A.: GRANDES PRESAS, PUERTOS Y OBRAS EN EL LITORAL

Hernández Ruiz, Máximo (*)

RESUMEN

La importante dinámica sinérgica de los efectos ambientales originados por los proyectos constructivos que inciden en los ámbitos litoral y fluvial, requiere una visión integral desde su concepción que implique un detallado análisis en cuanto a la planificación, ordenación y gestión del territorio valorando la componente inercial de los impactos sobre los distintos sistemas.

En España se encuentran actualmente en explotación más de un centenar de grandes puertos, y alrededor del millar de presas, de las cuales un 70% se han construido en tan sólo los últimos cuarenta años. Si se tienen en consideración las especificaciones para los proyectos de Grandes Presas expresadas en el reciente Real Decreto Legislativo 1302/1986 de Evaluación de Impacto Ambiental, implicaría a más del 80% de los casos ya existentes.

Desde este singular punto de partida, la aplicación de la legislación ambiental en los futuros proyectos exige un especial interés en la prevención de los impactos. Para ello se requiere una buena identificación de acciones y factores ambientales, trascendentes y significativos para cada ámbito. Asimismo, el conocimiento del carácter extensivo, dilatado, sinérgico y poco reversible de gran parte de los efectos, desde las primeras fases del desarrollo del proyecto, incide en aspectos constructivos y técnicos calibrando la estrecha franja entre el respeto al medio, y la presencia de importantes impactos residuales tras la aplicación de medidas correctoras.

Palabras clave: Impacto ambiental, Grandes presas, Puertos, Ríos, Costas, España.

1. INTRODUCCION

El Medio Ambiente como principio de realidad viva y dinámica del entorno humano, presenta un enorme interés ligado al desarrollo operativo del hombre desde sus orígenes.

La evaluación y corrección de los impactos ambientales motivados por las Grandes Presas, Puertos y Vías de Navegación requiere desde la concepción del proyecto una visión de talante integrador que implique decisiones socio-políticas en cuanto su incidencia en la planificación, ordenación y gestión del territorio.

Como casuística caben señalar los efectos consecuencia de la regulación fluvial en los sistemas litorales como son los casos del Mar de Aral, el Delta del Danubio y el

Delta del Nilo. Este último presenta un retroceso importante de la línea de costa con rango superior a un 1 m por año desde la finalización de la Presa Alta de Asuán en 1964.

En el ámbito español ya la Ley de Costas (RD 22/1988 del 28 de julio) evidencia en su exposición de motivos que «la disminución de los aportes sólidos de los ríos y arroyos ha ocasionado la regresión del 17 por 100 de costa» en nuestro país. Consiguientemente ante este estado de deterioro la Dirección General de Puertos y Costas (MOPU, 1985) elaboró el Plan de Actuaciones para el período



Figura 1. Imagen espacial Landsat T.M. del Delta del Ebro correspondiente a 1984 con superposición de las líneas de costa 1946, 1957, 1967 y 1972. El carácter extensivo y sinérgico del déficit sedimentario ocasionado por el efecto barrera de los embalses motiva cambios morfosedimentarios en el dominio fluvial y litoral de difícil corrección (cortesía de MICROM ESPAÑA, S.A.).

(*) Ldo. en Ciencias Geológicas. Area de Ingeniería Geoambiental. Instituto Tecnológico Geominero de España. C/ Ríos Rosas, nº 23. 28003 Madrid.

1983-1990 con inversiones que superan los 35.000 millones de pesetas de las cuales un gran porcentaje se dedica a la regeneración y creación de nuevas playas.

Un ejemplo característico de nuestro litoral es la evolución reciente del Delta del Ebro (Figura 1), fuertemente condicionado por la acción antrópica que contribuye a su degradación. La construcción de diferentes embalses a lo largo del curso del río desde principios del siglo XX, ha motivado una erosión generalizada en el Delta con valores que superan los 2 Km² durante el período 1946-1984 para el sector de la Isla de Buda y Desembocadura Sur (Giró et al. 1989).

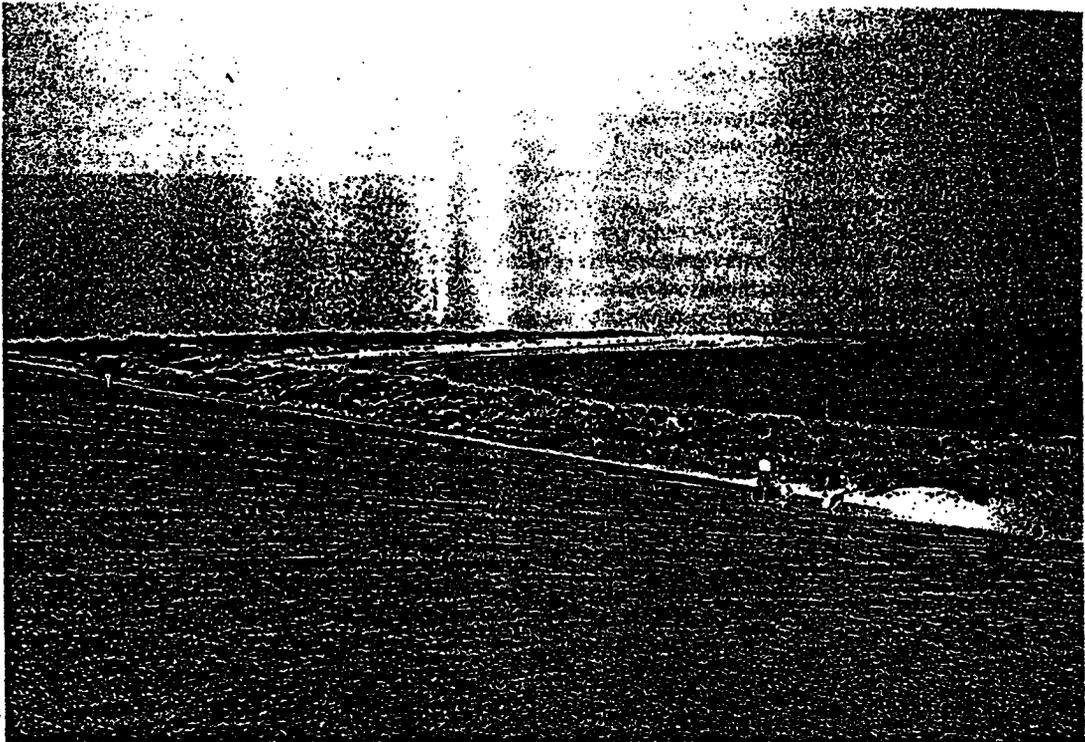
El presente trabajo, incluido dentro del marco formativo del «Curso de Evaluación y Corrección de Impactos

2. MARCO LEGISLATIVO

El carácter vinculante de las Normas Legislativas que regulan la Evaluación de Impacto Ambiental, y los aspectos Jurídico-Administrativos que emanan de ellas inciden desde un primer momento con índole preventiva en la defensa del medio ambiente, dentro del proceso de toma de decisiones de cara a la ejecución de un proyecto.

La entrada en vigor del Real Decreto Legislativo 1302/86 el 20 de julio de 1988 («B.O.E.» 30 de junio 1986) como transposición de la Directiva Europea 85/337/C.E.E. a la normativa española, constituye tal y como se indica en el artículo primero, una disposición «cuyos preceptos tienen el carácter de legislación básica», es-

Foto 1. Panorámica de un dique en Holanda, donde los criterios de diseño constructivo unido en simbiosis al buen conocimiento de la dinámica litoral permite el desarrollo de complejos playeros y dunares que progresivamente disminuyen el impacto ocasionado, mejorando la calidad ambiental.



Ambientales», nace con un carácter simbiótico con el compendio de contenidos temáticos que se imparten. De esta forma se han enfocado didácticamente los problemas específicos de los proyectos de grandes presas y puertos sometidos a evaluación de impacto ambiental.

Los apartados temáticos tratados van desde los aspectos jurídico-administrativos específicos, y la identificación de elementos, acciones y factores del medio hasta los efectos ambientales como paso previo para comprender el alcance necesario de las medidas correctoras, y planes de vigilancia y control, consideraciones ya realizadas en el área de «Técnicas generales de corrección y restauración».

Finalmente remarcar que una óptica de conexión entre el dominio litoral y fluvial constituye el ámbito adecuado para comprender la importante dinámica sinérgica de la problemática ambiental consecuencia de las actuaciones en estos medios.

tableciéndose en su anexo unos apartados con las actividades que a nivel de proyecto quedan sujetas a la Evaluación de Impacto Ambiental. En el apartado n.º 8 se señalan los «Puertos comerciales; vías navegables y puertos de navegación interior que permitan el acceso a barcos superiores a 1.350 toneladas y puertos deportivos»; y en el apartado n.º 10 las «Grandes Presas».

Con un carácter más preciso y desarrollado dentro de este ámbito se dicta el Reglamento, R.D.L. 1131/1988 de 30 de septiembre de 1988, en el cual se detallan los criterios que establecen el procedimiento administrativo para llevar a cabo la evaluación de impacto ambiental. En el Anexo 2 denominado «Especificaciones relativas a las obras, instalaciones o actividades comprendidas en el anexo del Real Decreto Legislativo 1302/1986 de 28 de junio, de evaluación de impacto ambiental», referente a la temática que nos ocupa, expresa en los apartados n.º 8 y 10 lo siguiente:

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

En relación a las vías navegables y puertos de navegación interior que permitan el acceso a barcos superiores a 1.350 toneladas, se entenderá, que permitan el acceso a barcos superiores a 1.350 toneladas de desplazamiento máximo (desplazamiento en estado de máxima carga).»

- Apartado 10. «Grandes presas:

Se entenderá por gran presa, según la vigente Instrucción para el Proyecto, Construcción y Explotación de Grandes Presas, de la Dirección General de Obras Hidráulicas del Ministerio de Obras Públicas y Urbanismo, a aquella de más de 15 metros de altura, siendo ésta la diferencia de cota existente entre la coronación de la misma y la del punto más bajo de la superficie general de cimientos, o a las presas que, teniendo entre 10 y 15 metros de altura, respondan a una, al menos, de las indicaciones siguientes:

Capacidad del embalse superior a 100.000 metros cúbicos.

Características excepcionales de cimientos o cualquier otra circunstancia que permita calificar la obra como importante para la seguridad o economía públicas.»

Asimismo como disposición adicional se regula la aplicación a los procedimientos de estudios y evaluaciones de impacto ambiental ya previstos en las distintas regulaciones sectoriales de la siguiente forma:

«En el caso de grandes presas, a que se refiere el apartado 10 del anexo del Real Decreto Legislativo 1302/1986, de 28 de junio, y en su relación con lo establecido en el artículo 90 de la Ley de Aguas en cuanto a aprovechamiento en materia de aguas continentales, en los aspectos referentes al Estudio de Impacto Ambiental se aplicarán el Real Decreto Legislativo 1302/1986 y el presente Reglamento.»

En cuanto a los demás supuestos a que se refiere el artículo 90 de la Ley de Aguas y a los que se aplique la regulación de los artículos 52 y 236 a 290 del Reglamento aprobado por el Real Decreto 849/1986, de 22 de abril, dicha regulación se complementará con el artículo 6 del Real Decreto Legislativo 1302/1986 de 28 de junio y por los artículos 23 y 24 del presente Reglamento.»

Dentro de los aspectos jurídico-administrativos incluidos en el esquema del procedimiento administrativo de evaluación de impacto ambiental cabe señalar que después de un año aprobado el Reglamento únicamente se ha producido una Declaración de Impacto Ambiental para Grandes Presas con la Resolución de 20 de junio de 1990 («B.O.E.» 6 de septiembre 1990) de la Dirección General de Ordenación y Coordinación Ambiental, por la que se publica la D.I.A. sobre el anteproyecto del embalse de Itoiz (Navarra), de la D.G.O.H. Como antecedentes dicho anteproyecto es el resultado de un estudio alternativo ante la

oposición social al proyecto elaborado en 1973 del denominado «Embalse de la Foz de Lumbier» el cual afectaba a un área de elevado patrimonio ambiental e implicaba un cambio en el emplazamiento de la población de Lumbier.

3. IDENTIFICACION DE ELEMENTOS, ACCIONES, Y FACTORES DEL MEDIO

Los aspectos más específicos de índole ambiental que inciden en la evaluación del impacto, van a venir determinados fundamentalmente por el ámbito de actuación, y el alcance necesario para cada una de las fases del proyecto: «en lo que se refiere a la elaboración de planes y programas, la realización de construcciones o de otras instalaciones y obras, así como otras intervenciones en el medio natural o en el paisaje, incluidas las destinadas a la explotación de los recursos naturales renovables...» (Concepto de Proyecto, Anexo 1, R.D. 1131/88).

El reconocimiento de las acciones y elementos del proyecto de efecto significativo sobre los distintos factores ambientales, con objeto de evaluar su incidencia específica en las distintas fases de la actividad, requiere una metodología y análisis informativo que destaque aquellas acciones que presenten un carácter relevante conforme la realidad del proyecto, aspectos ya tratados suficientemente por otros autores dentro del marco formativo en el cual se incluye el presente trabajo.

En este sentido y con un carácter específico, la Comisión Internacional de Grandes Presas (ICOLD, 1983) ha realizado una matriz de doble entrada destinada a identificar y evaluar los efectos sobre el medio en las fases de construcción y explotación, considerando asimismo las actividades inducidas.

La forma de operar con esta matriz implica según sus autores seis etapas de las cuales únicamente las tres primeras se refieren al inventario del medio, especificándose lo siguiente:

- Primera etapa o de identificación de acciones: Se marcan según el orden jerárquico preestablecido los usos del agua, para posteriormente indicar las características del tipo de acción en lo referente «a la presa o a las obras» (explotación, construcción).
- Segunda etapa o de identificación de factores ambientales: Se señalan todos los parámetros del medio susceptibles de ser afectados por acciones, referidos al entorno económico-social, «geofísico», hidrológico, climático y biológico (fauna y flora).
- Tercera etapa o definición del entorno afectado: Es una de las más complicadas. Corresponde a la definición y delimitación del ambiente en cuyo área se originan las interacciones que se pretenden analizar.

Finalmente, tal y como se indica en la nota de presentación de la matriz, ésta debe ser complementada por un texto de comentario que justifique y explique «las interpretaciones» que se han realizado.

Por otra parte la Guía Metodológica para la Elaboración de Estudios de Impacto Ambiental de Grandes Presas (en adelante G.M.P.), elaborada por la Dirección General de Medio Ambiente, (DGMA, 1989) señala como punto de

partida de un Es.I.A., el análisis y descripción del proyecto para posteriormente desglosar en acciones elementales, conforme las fases relativas a la construcción, explotación y abandono. En este apartado se deben de exponer según la guía, «las razones que han llegado a considerar la necesidad de la actitud proyectada, así como la justificación del emplazamiento elegido, frente a otras posibles alternativas para su ubicación. Es útil, en este sentido, hacer una breve recapitulación histórica de las condiciones o problemas identificados en el entorno, tanto geográfico como socioeconómico, en el que está previsto que se aplique la actividad. También es conveniente un análisis, breve, de las opiniones alternativas rechazadas si las hubiere, mediante una descripción de sus consecuencias medioambientales, técnicas, sociales y económicas...». Por otra parte, se señala la gran utilidad que tiene para el gestor, en el proceso de selección de distintas alternativas, la E.I.A. en la fase de planificación, considerando «los posibles efectos que la puesta en marcha de la actividad que se analiza, pudiera tener otros proyectos y planes, tanto en el ámbito local, como regional o nacional».

Las acciones elementales a considerar serán por tanto resultado de los objetivos planteados conforme la fase de proyecto, escala de trabajo y tiempo operativo. En la G.M.P. se detalla una relación básica de acciones importantes relativas a la fase de construcción, explotación y abandono:

- Fase de Construcción
 - Derivación de aguas y ataguías.
 - Caminos y pistas de acceso, y montaje.
 - Obras de construcción propiamente dichas, incluidos los movimientos de maquinaria.
 - Transporte de materiales a la obra o fuera de ella.
 - Vertido de tierras y diversos materiales originados durante la construcción.
 - Edificios de obra.
 - Deforestación del vaso.
 - Canteras.
 - Reposición de viales.
 - Información socioeconómica.
- Fase de Explotación
 - Presa y embalsamiento del agua.
 - Infraestructura.
 - Oscilaciones de nivel del agua embalsada.
 - Regulación del caudal aguas abajo de la presa.
 - Datos socioeconómicos.
- Fase de Abandono
 - Presencia de elementos y estructuras abandonadas.
 - Establecimiento de un nuevo cauce fluvial en el embalse vacío.
 - Restablecimiento del régimen natural del río.

Sin embargo, algunas de estas acciones, así como aquellas generadas por actividades indirectas son susceptibles de requerir un Es.I.A., si trascienden a otros apartados señalados en el ámbito de actuación de la Ley, como es el caso de las canteras o infraestructuras anejas.

Las actividades inducidas, en el caso de las Grandes Presas, son potencialmente de gran importancia en su afección al medio ambiente, pudiendo englobar efectos que superen al impacto originado por la construcción del cuerpo de presa y creación del embalse. En este sentido, la G.M.P. cita a «título indicativo» las siguientes actividades:

- Presencia de líneas de transporte eléctrico.
- Aparición de canales y conducciones de agua, con finalidades diversas.
- Puesta en regadío de terrenos.
- Desarrollo de actividades recreativas.
- Aparición de urbanizaciones.
- Repoblaciones forestales.

Por otra parte, la identificación y prospección integrada de los factores del medio, entendidos como unidades, cualidades, interacciones y procesos del entorno afectados por el proyecto, implica el concepto de «diagnóstico» en el sentido expresado por Gómez Orea (1988):

- Descripción de la situación preoperacional.
- Inventario de la evolución reciente del entorno.
- Predicción de las variaciones futuras en el entorno sin proyecto.
- Análisis de los factores sociales: intereses, conflictividad, economía, etc.

Posteriormente, utilizando diversos instrumentos informativos se identifican los factores del medio por aproximaciones sucesivas destacando aquellos de carácter significativo desde el punto de vista ambiental, siendo de gran ayuda las listas incluidas en los modelos generales y específicos para cada tipo de proyecto.

Como caso práctico en los cuales se han aplicado distintas metodologías para la identificación de acciones y factores del medio se encuentra el denominado «Estudio de Impacto Ambiental de la Presa de Giribaile (Jaén)», que utiliza la matriz de Grandes Presas del I.C.O.L.D. y la contrastación de escenarios semejantes, caso del preexistente embalse de Guadalén.

En lo que respecta al ámbito litoral existe hasta la fecha una «Propuesta de Guía Metodológica para la Evaluación de Impacto Ambiental de Obras Marítimas», elaborada por el Centro de Estudios de Puertos y Costas (CEPYC., 1989), con antecedentes específicos para obras de defensa de costas y puertos deportivos (Enríquez, F. y Berenguer, J.M., 1986 y 1987).

En esta propuesta de guía se diferencian los «elementos, obras y actividades» susceptibles de originar acciones impactantes en el medio para cada una de las fases del proyecto contempladas: «Planteamiento, Construcción y existencia, y explotación».

«Planteamiento»: Se consideran las acciones generadas por los «estudios sobre el terreno» tales como las prospec-

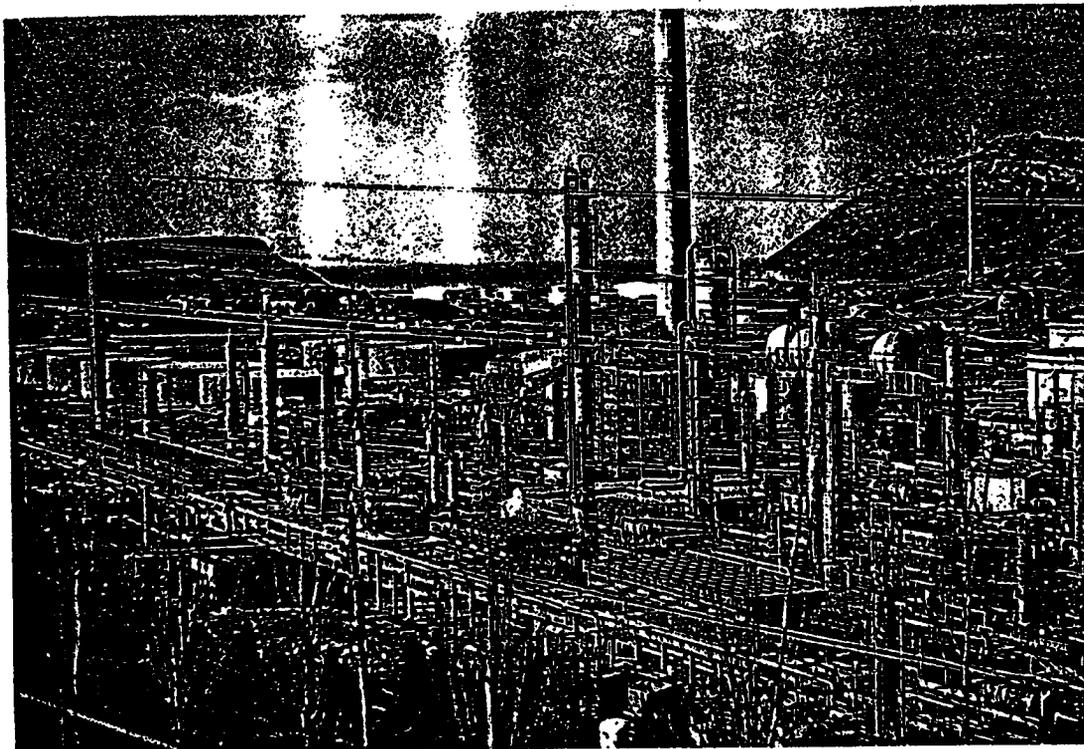


Foto 2. Las actividades industriales asociadas a las grandes presas y puertos pueden ocasionar alteraciones ambientales importantes que deben requerir estudios específicos de E.I.A.

ciones geotécnicas y geofísicas; medidas de parámetros climáticos, oceanográficos e hidrológicos; y medidas especiales como la utilización de isótopos, trazadores luminóforos, etc.

«Construcción y existencia»: Se consideran los elementos de Infraestructura, Redes de Servicio y Superestructuras con sus correspondientes obras y actividades. a) Infraestructura: obras de abrigo, obras de atraque, obras especiales, dragados, explanadas, vertidos, comunicaciones y canteras; b) Redes de Servicio: terrestres, aéreas, marinas; c) Superestructuras: almacenamiento, servicios, señalización marítima y sistemas de carga.

«Explotación»: Se detallan las actividades comerciales, industriales y turísticas, susceptibles de generar algún tipo de afección al medio.

Estas actividades son un marco de referencia básico que deberán de ser complementados en función de los aspectos específicos de la obra portuaria como son la creación de esclusas, vertidos de sustratos contaminados procedentes de dragados en el interior del puerto, o las acciones que conllevan la creación de una vía navegable.

4. EFECTOS AMBIENTALES

4.1. Consideraciones previas

Los proyectos que se realizan en los ámbitos litoral y fluvial como son los puertos y las grandes presas, inciden en una amplia diversidad de factores ambientales, cuyos efectos tienen un carácter fundamentalmente sinérgico, extensivo, dilatado y poco reversible, en comparación con el desarrollo de otras actividades.

Estas circunstancias implican, dado el millar de presas y más del centenar de grandes puertos existentes en España sin contar con las debidas garantías ambientales, un

singular nivel de partida de cara a la ejecución de nuevos proyectos.

A continuación se van a detallar los efectos más significativos motivados por estos proyectos en lo que respecta al paisaje, clima y atmósfera, procesos morfodinámicos, acuíferos y calidad de las aguas, fauna, vegetación, socioeconomía y patrimonio, y riesgos.

El análisis de estas alteraciones en el medio requiere la utilización de indicadores y técnicas de previsión adecuadas a cada circunstancia, ya indicados de forma específica dentro del marco formativo del presente trabajo.

4.2. Efectos sobre el paisaje

Las afecciones más importantes al paisaje dentro de un dominio espacial y visual se originan en las fases de construcción y explotación, principalmente derivadas de la desaparición e introducción de nuevos elementos en el entorno, y las modificaciones en la configuración del medio respecto a su estado natural.

4.2.1. Grandes Presas y paisaje

En la fase de construcción los impactos más relevantes radican en actividades indirectas tal y como la creación de una nueva red de accesos, movimientos de tierras que cambian la fisiografía natural, vertidos de residuos sólidos (escombreras, vertederos), realización de canteras, modificaciones en el cauce, y cambios en los emplazamientos de los núcleos de población afectados. Por otra parte, hay que considerar el carácter sinérgico de estas interacciones al ejercer un efecto cascada que catalice algunos procesos como es el caso de la erosión con el consiguiente cambio paisajístico.

Durante la explotación del embalse se origina una importante transformación paisajística motivada funda-

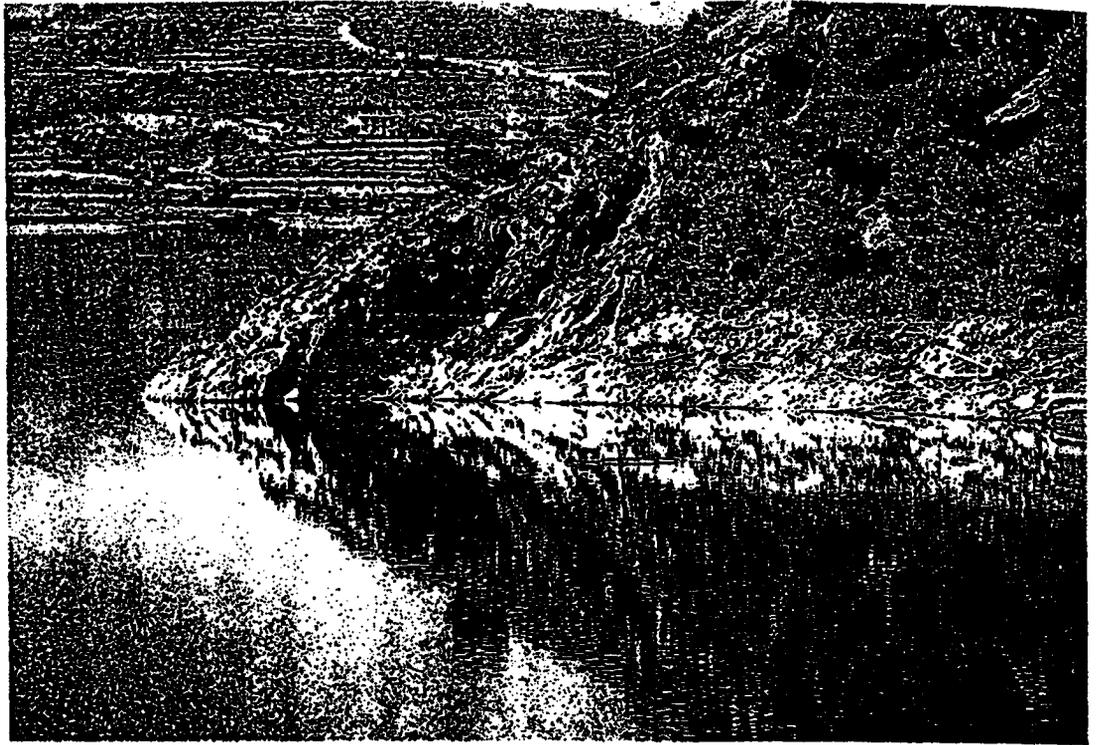


Foto 3. La ruptura de las unidades ambientales con el embalse queda resaltada por el desarrollo de una banda árida (efecto «ceja») de gran impacto ecológico y paisajístico.

mentalmente por la implantación de una extensa lámina de agua, la presencia del cuerpo de la presa y el intrusismo de elementos aparejados a las actividades inducidas. Asimismo los efectos originados por la regulación fluvial en las áreas litorales ocasionan importantes variaciones de la línea de costa siendo de gran interés evaluar estos efectos dentro de una concepción integral del impacto.

El agua embalsada inunda total o parcialmente diferentes unidades ambientales originando diversos efectos paisajísticos como son: el desarrollo de una banda árida (efecto «ceja») que rodea el contorno del vaso producida por las oscilaciones de nivel asociadas al régimen climático y de explotación del embalse; disminución de la transparencia visual del entorno consecuencia del presumible aumento de las nieblas; contribución a la variabilidad paisajística.



Foto 4. El efecto de ruptura visual del valle motivada por el cuerpo de la presa se magnifica con una inadecuada integración ambiental de las redes de comunicación.

jística de la lámina de agua; sensación de amplitud espacial al originarse una visión especular sobre las aguas, ruptura brusca de algunas unidades ambientales.

Respecto al cuerpo de la presa su efecto, dentro de este apartado, radica en el cambio que origina en la perspectiva del valle al introducir un elemento opaco en el paisaje que disminuye el alcance visual del entorno en el que se ubica, y en un aumento de la sensación de aridez.

Como caso especial, las explotaciones de áridos a cielo abierto y la formación de escombreras, cuando éstas se realizan en el interior del vaso, se suele estimar nulo su impacto paisajístico en la fase de explotación del embalse. Sin embargo, sí deben estimarse estos efectos en el caso que afecten dichas actividades a la configuración de una presumible isla, o puedan emerger en cola del embalse periódicamente.

4.2.2. Puertos, obras en el litoral y paisaje

En general, los efectos paisajísticos específicos del litoral con un carácter trascendente de cara a la evaluación de

condencia en la sanidad ambiental y en la sinergia de sus efectos asociados.

Las acciones que se generan en la fase de construcción tanto para las grandes presas como para puertos y obras en el litoral, inciden en dos aspectos básicos:

- a) Aumento de las partículas en suspensión en el aire e incremento de la contaminación en la fase gaseosa.
- b) Efectos acústicos generados por el tránsito de maquinaria, construcción de la propia infraestructura y el desarrollo de actividades indirectas. Es de gran interés en este sentido el control temporal y en magnitud de las voladuras que pueden afectar con valores muy superiores al umbral acústico admisible a grandes áreas, debiendo simular su propagación y resonancia con modelos matemáticos.

Por otra parte, durante el período de tiempo que conlleva la explotación se generan los siguientes efectos climáticos y atmosféricos.



Foto 5. La creación de grandes extensiones de agua embalsada requiere un estudio del presumible cambio microclimático, con especial interés en sus implicaciones ecológicas y humanas.

impacto ambiental son muy reducidos, si bien en algunas ocasiones pueden ser de gran interés: ruptura visual de la línea de costa al introducir elementos opacos: diques, muelles, tinglados, etc.; cambio de perspectiva que se origina desde la ciudad al mar; alteraciones puntuales de la transparencia visual consecuencia del aumento de elementos en suspensión en el aire por una parte durante la fase de construcción y por otra durante la operación con graneles en la fase de explotación.

4.3. Efectos sobre el clima y la atmósfera

Las variaciones de los elementos climáticos y la calidad en la atmósfera presentan un gran interés por su tras-

Grandes Presas

- a) Creación de un nuevo microclima ante la presencia del embalse: cambios en la temperatura, humedad, precipitaciones, nieblas, heladas.
- b) Efectos acústicos motivados por las actividades inducidas.

Obras en el litoral

Las afecciones al clima (atmosférico, oleaje, mareas, y vientos) en este tipo de proyectos son de escasa importancia. Caso especial son los cambios originados en la dinámica eólica consecuencia de la ruptura morfológica ocasionada por elementos opacos. En algunos casos los efec-

tos en el clima sobre todo oleaje y mareas, puede implicar la desaparición de playas y dunas al desequilibrar el balance sedimentario.

Por otra parte en lo que respecta a la contaminación ambiental la manipulación de graneles sólidos y líquidos puede ocasionar un aumento de los niveles sonoros y aumento de partículas sólidas en suspensión, sin embargo esta afección es más importante por las actividades inducidas de tipo industrial que llevan aparejados estos proyectos: refinerías, plantas de tratamiento, etc.

4.4. Efectos sobre los procesos morfodinámicos

Los procesos morfodinámicos se encuentran estrechamente interconectados con un amplio conjunto de factores ambientales directa e indirectamente.

El carácter extensivo y sinérgico de las alteraciones humanas en estos procesos, implica de forma importante a

de una forma concreta la extensión, con áreas de mayor incidencia, de una u otras alteraciones requiere profundizar en otros problemas más complejos y poco desarrollados como son la inercia natural ante las diferentes alteraciones humanas en el medio, y su efecto acumulativo, siendo de especial interés en su evaluación la contrastación de escenarios semejantes.

Si bien ya en las etapas de construcción y estudios previos se originan afecciones al vaso de la presa que implican a la dinámica natural de los procesos: creación de una nueva red de accesos, encauzamiento del río, eliminación de la cobertura vegetal en la zona presumiblemente inundada, extracciones de rocas industriales, vertidos, etc.

Es durante la fase de explotación cuando se origina el cambio más trascendente en la zona, al pasar de un dominio sedimentario continental-fluvial a continental-la-

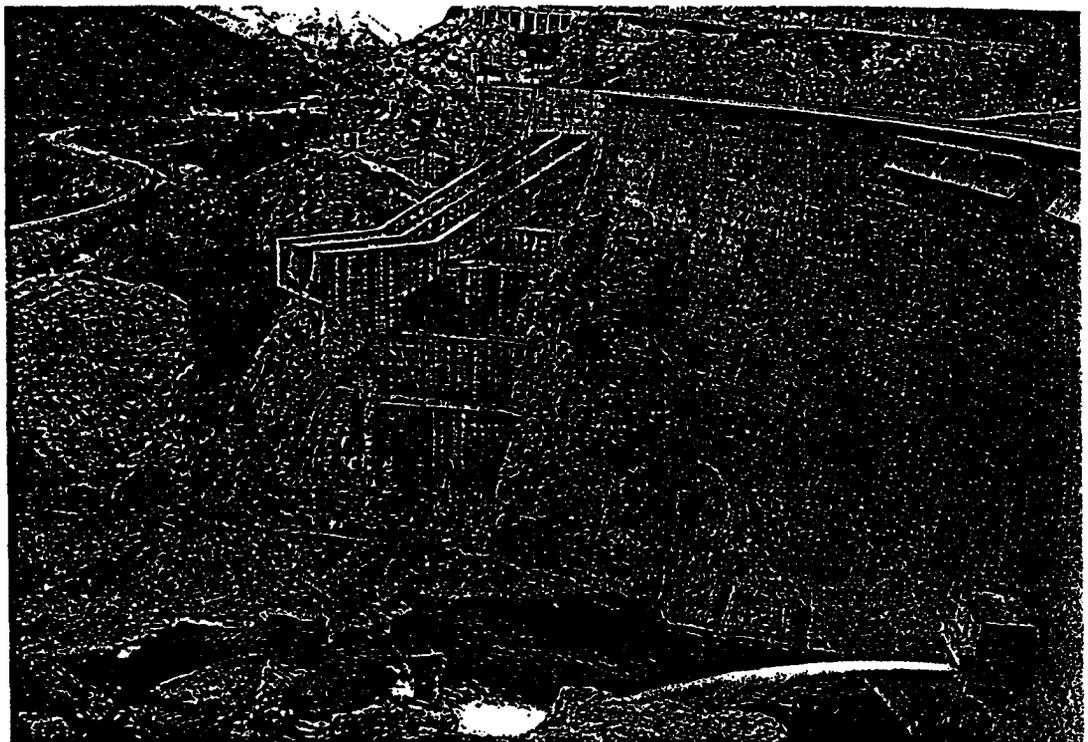


Foto 6. El cambio de régimen hidrodinámico aguas abajo del embalse mitiga la peligrosidad por avenidas.

corto y medio plazo, a diversos aspectos socio-económicos. Estas características requieren una detallada evaluación previa y análisis prospectivo del entorno desde las primeras fases de concepción del proyecto.

A continuación se exponen de forma sintética algunos de los efectos originados por la alteración de los procesos morfodinámicos, los cuales deberán ser analizados con los indicadores y técnicas de previsión más adecuados a cada circunstancia, ya indicados de forma específica dentro del marco formativo en el cual se incluye el presente trabajo (Barettino, 1991).

4.4.1. Grandes Presas y procesos morfodinámicos

Clásicamente se diferencian tres zonas a la hora de realizar este tipo de análisis: área de embalse, sector de aguas arriba y sector de aguas abajo de la presa. Delimitar

el cambio de régimen hidrodinámico aguas abajo del embalse mitiga la peligrosidad por avenidas.

Los problemas específicos de mayor interés en este apartado son los siguientes:

- Cambio en la dinámica natural de laderas y vertientes favoreciendo la inestabilidad. Las causas más frecuentes son: aumento de la tasa de erosión, variaciones en la morfometría natural y alteraciones en los valores de presión intersticial en el pie de las laderas motivado por las oscilaciones del nivel de agua en el embalse.

- Creación de una barrera sedimentaria favoreciendo el desarrollo de distintas facies dentro del embalse, como son las facies deltaicas, facies turbidíticas y facies de influencia química y bioquímica. Por otra parte esta alteración origina grandes consecuencias aguas abajo que trasciende al dominio litoral, con un importante déficit sedimentario.
- Aumento intenso de la erosión en las áreas de borde del embalse motivado por la incidencia del oleaje.
- Cambios en el perfil de equilibrio del río motivado por las modificaciones de caudal y carga sedimentaria, máxime aguas abajo de la presa. Estas varia-

- Alteración en las formas sedimentarias litorales como playas, dunas, deltas, acantilados, barras sumergidas, consecuencia del menor volumen de sedimento que se integra en el sistema litoral.

4.4.2. Puertos, obras en el litoral y procesos morfodinámicos

El medio litoral, fuertemente activo, acusa de forma rápida cualquier alteración en los procesos morfodinámicos que configuran el sistema.

La interferencia en el balance sedimentario de los elementos portuarios y las modificaciones en el clima del



Foto 7. La interferencia antrópica en los procesos sedimentarios ocasiona un importante aumento de los riesgos (Málaga, diciembre 1989).

ciones implican alteraciones en los umbrales de estabilidad de las formas con la consiguiente degradación del lecho y márgenes del río, pudiendo inclusive motivar un cambio de sistema aluvial (recto, meandriforme, entrelazado, etc.), con redistribución de las zonas de depósito y erosión.

- Regulación de las avenidas.
- Activación de los procesos morfodinámicos asociados a las redes tributarias de orden menor aguas abajo de la presa. Este hecho favorece el depósito de abanicos aluviales en los canales de orden superior.
- Armado del canal. Disminución relativa de fracciones granulométricas de orden inferior en el fondo del canal y estructuras sedimentarias asociadas. Este efecto se produce aguas abajo de la presa como respuesta natural de protección del lecho al déficit sedimentario.
- Efectos de erosión interna y creación de grandes grietas de retracción durante los desembalses en el área de cola.

oleaje, mareas, corrientes y vientos provoca variadas consecuencias como son:

- Basculamientos anómalos de playas.
- Redistribución de sedimentos entre zona emergida-sumergida.
- Alteración de la distribución y características de los subambientes sedimentarios intermareales y estuarinos.
- Degradación de formas costeras como dunas, deltas y playas fundamentalmente.

Algunos ejemplos de esta casuística se pueden observar en Berenguer, 1987; Díez *et al.*, 1988; Enriquez *et al.*, 1986 y 1987; Grigg, 1987; Nichols *et al.*, 1990; Peña 1988; Serra *et al.*, 1989; y Vilas, 1985.

4.5. Efectos sobre los acuíferos y la calidad de las aguas

4.5.1. Grandes Presas

Desde el punto de vista de la dinámica de los acuíferos, la intercepción del flujo hidrogeológico natural moti-

vado por la construcción de la presa y la creación del embalse origina dos consecuencias fundamentales:

- Presumible subalimentación de los acuíferos existentes aguas abajo, ya sea con un carácter sectorial en el tiempo, o en el espacio respecto del estado original.
- Elevación y oscilaciones del nivel piezométrico en el área de embalse. Este fenómeno puede originar inestabilidades en las laderas e importantes fugas al reactivarse en su caso las redes kársticas.

nación de las aguas y sedimento, con la consiguiente eutrofización del medio afectando tanto a la vida vegetal acuática (*Posidonia oceanica* por ejemplo), como a la fauna bentónica.

En segundo lugar, algunas obras constructivas disipadoras de la energía del oleaje se comportan como zonas de depósito tanto de sedimento como de materia orgánica. Este efecto provoca la aparición de rodófitas que algunos autores conectan con el desarrollo de las mareas rojas.

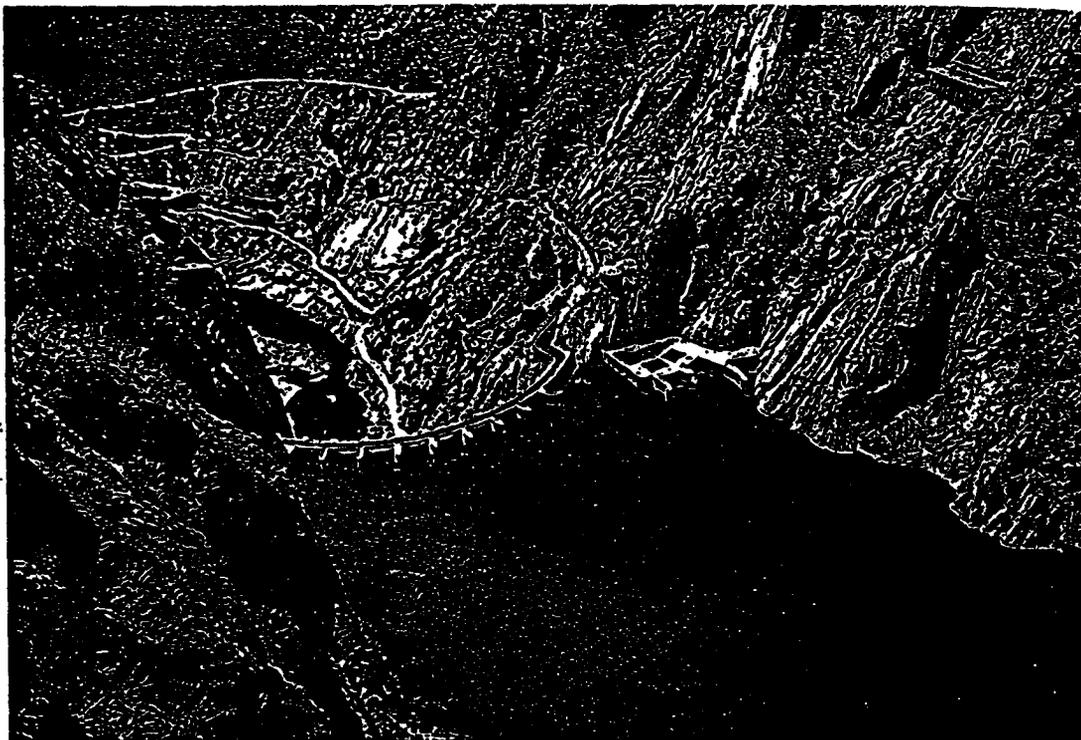


Foto 8. La eutrofización es uno de los problemas más graves de los embalses españoles.

En cuanto a la problemática de la calidad de las aguas, los efectos más importantes se ocasionan en el área de embalse al originarse cambios físico-químicos y biológicos, que pueden llevar incluso a la eutrofización.

Algunos de los síntomas que marcan la degradación de la calidad del agua en el embalse, debiendo actuar de forma inmediata con medidas correctoras son: alteraciones térmicas, reducción del oxígeno en las zonas profundas, transformaciones químicas con aparición de cantidades importantes de distintas sales, CO₂, etc., aumento en fósforo y nitrógeno, excesivo desarrollo de las macrófitas en las orillas y algas, etc.

4.5.2. Puertos y obras en el litoral

Estas actuaciones antrópicas en un medio tan singularmente dinámico origina que los efectos, entre otros, sobre la calidad de las aguas litorales, tenga un carácter extensivo muy importante con gran trascendencia en la sanidad ambiental y socioeconomía.

En primer lugar, los efluentes consecuencia de la actividad durante la fase de explotación originan una contami-

4.6. Efectos sobre la fauna

4.6.1. Grandes Presas

La creación del embalse, la magnitud de su extensión, y algunos aspectos de las actividades indirectas son sintéticamente las acciones más importantes que inciden en la fauna y en los procesos ecológicos durante la construcción y explotación de una presa.

4.6.1.1. Durante la fase de construcción es recomendable el seguimiento de los distintos tipos de afecciones a la fauna, especialmente en aquellas áreas de alto valor natural. La estrategia radica en realizar labores de vigilancia y control en interacción permanente con el desarrollo del proyecto ofreciéndose diversas alternativas. Los aspectos básicos que se deben tener en cuenta son:

- Desplazamiento ecológico de individuos y poblaciones.
- Alteración o desaparición de hábitats.
- Vigilancia de los ciclos de reproducción y acciones constructivas (embalsados, voladuras, etc.).

- Control del caudal «ecológico» y calidad de las aguas.
- Eliminación o reducción furtiva de especies con gran interés.
- Cambios en las pautas de comportamiento.

4.6.1.2. En la fase de explotación dada la mayor dimensión temporal comienzan a tener un papel importante efectos indirectos sobre la fauna consecuencia de las acciones en la vegetación, clima, paisaje, procesos morfológicos, etc.

4.6.1.2.1. Fauna acuática

- Aguas arriba del embalse la afección más importante para la fauna acuática en la desaparición

- Cambios en la diversidad y stress sobre todo en relación con el régimen de explotación.
- Efecto barrera y aislamiento de especies.
- Cambios en las pautas de comportamiento.
- Alteraciones periódicas de los biotopos existentes en las márgenes consecuencia de las variaciones del nivel.
- Introducción de especies nuevas y exóticas que pueden ocasionar la desaparición de especies autóctonas.

- Finalmente, aguas abajo se originan alteraciones macrobénticas y variaciones en la biomasa, siendo indispensable el mantenimiento de los denominados caudales ecológicos.



Foto 9. La regulación de los caudales ecológicos es uno de los aspectos más significativos en la protección ambiental del ecosistema.

de las especies migratorias ante el efecto barrera que ejerce el cuerpo de la presa. Esto implica el desarrollo de una tecnología adecuada: escalas, artesas, rejillas especiales, esclusas, ascensores, etc., para mejorar la transparencia funcional de este sector. Sin embargo, el funcionamiento de estas técnicas estáticas no es del todo satisfactorio, debiendo recurrir al desarrollo de viveros temporales y captura de ejemplares en período de procreación para transportarlos salvando el obstáculo.

- Unas de las características fundamentales del área embalsada, es el desarrollo considerable de la fauna acuática al crearse un nuevo hábitat. Sin embargo, pese a este aumento de la biomasa deben de presentarse especial interés en los siguientes aspectos:

4.6.1.2.2. Fauna terrestre

El efecto barrera originado por la presencia del embalse, las alteraciones en la vegetación, y el desarrollo de actividades inducidas en el área, son los aspectos que inciden de forma sustancial en la evolución de la diversidad, madurez y stress.

Por otra parte, la importante extensión del hábitat acuático y ribereño, acompañado de un adecuado establecimiento de la vegetación en las márgenes, favorece el desarrollo de la fauna, especialmente las aves acuáticas. Asimismo estos efectos pueden implicar la creación de un nuevo entorno con gran interés natural (Da Cruz 1986, Jaramillo 1989).

4.6.2. Puertos, obras en el litoral y fauna acuática

El conocimiento de las alteraciones sufridas por los factores que inciden en la dinámica natural tal y como las mo-

dificaciones hidrodinámicas, cambios en el balance sedimentario, calidad de las aguas, etc., son la clave para comprender los efectos sobre la fauna acuática. En sentido inverso las alteraciones en el ecosistema acuático proporcionan interesantes datos sobre la injerencia de las acciones más importantes que actúan sobre el medio. Las fases de construcción, explotación y ampliación de las infraestructuras existentes (incluido los dragados) repercuten en aspectos como la distribución de las especies, su diversidad y abundancia, etc. Por ello, es de gran interés el realizar una cartografía biosedimentaria de seguimiento durante todas las fases del desarrollo del proyecto. A nivel individual los efectos originados por la contaminación de las aguas y sedimentación incidentes de forma importante en las pautas de comportamiento, desarrollo estructural, metabolismo y reproducción.

Finalmente indicar que una obra portuaria crea un nuevo hábitat que en la mayoría de los casos ocasiona el aumento de la biomasa que repercute en las cadenas tróficas preexistentes. Sin embargo, también su propio emplazamiento puede hacer desaparecer sustratos mucho más ricos biológicamente o propiciar el desarrollo de rodófitas que en algunos casos pueden estar conectadas con el desarrollo de las mareas rojas.

4.7. Efectos sobre la vegetación

4.7.1. Grandes Presas y vegetación

Las afecciones a la vegetación terrestre y acuática son de gran interés al motivar importantes efectos indirectos en otros factores ambientales: paisaje, fauna, procesos morfológicos, etc.

Los cambios más importantes en la cubierta vegetal son: establecimiento de vegetación acuática en las márgenes

del embalse; desaparición de la vegetación existente en el vaso de la presa, siendo recomendable su total eliminación para evitar la eutrofización de las aguas; y desarrollo de actividades indirectas durante la construcción, e inducidas durante la explotación que conlleve la eliminación de esta cobertura o riesgo de incendios.

Es de especial interés un control sobre la evolución y desarrollo de la vegetación ribereña aguas abajo de la presa y en el área de embalse.

4.7.2. Puertos, obras en el litoral y vegetación

La vegetación acuática e intermareal es muy susceptible a las actuaciones antrópicas en estos medios.

Así, los dragados o cambios en las condiciones hidrodinámicas pueden afectar a zonas de *Posidonia oceanica*, que fijan el sedimento y ayudan a mantener por ejemplo los perfiles de equilibrio de las playas. La restauración a medio plazo de la cobertura vegetal original es muy difícil dada la invasión por especies oportunistas que degradan el medio.

4.8. Efectos sobre el medio socioeconómico y patrimonio histórico-natural

Aunque se considera en principio la necesidad social del proyecto constructivo, la problemática suscitada es de gran interés y complejidad.

En el caso de las grandes presas existe una afección importante al sistema territorial, población, economía a nivel micro y meso, etc., motivando una respuesta socio-política en estrategias integradas dentro de un adecuado marco de planificación, ordenación y gestión del territorio que evite las susceptibles conflictividades.



Foto 10. Vista panorámica del emplazamiento del Nuevo Riaño.

Los efectos sobre el patrimonio natural (puntos de interés geológico, faunístico, etc.), histórico o de interés social repercute significativamente en el desarrollo del proyecto.

Casos como Riaño, Lumbier, o Retuerta son antecedentes importantes, con cuyas lecciones de lógica sensata popular traspasan los ámbitos técnicos incidiendo en las distintas fases de la actividad.

Por ejemplo, cabe detenerse en el proyecto del embalse de Retuerta (Burgos) que implicaba la desaparición del Monasterio de San Pedro de Arlanza, entre otras construcciones de indudable «nervio histórico» (García, 1986). Pese al emplazamiento idóneo y rentabilidad del proyecto constructivo, el 26 de febrero de 1986 el MOPU desestimó la realización del proyecto original por este motivo, iniciando otras alternativas a la regulación del río Arlanza.

Con objetivo de profundizar en algunas aspectos dentro de este apartado se puede consultar para grandes presas DGMA (1989), y para obras en el litoral CEPYC (1989).

4.9. Alteración de la peligrosidad natural

Los riesgos naturales pueden verse mitigados o catalizados de forma importante por las acciones que conllevan la realización de este tipo de proyectos.

Por una parte las presas ejercen un importante efecto laminando las avenidas, pero por otra se genera una actividad sísmica inducida, un aumento de los deslizamientos e

inestabilidad de laderas en las márgenes, y en algunos casos hundimientos al reactivarse las redes kársticas. Algunos de estos efectos se consideran habitualmente a la hora del diseño de la presa, requiriendo inclusive estudios específicos: sismotectónico, riesgo de avenidas, estabilidad de laderas, erosión, etc.

En el dominio litoral, la peligrosidad por embate del oleaje para una determinada «área de sombra» queda mitigada al disipar la energía de los trenes de ondas la infraestructura costera. Sin embargo, la peligrosidad por erosión costera se ve incrementada al alterar los factores que inciden en el balance sedimentario.

Agradecimientos:

Todo trabajo es resultado de la colaboración de numerosas personas. Sin embargo, es importante destacar la paciente labor de Fátima Camacho, corrigiendo textos, uniformizándolo a la normativa y en definitiva pasando a la letra de Gutenberg mis manuscritos. En el ámbito técnico me han sido muy útiles las sugerencias y aporte documental de las siguientes personas: M^a Nieves Hidalgo Castro, Silke Merayo Selbstaedt, Daniel Baretino Fraile, Ernesto Gallego Valcarce y Jesús Jordá Pardo.

Finalmente agradecer a F.J. Ayala Carcedo, Director del Área de Ingeniería GeoAmbiental del ITGE, la excelente disposición prestada para atender los comentarios directores del presente trabajo.

REFERENCIAS

- AYALA, F.J. y JORDA, J.F. (Ed). (1989): *Geología Ambiental*. Serie: Ingeniería GeoAmbiental, ITGE, Madrid, 257 pp.
- AYALA, F.J. (1990a): Análisis de los conceptos fundamentales de riesgos y aplicación a la definición de tipos de mapas de riesgos geológicos. *Bol. Geol. Min.* Vol. 101-3, pp 456-467.
- AYALA, F.J. (1990b): Los peligros naturales en las evaluaciones de impacto ambiental en obras civiles. *Bol. Geol. Min.* Vol. 101-6, pp 905-918.
- BARETTINO (1991): Identificación y evaluación de impactos ambientales sobre la Gea. *Evaluación y Corrección de Impactos Ambientales*. Serie: Ingeniería GeoAmbiental. ITGE. Madrid (en prensa).
- BERENQUER, J.M. (1978): Problemas sedimentarios de los puertos deportivos. *Rev. Obras Públicas* Mayo 1978, pp 379-392.
- CARTER, R.W.G: (1988): *Coastal environments*. Academic Press, Cambridge, Gran Bretaña, 617 pp.
- CEDEX (1988 a): *Curso sobre evaluación del impacto ambiental originado por la construcción de presas*. Gabinete de Formación y Documentación del CEDEX (MOPU), Madrid 412 pp.
- CEDEX (1988b): *Curso sobre geología ambiental*. Gabinete de Formación y Documentación del CEDEX (MOPU), 600 pp.
- Centro de Estudios de Puertos y Costas, C.E.P.Y.C. (1989): Propuesta de guía metodológica para la evaluación de impacto ambiental de puertos. *Apuntes del I Ciclo de Cursos Teórico-prácticos de evaluación de impacto ambiental originado por la obra pública: E.I.A. obras en el litoral*. CEPYC., CEDEX (MOPU), Madrid 147 pp.
- Comisión Internacional de Grandes Presas. ICOLD (1983). Las presas y el medio ambiente. *Estudios Territoriales* 10, Madrid, pp 171-208.
- Comité Técnico de Medio Ambiente. Comité Nacional Español de Grandes Presas (1990): Comentario a la guía metodológica para la elaboración de estudio de impacto ambiental. 2. Grandes Presas. *Terceras Jornadas Españolas de Presas*. Comité Español de Grandes Presas (Ed.), Barcelona, 798 pp.

- DA CRUZ, H. (1989): Aprovechamiento zoológico de los embalses. *Rev. MOPU* n.º 331, pp 58-62.
- DIEZ, J.J.; AGUILAR, J. y ESCOBAR, V.A. (1988): Ría de Foz: solución a un problema portuario costero. *21 Conferencia Internacional de Ingeniería de Costas, Torremolinos. Libro de resúmenes*. Col. Ing. Caminos, Canales y Puertos, Madrid, pp 393-394.
- Dirección General de Medio Ambiente, DGMA (1989): *Guías metodológicas para la elaboración de estudios de impacto ambiental, n.º 2 Grandes Presas*, Monografías de la Dirección General de Medio Ambiente, (MOPU), Madrid, 200 pp.
- Dirección General de Obras Hidráulicas (1986): *Inventario de presas españolas*. Centro de publicaciones, Secretaría General Técnica (MOPU), Madrid, 363 pp.
- ENRIQUEZ, F. y BERENQUER, J.M. (1986): Evaluación metodológica del impacto ambiental de las obras de defensa de costas, *Monografías del CEDEX* n.º 10 (MOPU), Madrid, 40 pp.
- ENRIQUEZ, F. y BERENQUER, J.M. (1987): Evaluación metodológica del impacto ambiental de un puerto deportivo, *Monografías del CEDEX* n.º 13 (MOPU), Madrid, 42 pp.
- FERNANDEZ-RAÑADA, J.C. (1982). Trazadores fluorescentes: utilización en el estudio del movimiento de sedimentos en las proximidades del litoral. *Monografías del CEDEX* n.º 4, MOPU, Madrid, 35 pp.
- FERRERO, M.; y VILAS, F. (1988). Hidrodinámica, procesos deposicionales y erosivos en canales internareales de la bahía de San Sebastian, Tierra de Fuego, Argentina. *Thalassas*, pp 89-94.
- GARCIA, C. (1986): Salvado de las aguas. *Rev. MOPU* n.º 331, pp 16-20.
- GIRO, S.; CATASUS, X; y BARRIUSO, J. (1989): Algoritmos de comparación de imágenes: un método para el análisis de imágenes multitemporales en teledetección. *III Reunión científica del grupo de trabajo en teledetección*. A.E.T. (Ed). Madrid, pp 125-131.
- GOMEZ OREA, D. (1988): Evaluación de Impacto ambiental. *Ciudad y Territorio* 75-1, Madrid pp 5-32.
- GRIGGS, G.B. (1987): Littoral cells and harbor dredging along the California Coast. *Environ. Geol. Water Sci.* Vol. 10 n.º 1, pp 7-20.
- Inst. del Territorio y Urbanismo (1987): *Análisis del litoral español: Diseño de políticos territoriales*. Secretaría General Técnica (MOPU), Madrid, 243 pp.
- JARAMILLO, A. (1989): Aprovechamiento zoológico de los embalses. *Rev. MOPU* n.º 365, pp 50-55.
- MARTINEZ CENDRUN, P. (1984). Dinámica y sedimentación en el estuario del Asón (Cantabria). *Trabajos de Geología*. Univ. de Oviedo pp. 175-197.
- MOPU (1985): Política de costas: Plan de actuaciones 1983-1990. *Documentos del Ministerio de Obras Públicas y Urbanismo*. Servicio de Publicaciones, Secretaría General Técnica (MOPU), Madrid, 209 pp.
- MOPU (1989 a): Guía de las costas de España. *Revista MOPU* n.º 367 (especial). Madrid 224 pp.
- MOPU (1989 b): *Ley de Costas*. The Shores Act. Secretaria General Técnica, MOPU, Madrid, 142 pp.
- MOPU (1990): Guía de los ríos de España. *Revista MOPU* n.º 378 (especial). Madrid, 224 pp.
- NICHOLS, M; DIAZ, R.J. y SCHAFFNER, L. (1990): Effects of hopper dredging an sediment dispesion, Chesapeake Bay. *Environ. Geol. Water. Sci.* Vol 15, N.º 1, pp 31-43.
- PEÑA, C. (1989): Los efectos de los puertos deportivos sobre la estabilidad de las playas mediterráneas. *Obra Pública* n.º 11. «El Impacto Ambiental», pp 98-105.
- ROLAN, E; VILAS, F. y NOMBELA, M.A. (1987): Fauna malacológica de los estuarios-lagoones y sus variaciones por cambio de salinidad. *Iberus* 7 (1) pp. 59-65.
- SANJAUME, E. (1985). *Las costas valencianas. Sedimentología y morfología*. Tesis doctoral, Univ. de Valencia, Sección de Geografía, Valencia, 505 pp.
- SERRA, J.; CALAFAT, A. y CANALS, M. (1989): Dinámica sedimentaria de una costa subalimentada, respuesta a la regeneración artificial. *XII Congr. Esp. Sedim.*, Vol. II. Robles, S., García-Mondejar, J. y Garrote A. (Ed), Bilbao. pp 239-249.
- SOLER, F; GONZALEZ DEL RIO, J. y DIEZ, J.J. (1988): Estudio de las variaciones en un ecosistema eutrófico del litoral mediterráneo español: datos a tener en cuenta en los vertidos de nutrientes al litoral del ovalo valenciano. *21 Conferencia Internacional de Ingeniería de Costas, Torremolinos, Libro de resúmenes*. Col. Ing. de Caminos, Canales y Puertos, Madrid, pp 269-270.
- TOJA, J.: La calidad del agua de los embalses españoles. *Estratos*, n.º 13, pp 20-26.
- VILAS, F. (1985): Ejemplo de aplicación de un modelo sedimentológico en la evolución de un medio costero. *Cuad. Lab. Xeol. Laxe*, Vol 10, pp 10-63.

ALMACENAMIENTO Y ELIMINACION DE RESIDUOS TOXICOS Y PELIGROSOS

Sánchez Trujillano, Antonio (*)

RESUMEN

El trabajo que figura a continuación pretende dar una visión de carácter general de las distintas instalaciones de almacenamiento y eliminación de residuos tóxicos y peligrosos, enfocada desde el punto de vista del impacto ambiental que ocasiona tanto su implantación como su explotación y mantenimiento.

Se han distinguido dos modalidades básicas de instalaciones de almacenamiento, atendiendo a si éste es temporal o definitivo, dando lugar a los que hemos denominado centros de almacenamiento o depósitos de seguridad, respectivamente.

De cada uno de ellos se exponen sus elementos funcionales característicos, para deducir, a partir de éstos, el conjunto de acciones del proyecto que han de tenerse en consideración en el planteamiento del Estudio de Impacto Ambiental correspondiente. Por otro lado, se enuncian los elementos más significativos del medio receptor, cuya calidad puede resultar alterada como consecuencia de las diferentes acciones de proyecto, para deducir, a partir del análisis de todos estos factores, las medidas que han de adoptarse para garantizar una adecuada integración de la instalación en el medio.

Palabras clave: Residuos tóxicos y peligrosos, Evaluación de Impacto Ambiental, Almacenamiento y eliminación.

1. INTRODUCCION

En los procesos de eliminación de residuos tóxicos y peligrosos, el almacenamiento de éstos puede plantearse con dos fines distintos; como un proceso intermedio de agrupamiento de residuos previo a su tratamiento, o como un proceso final.

A las instalaciones correspondientes a la primera de estas formas se les llama simplemente almacenes o centros de transferencia, según estén en los centros de producción o constituyan unidades independientes de gestión, y a las de la segunda se les llama depósitos de seguridad.

La diferencia entre unos y otros no es únicamente de denominación, pues como vamos a ver son instalaciones fundamentalmente distintas.

En todo caso y dada la finalidad de esta exposición, vamos a enfocar la visión de éstas desde el punto de vista de su impacto ambiental, planteando para cada una de ellas el enunciado de un hipotético Estudio de Impacto Ambien-

tal, analizando, como es propio en cualquier estudio de esta naturaleza, las acciones del proyecto y los valores del medio, para determinar después, en función de unas y otros, las medidas protectoras y correctoras del impacto ambiental que habrían de tenerse en consideración para reducir el impacto que podría causar su implantación y su explotación.

2. ALMACENAMIENTO DE RESIDUOS PREVIO A SU TRATAMIENTO Y CENTROS DE TRANSFERENCIA DE RESIDUOS TOXICOS Y PELIGROSOS

2.1. Acciones de proyecto

Cualquier proyecto y, en particular, los sometidos a Evaluación del Impacto Ambiental puede desagregarse virtualmente y a título de simplificación metodológica, en un conjunto de acciones elementales, simples e independientes entre sí que reciben la denominación genérica de acciones de proyecto. Esta desagregación previa se realiza para proceder, como más adelante veremos, al análisis pormenorizado, en los términos más objetivos posible, de los efectos y repercusiones ambientales que cada una de ellas representa, para determinar, por integración de todas ellas, el Impacto Ambiental del proyecto en su totalidad.

Concretamente, los proyectos referentes a instalaciones de almacenamiento de residuos tóxicos y peligrosos, en las dos modalidades que hemos enunciado, se deben estudiar, siguiendo este procedimiento, examinando independientemente dos fases claramente diferenciadas atendiendo a su afección ambiental: la fase de construcción y la de explotación.

La primera no aporta ningún aspecto intrínseco de relieve desde el punto de vista ambiental que no aparezca en la construcción de cualquier complejo industrial de cierta importancia, por lo que prescindiremos de su análisis a efectos de su Evaluación de Impacto Ambiental, profundizando, en cambio, en las cuestiones más específicas de estas instalaciones que son las que derivan de su explotación.

En consecuencia, en una relación simplificada de las distintas acciones que comporta la explotación de una instalación de esta naturaleza, cabe distinguir las siguientes:

- Producción de residuos sólidos.
- Producción de residuos líquidos.

(*) Ingeniero de Caminos, Canales y Puertos. Agencia de Medio Ambiente. Comunidad de Madrid. C/ Princesa, nº 3. 28008 Madrid.

- Emisión de gases y vapores nocivos.
- Generación de ruidos y vibraciones.
- Tráfico y movimiento de vehículos pesados y maquinaria.
- Riesgos de accidentes por combustiones, explosiones, etc.
- Riesgo de otros accidentes, como inundaciones, colisiones, etc.
- Otras acciones.

2.2. Elementos de valor del medio

Hay que anticipar en este sentido que estas instalaciones están emplazadas atendiendo a unos criterios que vienen condicionados por las reglas del mercado; en el caso de los centros de transferencia se pueden deducir fácilmente que el lugar de emplazamiento idóneo de los mismos ha de estar próximo al centro de gravedad de los usuarios a los que se presta servicio, que en muchos casos coincide con una gran zona industrial o un eje industrial, justificándose así que estas instalaciones estén siempre en polígonos industriales en los que los valores naturales del medio no son especialmente relevantes, bien porque nunca lo fueron o bien porque la degradación y el deterioro ambiental provocado por otras industrias emplazadas con anterioridad, acabaron con los valores naturales del medio.

En definitiva, para hacer un Estudio de Impacto Ambiental de una determinada actuación en un determinado ámbito, debemos conocer la actuación y las características del territorio en el que ha de ubicarse, si bien, en el caso concreto de las instalaciones de almacenamiento temporal, podemos admitir que el lugar idóneo es un suelo in-

dustrial próximo a un buen sistema de comunicaciones, lo que nos permite suponer que el medio no cuenta con valores de singular interés (fauna, flora, etc.), por lo que en este planteamiento hipotético del problema de su impacto ambiental, podemos omitir la concurrencia de estos elementos.

En consecuencia, los valores del medio serán, en principio la calidad del suelo, la calidad de las aguas (superficiales y subterráneas) y la calidad del aire.

2.3. Matriz de impacto ambiental

Podemos, por tanto, plantear una matriz de impacto muy simplificada que, para la fase de explotación, sería la siguiente:

Cabría definir y desarrollar también una matriz de impactos similar a ésta, referida a la fase de construcción del proyecto, que sería semejante a la que resultaría de la construcción de una instalación industrial de características funcionalmente análogas; sin embargo, vamos a centrarnos preferentemente en los aspectos específicos de un centro de transferencia de residuos tóxicos y peligrosos en lo que se refiere a su funcionamiento, dado que es en su explotación en donde se ponen de manifiesto las peculiaridades propias de estas instalaciones.

El paso siguiente que habría que seguir, conocidas las causas que provocan el impacto ambiental sería la asignación de unos valores indicativos de su intensidad, incidencia, reversibilidad, persistencia, etc., que nos permitan determinar la importancia relativa de cada una de las acciones del proyecto y la importancia de la actuación en su conjunto, para enunciar, a la vista de sus magnitudes, las medidas concretas que habrán de adoptarse para paliar en lo posible sus efectos negativos.

Acciones de Proyecto Valores ambientales	Manipulación de productos contaminantes	Producción de residuos sólidos	Producción de efluentes líquidos	Emisiones de gases a la atmósfera	Tráfico y movimiento de vehículos y maquinaria	Ruidos y vibraciones
Contaminación de suelos						
Pérdida de la calidad de las aguas subterráneas						
Pérdida de la calidad de las aguas superficiales						
Alteración de la calidad del aire						

Figura 1. Matriz de impacto ambiental.

No hay que olvidar que las doctrinas de la evaluación de impacto ambiental determinan la comparación que debe realizarse para establecer el impacto que se intenta evaluar no es de la variación que experimentan los valores ambientales antes y después de llevarse a cabo una actuación, sino de la variación de estos valores considerando por un lado la actuación y por otro la evolución que experimentaría la situación de partida sin llevarse a cabo la actuación.

Este matiz tiene gran importancia en cualquier proceso de evaluación de impacto ambiental, pero en el caso concreto de las instalaciones de tratamiento de residuos tóxicos y peligrosos la tiene, si cabe, todavía mayor, pues no hay que perder de vista que si la situación de partida es lamentable, pues continuamente se vienen observando vertidos incontrolados, eliminación de residuos en lugares inadecuados, abandono de residuos, etc., la evolución que se puede esperar a partir de un estado inicial como éste es verdaderamente catastrófica.

2.4. Medidas correctoras

Resulta en consecuencia, que la ejecución de instalaciones de tratamiento de residuos tóxicos y peligrosos y, en particular, las de almacenamiento de éstos, son motivo de una mejora de la calidad ambiental en la medida en que mediante el funcionamiento de éstas se pueden evitar otras agresiones al medio que por anónimas e incontroladas no deben dejarse de tener consideración a la hora de formular el estudio de impacto ambiental correspondiente.

Sentados estos principios y una vez que hemos asignado a cada uno de los elementos de la matriz de impactos el valor que le corresponde, sólo nos queda por examinar las medidas correctoras que podrían introducirse para reducir los impactos negativos y aumentar los impactos positivos, entendidos estos últimos como las acciones del proyecto que constituyen un beneficio o una mejora para el medio ambiente. Así, en el caso hipotético que veníamos analizando, podemos formular un conjunto de medidas correctoras tendentes a reducir los efectos ambientales negativos causados por la puesta en marcha de la instalación y aumentar los positivos en la medida que una actuación de esta naturaleza puede contribuir a este fin.

2.4.1. Efectos sobre el suelo

De acuerdo con ello, para evitar la posibilidad de contaminación del suelo, toda la superficie en la que se desarrollan las actividades de almacenamiento de los residuos debe estar bien pavimentada, a ser posible con hormigón, y contar con una pendiente que permita circular por gravedad cualquier derrame accidental hacia un punto de recogida, antes de su infiltración en el suelo.

Con idéntica finalidad, se debe construir una red específica para la recogida de estos derrames, concebida de tal modo que en ningún caso se mezclen éstos con vertidos de cualquier otro tipo o con aguas de lluvia o de cualquier otra procedencia.

En esta misma línea sería conveniente recomendar que el tipo de depósitos en los que se efectuaría el almacenamiento de los residuos habría de ser preferentemente aéreo, de modo que cualquier escape que pudiera producirse fuera visible inmediatamente.

Estos depósitos también deben quedar encerrados en un recinto o cubeto impermeable con capacidad suficiente para retener la totalidad del volumen del depósito en caso de rotura o vaciado accidental de éste.

2.4.2. Efectos sobre las aguas

Para prevenir los riesgos de contaminación de las aguas, tanto superficiales como subterráneas, ya se han apuntado, dado que son concurrentes, algunas acciones al hablar de las medidas correctoras de la contaminación del suelo. No obstante, además de la existencia de una red específica de recogida de posibles derrames, cabe plantear la construcción de una red de recogida de aguas pluviales que deriven éstas hacia el exterior de las instalación antes de que entren en contacto con cualquiera de los elementos de la misma.

Inciendo en este mismo sentido, resulta también conveniente que las superficies en las que se produce este almacenamiento de residuos y aquellas en que se manipulan éstos, se encuentren cubiertas al objeto de evitar que las aguas de lluvia que caen directamente sobre las mismas pudieran resultar contaminadas por este motivo.

En todo caso, la red de recogida de posibles derrames de residuos, deberá disponer de pozos y arquetas de las que se puedan tomar muestras para su análisis y, en función de los resultados de éstos, se realicen las operaciones de depuración que sean necesarias.

2.4.3. Efectos sobre la atmósfera

En el supuesto de que los productos almacenados liberen gases por evaporación o por cualquier otro motivo, resulta preciso establecer medidas para controlar la evacuación de éstos que, según su naturaleza, podrán dispersarse en la atmósfera, si ello no representa ningún daño para la salud humana o el medio ambiente, o en caso contrario o también si sus efectos son desconocidos, deberán conducirse a través de una red de colectores para su tratamiento.

2.4.4. Otras medidas de seguridad

2.4.4.1. Prevención y extinción de incendios

Según los residuos almacenados sean combustibles o no, este apartado cobra importancia o deja de tenerla. En el primero de los casos habrá que prever detectores de incendios, tanto de humos como de temperatura, con una distribución adecuada y en número suficiente. Asimismo la instalación habrá de construirse de acuerdo con la normativa de protección de incendios aplicando especialmente medidas de ignifugación de las estructuras, habilitando las salidas de emergencia que sean necesarias y previendo un alumbrado autónomo de emergencia y señalización.

Como medidas de extinción de incendios habrán de instalarse hidrantes, bocas de agua contra fuegos y extintores y carros contra incendios en los lugares de mayor riesgo que cuenten con mejor accesibilidad. El tipo de material extintor será adecuado al tipo de fuego que pueda producirse (agua presurizada, dióxido de carbono, polvo químico, etc.). En el caso del agua de los hidrantes y de las bocas, la conducción de alimentación será independiente del resto del suministro de agua y tendrá presión y caudal suficientes para resolver cualquier situación de emergencia que pudiera plantearse por motivo del fuego.

2.4.4.2. Condiciones específicas de la instalación eléctrica

Igual que en el apartado anterior, las exigencias que habrá que aplicar a la instalación eléctrica serán tanto mayores cuanto mayor sea el riesgo de que se produzcan combustiones, explosiones o cualquier otro accidente análogo. En todo caso resulta recomendable que los depósitos de almacenamiento y, en general, todas las superficies metálicas, tengan su correspondiente toma de tierra y que la instalación eléctrica sea antideflagrante en aquellas zonas en que puedan acumularse, por cualquier circunstancia, gases o vapores inflamables.

También, si el caso lo requiere, resulta recomendable instalar dispositivos que permitan la descarga de la electricidad estática, particularmente como medida de seguridad previa al vaciado de los vehículos que transportan residuos hasta la instalación.

2.4.4.3. Regulación del tráfico en el interior de la instalación

Para evitar accidentes de tráfico en las operaciones de explotación, teniendo en cuenta que en la mayor parte de los casos los vehículos usuarios de estas instalaciones son camiones de gran capacidad y de grandes dimensiones, se suele diseñar el viario interior de forma tal que no tenga curvas muy pronunciadas o sin visibilidad, sea preferiblemente llano y tenga una señalización inequívoca del trayecto que se ha de seguir para cada tipo de operación. En el caso frecuente de que el viario no disponga de anchura suficiente para permitir el cruce de dos vehículos de mayor tamaño, se suele solucionar habilitando dos viarios diferentes, de entrada y de salida respectivamente, que resuelvan esta contingencia.

Asimismo, aunque más por lo que mejora la operatividad de la instalación que por su repercusión ambiental, resulta conveniente prever áreas de aparcamiento con dimensiones apropiadas, que permitan estacionar los vehículos de transporte de residuos hasta tanto cuenten con autorización para iniciar las operaciones de descarga.

2.4.4.4. Tratamiento de los ruidos

Estas instalaciones no revisten una problemática especial en cuanto a la producción de ruidos; no obstante, para reducir éstos se puede actuar, como en cualquier otro caso, reduciendo su intensidad en la fuente que los genera o tomando medidas de insonorización y aislamiento acústico de las zonas en las que la intensidad de éstos es mayor.

Respecto al ruido del tráfico, en las propias condiciones geométricas del viario a las que nos hemos referido para resolver las cuestiones de seguridad del tráfico, quedan también implícitas algunas medidas de reducción del nivel de ruidos, evitando fuertes pendientes y curvas pronunciadas. También se puede incidir en el tipo de pavimentación para reducir la intensidad sonora debida al tráfico.

En cuanto a las bombas de impulsión y demás maquinaria fija, atendiendo el nivel de ruidos que generan en su funcionamiento, se tomarán las medidas de aislamiento que resulten precisas para reducir éstos hasta el nivel deseado.

2.4.4.5. Tratamiento estético de la edificación y de su entorno

No existe ninguna razón que justifique la desconsideración de los aspectos estéticos de las edificaciones e instalaciones vinculadas a la explotación de un centro de transferencia de residuos tóxicos y peligrosos, máxime cuando la repercusión económica de estas cuestiones es irrelevante en la mayor parte de los casos. Por ello se recomienda que la tipología de la edificación guarde entre sí una coherencia adecuada y, a su vez, el conjunto se encuentre correctamente integrado en su entorno. En este sentido y como complemento de la instalación, se recomienda la plantación de arbolado y la localización de espacios ajardinados que, en todo caso contribuyan a mejorar su estética. También puede resultar conveniente la implantación de pantallas de arbolado que aislen e independicen la instalación del medio exterior. No debe olvidarse en este sentido que los elementos vegetales vinculados a estos centros constituyen el testigo más expresivo de sus condiciones de funcionamiento.

2.4.4.6. Condiciones de gestión

Para aumentar las garantías de seguridad de los centros de almacenamiento de residuos tóxicos y peligrosos, y, en general, de las instalaciones de tratamiento y eliminación de éstos, existen numerosas recomendaciones, aparte de las exigidas en la propia legislación vigente al respecto; así, por ejemplo, el Reglamento de Residuos Tóxicos y Peligrosos, establece la obligatoriedad de que al frente de la explotación de una instalación de este tipo exista siempre un titulado superior.

También existen otras prescripciones y recomendaciones recogidas en instrucciones que no han sido aprobadas por el momento, estudios realizados y de la propia experiencia en la gestión de estas actividades. Entre ellas cabe citar, entre otras, la conveniencia de que exista una limitación al volumen de residuos almacenados una vez superada la capacidad de los depósitos propios de la instalación, las especificaciones y medidas de seguridad en las operaciones de descarga y trasiego de los residuos, etc.

3. DEPOSITOS DE SEGURIDAD

Los procedimientos y criterios metodológicos descritos anteriormente para los centros de transferencia de residuos tóxicos y peligrosos siguen siendo válidos para cuanto vamos a exponer a continuación sobre los depósitos de seguridad, con dos diferencias básicas muy importantes que confieren a éstos unas connotaciones peculiares.

En principio, los depósitos de seguridad son depósitos para el alojamiento definitivo e indefinido de los residuos en lugar de ser un alojamiento temporal. En segundo lugar, los residuos depositados en un depósito de seguridad son todos de naturaleza sólida, en contraste con los anteriores que eran líquidos.

Una primera consecuencia que deriva de la circunstancia de ser centros para el almacenamiento definitivo de residuos es que en los criterios de localización, además de tenerse en consideración los de proximidad a los centros de producción, para economizar los costes de transporte, hay que tener presentes las exigencias de seguridad. Los

terrenos aptos para el emplazamiento de depósitos de seguridad no pueden ser, en principio, cualesquiera, como sucedería en los centros de almacenamiento, sino que deben reunir unas especificaciones mínimas de impermeabilidad y profundidad de los niveles freáticos, como condiciones previas de seguridad, que reducen sensiblemente el abanico de posibilidades en cuanto a las zonas de implantación.

El lugar de emplazamiento idóneo de un depósito de seguridad, será por tanto aquel que reuniendo las condiciones anteriores, disponga de una gran capacidad para el alojamiento de residuos y permita rentabilizar las inversiones necesarias para su instalación. Es muy frecuente encontrar que los depósitos de seguridad en funcionamiento están emplazados sobre canteras y minas de materiales impermeables, sobre terrenos también impermeables, bien abandonadas o agotada su explotación, o bien, de extensión suficiente para permitir la explotación independiente de ambas actividades.

El planteamiento metodológico del Estudio de Impacto Ambiental de un depósito de seguridad sigue, como en todos los casos, los esquemas generales de los estudios de dicha naturaleza; por una parte habrán de identificarse las acciones del proyecto, desagregadas en construcción, explotación, y en su caso, de su clausura, sellado y recuperación de los terrenos, y por otra, los valores y características del medio receptor.

Aparece aquí otra posible diferencia entre los depósitos de seguridad y los centros de almacenamiento, que es la relativa a que por no estar los depósitos de seguridad situados en polígonos industriales, tanto por las circunstancias comentadas como por requerir mayores extensiones de terreno para su implantación que los centros de almacenamiento, pueden presentarse valores ambientales en el medio receptor que en el caso anterior no habíamos tenido en consideración por estimar que éstos no existían. Ello da lugar a una mayor diversidad de elementos receptores de impacto en la matriz de impacto ambiental que además habrá de plantearse para cada caso en función de las condiciones ambientales existentes.

3.1. Acciones de proyecto

Las acciones de proyecto que habría que tener en consideración serían:

a) Construcción:

- Excavación y movimientos de tierras.
- Acondicionamiento del suelo.
- Construcción de redes de drenaje.
- Construcción de redes de recogida de lixiviados y sistemas de control.
- Edificaciones e instalaciones.
- Accesos y viario interior.
- Cerramientos.
- Otras medidas de seguridad y control.

b) Explotación:

- Delimitación de celdas para el almacenamiento de residuos, atendiendo a su composición y características.

- Determinación de afinidades e incompatibilidades entre residuos de distintos tipos.
- Recubrimiento y aislamiento de los residuos.
- Eliminación de aguas de escorrentía superficial.
- Producción y eliminación de lixiviados.
- Tráfico de residuos y riesgos de accidentes.
- Ruidos.
- Otras.

c) Clausura, sellado y recuperación:

- Recubrimiento del depósito.
- Regularización del suelo y adaptación a su entorno.
- Reposición del terreno y acondicionamiento como soporte de especies vegetales.
- Reposición de la cubierta vegetal.
- Destino final y acondicionamiento al uso previsto.

3.2. Valores del medio y planteamiento del Estudio de Impacto Ambiental

Ante tantas acciones de proyecto que es preciso analizar minuciosamente para determinar el impacto ambiental y dado que desconocemos las características del medio, resulta prácticamente imposible pretender hacer una matriz genérica de impacto ambiental y resolver un caso general hipotético como planteamos al abordar el estudio de los centros de almacenamiento.

Sin embargo, como no es conveniente perder la generalidad, me ha parecido oportuno entrar en la descripción de un depósito de seguridad en lo que se refiere a los elementos esenciales de su estructura y los procedimientos de gestión y explotación, para que conjugados ya en cada caso concreto con los valores del medio, se pueda efectuar el Estudio de Impacto Ambiental correspondiente.

De acuerdo con lo anterior, debemos exponer que la instalación de un depósito de seguridad comprende los siguientes elementos:

- Cerramiento de seguridad y medidas de control de accesos.
- Edificaciones de control, oficinas de gestión de la instalación y laboratorios.
- Edificaciones para almacenamiento y guarda de la maquinaria.
- Vaso de depósito.
- Sistemas de drenaje y de control de las aguas y de los lixiviados.

3.3. Medidas Correctoras

3.3.1. Relativas al cerramiento y control de accesos

El cerramiento y los accesos deben estar concebidos de forma que impidan físicamente la entrada a cualquier persona que no disponga de la oportuna autorización o a cualquier animal incontrolado, lo que requiere un vallado perimetral suficientemente alto, un sistema de puertas dotado con dispositivos de apertura y cierre automáticos y,

tomáticos y, en gran parte de los casos, recurrir a personal especializado en seguridad y protección de instalaciones.

3.3.2. *Relativas a la gestión*

En las edificaciones deberán estar alojadas las oficinas en donde se llevará un estricto control de los residuos admitidos y rechazados, su procedencia, su fecha de entrada, su punto exacto de alojamiento en el vaso de depósito y cualquier otra especificación u observación que permita una mejor identificación y control del residuo. Otro elemento esencial es el laboratorio, en el que se analizan previamente las muestras de los residuos para determinar la posibilidad de su aceptación y las condiciones específicas de admisión y se verifica, en el momento de su entrada que los residuos transportados coinciden en su composición y características con las muestras enviadas previamente para su análisis.

La otra operación sistemática del laboratorio de un depósito de seguridad es el análisis de los depósitos de agua y de lixiviados, cuya función veremos más adelante, para que según su composición y concentración de metales, pH, DQO, COT, etc., determinar las necesidades de tratamiento correspondientes o proceder a su vertido.

3.3.3. *Relativas a los medios de explotación*

También es necesario disponer de una maquinaria adecuada en prestaciones y potencia, que permita efectuar, en condiciones de seguridad aceptables, la descarga de los vehículos que transportan los residuos, el acondicionamiento de los espacios en los que han de alojarse, la compactación y el recubrimiento de los residuos, etc. Esta maquinaria requiere un lugar cubierto y protegido en el que estar guardada fuera de las horas de trabajo y en el que se efectúen las operaciones necesarias de mantenimiento y guarda de la maquinaria, que además de las funciones enunciadas, cumpla también la de taller, depósito de herramientas, depósito de repuestos, etc.

3.3.4. *Relativas al propio depósito de seguridad*

El vaso de depósito constituye el elemento esencial y primordial del depósito de seguridad y, a su vez, su característica fundamental es su estanqueidad. En efecto, hemos dicho que uno de los condicionantes del emplazamiento de un depósito de seguridad es la impermeabilidad del suelo en que se asienta ($K < 10^{-10}$ cm/s) y un nivel freático suficientemente alejado de la superficie del terreno; no obstante complementando estas primeras medidas de seguridad y para que exista una garantía total de los lixiviados producidos, se añaden otras medidas que pasamos a enunciar a continuación.

En primer lugar, la capa más superficial del terreno se regulariza y recompacta por capas sucesivas hasta obtener la máxima densidad posible en una profundidad de 50 cm. Esta operación, lógicamente, debe realizarse en una época seca para evitar que el agua o la humedad impidan alcanzar el grado de compactación deseado.

A continuación debe construirse un dren perimetral de superficie alrededor de todo el vaso del depósito para derivar hacia un punto conveniente las aguas de escorrentía superficial que por gravedad pudieran llegar al espacio ocupado por dicho vaso.

Seguidamente, sobre la capa de material sobrecompactado debe situarse una capa de material altamente drenante, preferentemente arenas o grava, y en su interior unos tubos drenantes que permitan recoger y controlar las aguas que pudieran penetrar hasta esta zona. Si fuera preciso, porque existiera riesgo de contaminación de la capa drenante por el terreno natural, se estudiaría la conveniencia de intercalar entre ambas una capa anticontaminante que impida el paso de finos hacia la capa drenante, garantizando así su función drenante.

Sobre esta capa totalmente drenante se debe instalar una lámina de polietileno reforzado de 3 mm de espesor, totalmente impermeable y resistente físicamente a desgarrros y roturas, a la acción del sol, a las altas y bajas temperaturas y, lo que es fundamental, al ataque de los ácidos, productos corrosivos y demás componentes de residuos que pudieran ser causantes de contaminación.

Para la protección de esta lámina impermeable se sitúa sobre ella una capa drenante en cuyo interior lleva alojada una red de conducciones igualmente drenantes cuya función es recoger y canalizar las aguas de lluvia que pudieran caer directamente sobre la misma y evacuarlas hacia un depósito situado en el exterior del vaso.

Sobre esta última capa y previa delimitación mediante coordenadas y métodos topográficos ordinarios, se sitúan las distintas zonas de depósito de residuos, atendiendo a su composición y demás características que comentamos antes.

Este es, en definitiva, el esquema de la construcción de un depósito de seguridad que, debidamente explotado y gestionado, cuenta con las mayores garantías de seguridad; no hay que olvidar que la mayor parte de los residuos admitidos proceden del tratamiento previo en planta físico-química o de escorias y restos de la incineradora que precisamente en estos tratamientos anteriores a su alojamiento en el depósito de seguridad han perdido su carácter tóxico y peligroso inicial.

Este es también en esquema el depósito de seguridad que tiene en servicio la Comunidad de Madrid, que se proyectó y construyó sin escatimar medidas de seguridad porque era el primero que se construía en España y sobre él estaban centradas todas las atenciones, tanto públicas como de otros sectores de la sociedad, atraía también el interés de los países de la C.E.E. en cuanto al compromiso español de dar cumplimiento de la Directiva sobre residuos tóxicos y peligrosos, y se tenía la experiencia negativa de algunas instalaciones construidas dos décadas antes en EE.UU. con menores medidas de seguridad (por ejemplo, sin lámina de polietileno reforzado), que habían dado lugar a importantes problemas de contaminación de suelos cuyo coste de restauración no justificaba en modo alguno el incremento de inversión que suponía extremar dichas medidas cautelares, sin perjuicio de otros daños ambientales de imposible reparación.

3.4. *Otras soluciones*

Existen multitud de variedades inspiradas en este esquema operativo y de combinaciones de éste con otros; así, es habitual encontrar un vertedero controlado de basuras urbanas asociado a un depósito de seguridad, cada uno con un área claramente diferenciada pero compartiendo

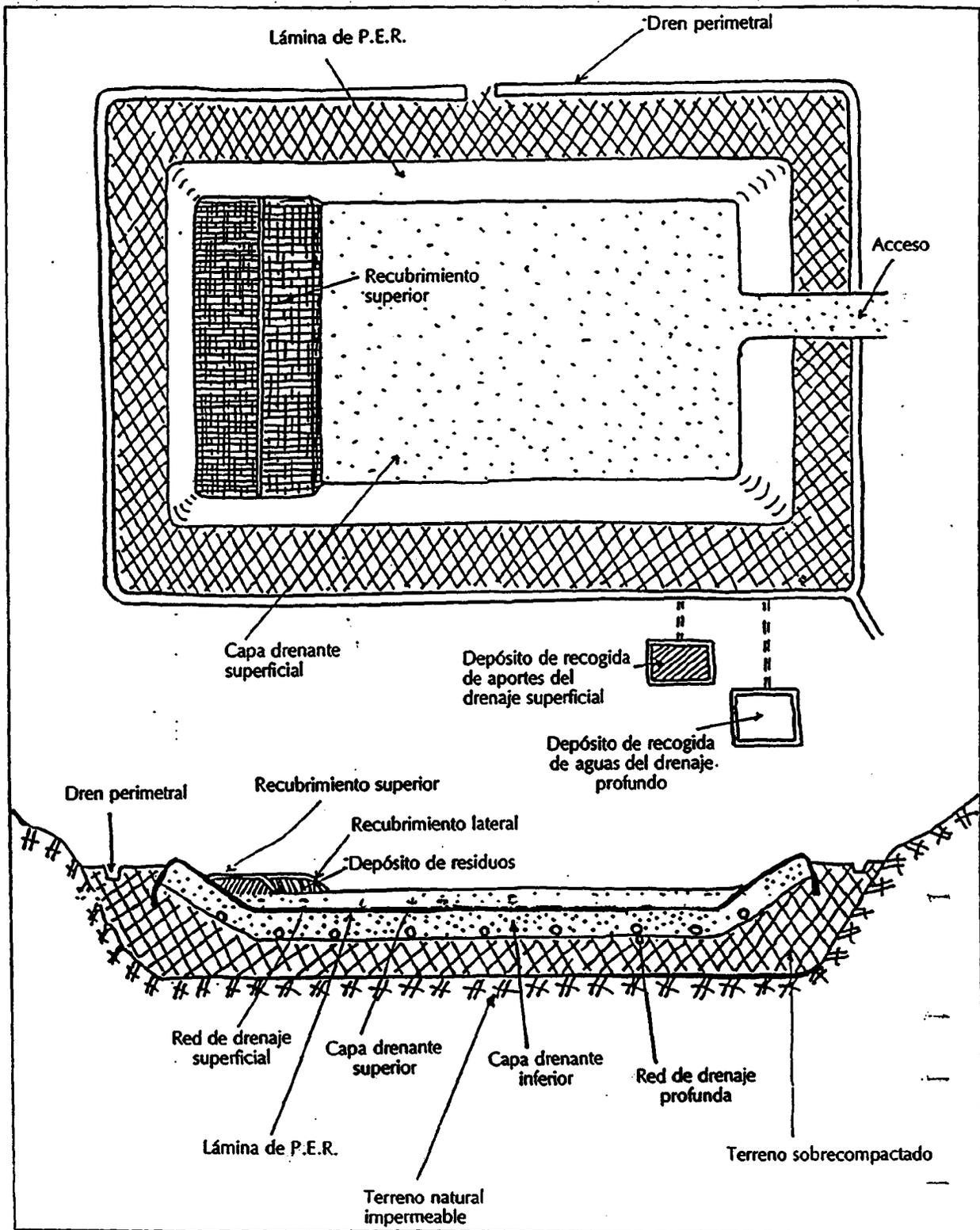


Figura 2. Depósito de seguridad.

en común los procesos de gestión, lo que permite obviamente reducir los costes de explotación.

Sería también importante mencionar los procedimientos de explotación, el proceso de llenado, la vida útil y las operaciones de clausura, sellado y recuperación de los terrenos para

otro uso, pues no debe perderse de vista que la efectividad en la protección del medio ambiente se va consiguiendo al dar con acierto todos y cada uno de los pasos que hemos enunciado.

Una última observación que me ha parecido oportuno hacer es la relativa a que no todos los residuos que jurídicamente

camente tienen la naturaleza de tóxicos y peligrosos presentan las mismas condiciones de toxicidad y peligrosidad y por tanto tienen una misma repercusión sobre el medio ambiente. Citemos por ejemplo los cianuros y los amiantos, mientras los primeros son altamente venenosos, incluso en concentraciones pequeñas, los segundos son cancerígenos por inhalación, aunque sólo algunas de sus fibras, y durante períodos prolongados de exposición.

Resulta que los requerimientos de estos últimos en cuanto a condiciones de seguridad son menores que las de los primeros pues son estables e insolubles al agua, por lo que bastaría con evitar su difusión a través del aire para

eliminar su problemática ambiental, lo que se puede conseguir con un recubrimiento con tierra, de espesor suficiente.

Para estos residuos y otros análogos que han dado en llamarse de baja toxicidad, se ha ideado una modalidad específica de depósitos de seguridad en los que, evidentemente, sería un despilfarro adoptar las mismas medidas que en los de mayor riesgo, por lo que su construcción se ha simplificado respecto al prototipo que hemos descrito antes, pero no deben confundirse los términos pues no se trata de un depósito de menor calidad o de peor categoría sino que es únicamente para residuos de baja toxicidad.

BIBLIOGRAFIA

- Programa Coordinado de Actuación de Residuos Industriales (P.C.A.R.I.).* Comunidad de Madrid (1987).
- Programa Coordinado de Actuación de Residuos Sólidos Urbanos (P.C.A.R.S.U.).* Comunidad de Madrid (1987).
- Chemical Engineering.*
- Energía en Madrid (SERMASA).*
- Ingeniería química.*
- Química hoy.*
- Tecno Ambiente.*

IMPACTO AMBIENTAL EN PROYECTOS AGRICOLAS. PROBLEMAS ESPECIFICOS

Donézar Díez de Ulzurrun, Miguel (*)

RESUMEN

La agricultura está basada en el uso de terrenos naturales alterados. El motor de los proyectos agrícolas es alcanzar un uso más idóneo para unos terrenos que se utilizan de una forma determinada. La legislación española actual apenas obliga a evaluar el Impacto Ambiental en los proyectos agrícolas, por lo que se propone incorporar estos criterios en la redacción y ejecución de los mismos como una parte más de la Ingeniería Rural. El objetivo es doble: a) conservar lo existente y que sea valioso; b) incorporar nuevos componentes vegetales o de otro estilo. En particular, se comentan los problemas específicos en proyectos de Concentración Parcelaria y de Transformaciones a Riego. Además, aunque pudiera considerarse ajeno al objetivo del texto, se dedica cierta atención al Impacto Ambiental de las prácticas agrícolas habituales pues ellas constituyen el manejo de las tierras y pueden ser causa de importantes deterioros. Se resalta la necesidad de una participación activa de los usuarios directos de los terrenos, insistiendo que la responsabilidad no recae únicamente sobre ellos sino que es necesario que se impliquen los diferentes componentes de la sociedad.

Palabras clave: Usos del suelo actuales, potenciales y más idóneos; condicionamientos de uso; proyecto; Concentración Parcelaria; Transformaciones a Riego; prácticas agrícolas.

Abstract: Agriculture is based on the use of natural ground which has been altered. The aim of agricultural projects is to reach a more suitable land use in areas which are being farmed in a certain way. Nowadays the Spanish laws seldom require the evaluation of environmental impacts in agricultural projects and therefore it is here proposed to incorporate these criteria in the writing and execution of those projects as another part of Rural Ingenuity. The objective we should consider is a double one: a) keeping the previous values which are worthwhile; b) incorporating new either vegetal or other kind of components. In particular, specific problems in land consolidation and irrigation projects are discussed. We also consider the environmental impact caused by usual farming methods which would normally be considered outside of the aim of this work, but they certainly can provoke serious damage. Active participation by land users is emphasized by insisting on the idea that responsibility not only concerns them but it is also necessary to include other groups of society.

Key Words: Present, potencial and more suitable land uses; land use conditions; project, Land Consolidation; Irrigation projects; agricultural practices.

1. INTRODUCCION

La relación de la agricultura y de la ganadería con el medio ambiente es realmente estrecha pues, en general, se asientan sobre terrenos naturales alterados y difícilmente podríamos imaginar una actividad agrícola sin modificar el entorno. Con el fin de obtener provecho en unas condiciones ambientales no siempre favorables, el hombre ha ideado y dispuesto de medios crecientes en consonancia con el desarrollo científico y tecnológico de cada sociedad, hasta alcanzar la situación actual en la que los países más avanzados disponen de un potencial de transformación muy grande, casi ilimitado.

Aun cuando es de todos conocido, recalcaremos el hecho de que la agricultura es el resultado del conjunto de las acciones que transforman el medio natural a fin de hacerlo apto para el crecimiento de unas determinadas plantas. El ejercicio de esta actividad y su evolución a lo largo del tiempo ha ido muy unida a la historia de los pueblos y de las civilizaciones, siendo fuente fundamental de materias primas básicas; es posible encontrar en nuestro planeta todo tipo de situaciones, desde la pura subsistencia hasta los problemas derivados de los excedentes.

En nuestro entorno europeo, se persigue el objetivo de que las medidas para controlar la producción agraria deben ser de tal naturaleza, que cualquier progreso que se alcance en el futuro en el sector agrario deberá estar en armonía con las exigencias del medio ambiente y que, en caso necesario, se restablezca el equilibrio ecológico de las zonas afectadas. Tras períodos en los que se primó la producción pues se consideró a la agricultura como sector estratégico, nos encontramos en unos momentos en que las miradas se dirigen, en gran parte, hacia los aspectos espaciales y medioambientales de los terrenos. Así lo demuestra la diferente reglamentación elaborada por la C.E.E. y sus estados miembros. Desde instancias diversas se insiste en la necesidad de desarrollar una política europea de suelos unida a la de una ordenación rural integrada, debiendo colaborar para la consecución de estos objetivos los diferentes sectores afectados.

Sin embargo, no es fácil obtener éxitos en estos campos, tal y como puede comprobarse siguiendo con atención el continuo debate existente y el coste económico de las medidas adoptadas. Debemos ser conscientes de que la actuación del hombre en el medio natural, que origina impactos positivos y negativos, responde a múltiples razones que inciden más o menos directamente. Responsabilizar de forma exclusiva a los usuarios directos de los terre-

(*) Dr. Ingeniero Agrónomo. Servicio de Estructuras Agrarias. Dpto. de Agricultura, Ganadería y Montes del Gobierno de Navarra. C/ Monasterio de Urdax, 28 - 7º. 31011 Pamplona.

nos, agricultores, ganaderos y forestales, no deja de ser un enfoque simplificado de la cuestión.

Concluiremos este capítulo introductorio indicando el carácter general y conceptual del presente texto. Se ha creído conveniente hacerlo así para que sirva como un instrumento que invite a la reflexión y ayude a buscar la solución idónea a los problemas. Para conocer detalladamente los métodos más habituales de evaluación del impacto ambiental se deberá recurrir a la literatura especializada.

2. USO Y MANEJO DEL SUELO

La forma como se utiliza un terreno en un momento dado es la respuesta a un equilibrio alcanzado a lo largo del tiempo entre las condiciones naturales y otras de estilo diferente como las socioeconómicas, culturales, tecnológicas, políticas, etc. (fig. 1). Siempre responde a razones bien fundamentadas, con las que se puede estar de acuerdo o no, y es consecuencia de los aciertos y errores anteriores.

El uso de las tierras no es algo estático sino multifuncional y, por lo tanto, no se basa únicamente en la agricultura aunque ésta desempeñe un papel preponderante. El uso agrario del espacio se encuentra en competencia con los requeridos por otras actividades económicas como la urbanización, el desarrollo industrial, las infraestructuras, la minería, la conservación y el ocio. Por eso, analizar el uso actual de un suelo no se reduce a constatar que está ocupado de un modo u otro sino, también, a estudiar los condicionamientos de cualquier índole que hacen que se use de una manera determinada; el detalle, la profundidad del análisis, dependerá del objetivo del estudio.

Al hablar de condiciones naturales se hace referencia al clima, fisiografía, geología, geohidrología, hidrología, suelos y vegetación; sin lugar a dudas, se trata de los condicionamientos básicos que determinan el uso del suelo, siendo variable la capacidad del hombre para controlarlos o modificarlos. Respecto de los factores de otro estilo, cuya influencia puede llegar a ser decisiva, citaremos los siguientes: régimen de tenencia de tierras y grado de parcelación; existencia de infraestructuras como diques, caminos y carreteras, redes de riego y drenaje, corriente eléctrica y teléfono, bancales, etc.; cantidad, edad y formación de la población activa agraria; acceso y disponibilidad de nuevas tecnologías; capacidad de inversión y sistemas de financiación; condiciones de mercado; legislación vigente producida por instituciones de diverso tipo y ámbito.

Los proyectos surgen, son necesarios, cuando se quiere modificar el uso de los terrenos, buscando un uso mejor (Fig. 2). Es evidente que con el tiempo ha ido evolucionando el concepto de mejora como consecuencia de la incorporación de nuevos aspectos y a la vista de los resultados obtenidos. Así, por ejemplo, ciertos modelos de desarrollo a ultranza conllevaban criterios difícilmente sostenibles en la actualidad. Sí parece claro que las actividades humanas deben asegurar una productividad sostenida, e incluso incrementada, para el futuro. Resultará de especial interés la discusión sobre qué se entiende por productividad y en su definición no tiene por qué primar la rentabilidad económica inmediata.

La búsqueda de un uso mejor para un terreno pasa por la definición de los usos potenciales del mismo o, lo que

es lo mismo, por el conocimiento de la gama de usos posibles para unas condiciones naturales dadas. Hecho esto, se estará en condiciones de hacer la selección del uso más idóneo del suelo en un momento dado (Fig. 3). Además de tener un carácter temporal, no suele ser único y depende de factores diversos.

El debate sobre la relación entre el uso actual y el uso más idóneo de unos terrenos es de suma importancia y se convierte en el motor de los proyectos de desarrollo cuando ambos no coinciden. Resulta necesario hacer esta comparación y, además, hacerla de una forma real, es decir, pensando en los más directamente implicados. A modo de ejemplo, si hiciéramos esta pregunta a un agricultor o a un ganadero, casi con certeza nos daría tan buenas razones que concluiríamos que, efectivamente, para sus condiciones concretas (de todo estilo) ambos conceptos estaban bastante próximos.

La viabilidad real de un proyecto de transformación, o de un cambio en la forma de manejar los terrenos, viene medida por la capacidad para modificar los condicionamientos actuales que afectan el área en cuestión. Multitud de proyectos técnicamente adecuados se retardan o paralizan como consecuencia de una incorrecta evaluación del cambio que dicho proyecto conllevará en otros aspectos. En ocasiones, tras la ejecución del proyecto se produce su inutilización más o menos rápida pues no se preparó adecuadamente a los usuarios o no se tomaron las medidas necesarias para el mantenimiento del mismo.

Las ideas expuestas en este apartado, un tanto abstractas sobre todo para los que no están familiarizados con estos temas, las concretaremos diciendo que la actividad humana en el medio natural se desarrolla por medio de:

- a) *Proyectos de transformación*: Se ejecutan en un momento dado, son concretos, específicos y excepcionales. Sería el caso de la puesta en riego de una zona, de la transformación a pasto de un área de matorral, de una concentración parcelaria, de una repoblación forestal, etc.
- b) *Manejo del suelo*: Se incluyen bajo esa denominación a las prácticas habituales de lo que podríamos denominar el "oficio" o la "profesión" de los directamente relacionados con la actividad, es decir, agricultores, ganaderos y forestales.

Los impactos ambientales, positivos o negativos, tienen un origen en ambos tipos de actuaciones. Las primeras están en el ámbito de la Ingeniería Rural, las proyectan y ejecutan técnicos especializados, constituyendo un reto profesional continuo aumentar la calidad de sus trabajos. Las segundas, desarrolladas por un colectivo mucho más amplio y heterogéneo, sólo se modifican en función de las condiciones económicas y el esfuerzo de regulación resultó baldío si no se cuenta con una aceptación generalizada.

3. PROYECTOS AGRICOLAS. LEGISLACION DISPONIBLE

En la Directiva 85/337 de la CEE, relativa a la evaluación de las repercusiones de determinados proyectos públicos y privados sobre el medio ambiente, se entiende por proyecto a:

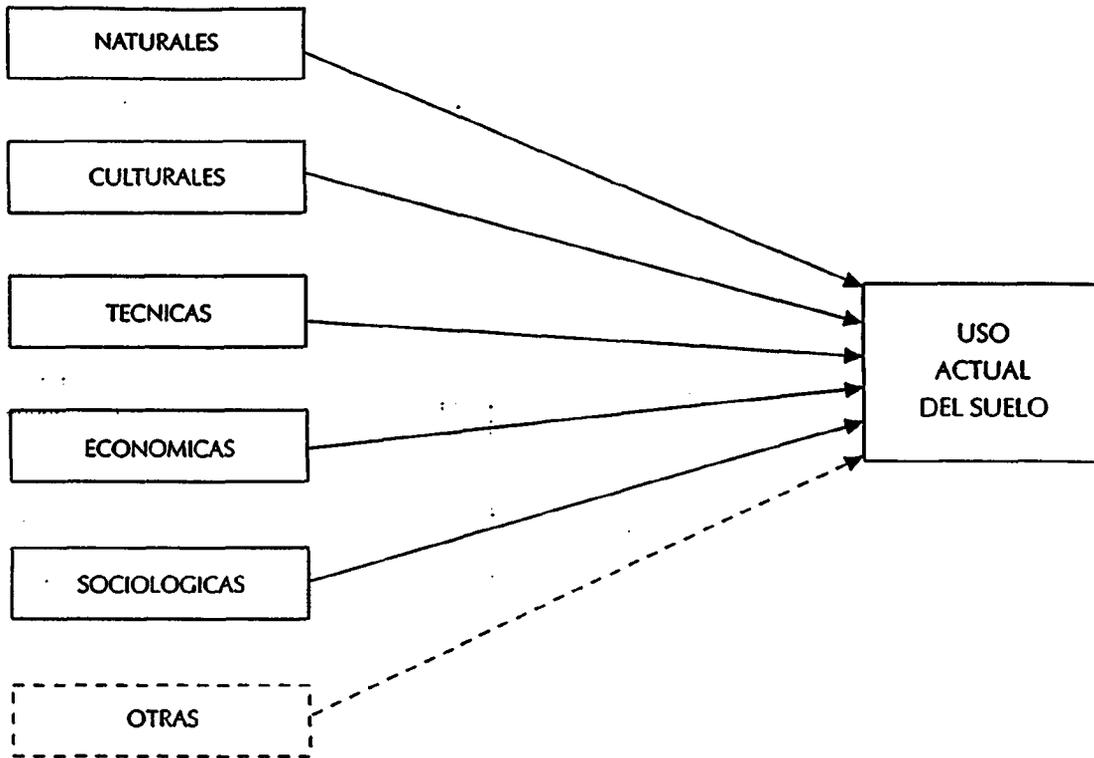


Figura 1. Condicionamientos del uso actual del suelo.



Figura 2. El cambio de uso es el motor de los proyectos.

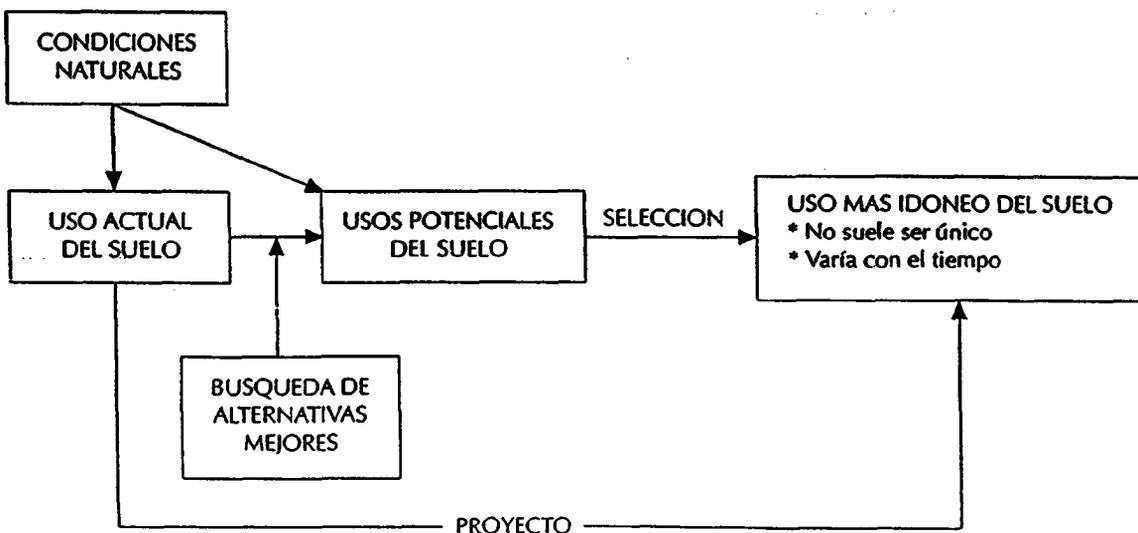


Figura 3. Obtención del uso más idóneo del suelo.

- La realización de trabajos de construcción o de otras instalaciones u obras,
- Otras intervenciones en el medio natural o el paisaje, incluidas las destinadas a la explotación de los recursos del suelo.

En el caso de proyectos agrícolas, dicha Directiva incluye la relación de los que pueden ser sometidos a E.I.A.; la facultad corresponde a los Estados miembros, que decidirán en función de las características de los mismos. Estos son:

- a) Proyectos de concentración parcelaria y obras de infraestructura anejas.
- b) Proyectos para destinar terrenos incultos o superficies seminaturales a la explotación agrícola intensiva.
- c) Proyectos de hidráulica agrícola.
- d) Primeras repoblaciones, cuando puedan ocasionar transformaciones ecológicas negativas, y roturaciones que permitan la conversión con vistas a otro tipo de explotación.
- e) Instalaciones para la cría de aves de corral.
- f) Instalaciones para cerdos.
- g) Piscicultura de salmónidos.
- h) Recuperación de tierras de mar.

A la lista expuesta podrían añadirse otras, cuyo ámbito se comparte con actividades diferentes como:

- Ordenación urbana.
- Canalización y regulación de cursos de agua.
- Presas y otras instalaciones destinadas a contener las aguas o almacenarlas de forma duradera.
- Industrias agrarias de diverso estilo.

El Real Decreto 1131/1988, de 30 de septiembre, por el que se aprueba el Reglamento para la ejecución del Real Decreto Legislativo 1302/1986, de 28 de junio, de Evaluación de Impacto Ambiental, concreta los principios básicos recogidos en nuestra Constitución y en diversa legislación de ámbito nacional o comunitario. En particular, en lo referente a la actividad agrícola, sólo encontramos algunas conexiones, aunque indirectamente, y que son:

- Grandes presas en tanto en cuanto vayan relacionadas con proyectos de transformación a riego de grandes zonas.
- Primeras repoblaciones cuando entrañen riesgos de graves transformaciones ecológicas negativas.
- Industrias agrícolas e instalaciones ganaderas.

No todos los proyectos agrícolas incluidos en la relación anterior son del mismo estilo. Algunos tienen un carácter claramente industrial, otros corresponden al ámbito de la Ingeniería Civil y, finalmente, están los que suponen una actuación repartida a lo largo y ancho de un cierto territorio. La característica espacial de estos últimos resulta determinante y difícilmente se alcanzará un nivel de detalle similar al de los otros casos. Siendo la inversión por unidad de superficie mucho menor, la calidad en la ejecu-

ción y la atención dedicada en la gestión cotidiana también será menor. Los resultados estarán en consonancia con ese nivel de atención y no se deberá observar el estado de los campos con mentalidad perfeccionista y urbana, pretendiendo que cada cosa esté en su sitio como si se tratara de un parque de recreo.

4. PROPUESTAS PARA LA INCORPORACION DE CRITERIOS MEDIOAMBIENTALES EN LOS PROYECTOS AGRICOLAS

Hasta el momento, es escasa la legislación vigente en nuestro país relacionada con el impacto ambiental derivado de los proyectos agrícolas cuyo objetivo es modificar el uso y manejo de los terrenos. Actuaciones tan típicas e importantes como la concentración parcelaria o las transformaciones a regadío apenas están condicionadas por normativa de este estilo. En otros países como Francia, Alemania u Holanda existe reglamentación específica para este tipo de proyectos y en el marco global del desarrollo rural. Al igual que en el nuestro, las civilizaciones son muy antiguas, el medio natural se encuentra altamente humanizado y el paisaje que ahora vemos dista mucho de ser el natural.

No resulta fácil imaginar las razones de esta ausencia, máxime cuando nos movemos en un contexto general de preocupación y sensibilización por estos problemas y cuando se está trabajando bajo directrices con cierto contenido conservacionista y medioambiental. Podríamos aventurar que la laguna citada responde razonadamente a dificultades relacionadas con la estructura productiva agrícola de nuestro país, con el déficit de infraestructuras, con las características sociológicas del mundo rural y con el coste económico que necesariamente se deriva de la adopción de estas líneas de trabajo.

En nuestro país, la mayoría de los proyectos de transformación agrícola corresponde a actuaciones que venía realizando el Instituto Nacional de Reforma y Desarrollo Agrario (IRYDA), nacido en 1971 por la fusión del Instituto Nacional de Colonización con el Servicio de Concentración Parcelaria y Ordenación Rural. Las competencias en materia de estructuras agrarias están actualmente en manos de las correspondientes instituciones autonómicas tras el traspaso de competencias a las Comunidades Autónomas. La Ley de Reforma y Desarrollo Agrario de 1973 (L.R.D.A.), que contiene las normas a seguir en estas actuaciones, ha sido modificada en algunas Comunidades Autónomas mientras que otras la siguen utilizando. El objetivo general de dar a cada terreno el uso más adecuado aparece como uno de los principios básicos de la Ley, junto con el de poner los medios para una ordenación rural en el marco de una planificación global. Sin embargo, con gran frecuencia han predominado los resultados, expresados por índices tales como hectáreas concentradas o transformadas a riego, sobre la integración de estos proyectos en un planeamiento general, seguramente como consecuencia de una priorización en un marco de escasez económica e infraestructural. Aunque la Ley no incluye normas concretas en materia medioambiental, constataremos que incluir estos criterios en estas actuaciones no sólo no la contradice sino que está en total consonancia con su filosofía.

Para modificar la parcelación, la propiedad o el aprovechamiento de los terrenos de una determinada zona con el fin de alcanzar un uso más adecuado de los mismos, es necesario introducir cambios en los factores (condicionamientos) que inciden en su uso. Evaluar el antes y el después de la transformación es una parte típica del trabajo de proyección; las fases de *viabilidad*, *anteproyecto* y *proyecto* permiten aproximarse a la realidad con el fin de llevar a cabo un buen diseño. Por tanto, incorporar estos criterios en el trabajo de los técnicos no deja de ser un objetivo propio de la Ingeniería Rural, modificando, si fuera necesario, determinados conceptos profesionales. Otro problema, seguramente más complicado, será la aceptación por los usuarios de los terrenos, que participan en el desarrollo de los proyectos en sus diferentes fases.

Aun cuando España es un país muy contrastado, donde se pueden encontrar situaciones muy diferenciadas, existen dos principios fundamentales a seguir en el desarrollo y ejecución de los proyectos y que son:

- a) Conservación de los elementos valiosos existentes en la zona de actuación, naturales o de otro estilo.
- b) Construcción del nuevo entorno, incorporando los elementos necesarios.

Formular estas ideas es mucho más fácil que llevarlas a la práctica, máxime teniendo en cuenta los diferentes colectivos implicados, el carácter espacial de los proyectos y el coste económico que suponen, aunque constatar la dificultad no debe implicar el abandono de las líneas de trabajo.

Dedicaremos especial atención en este apartado a exponer los problemas concretos que se presentarán al realizar la concentración parcelaria o la transformación a riego de una zona, por entender que son proyectos de gran incidencia en el territorio del área afectada.

4.1. Concentración parcelaria

Regulada a través del Título VI de la citada L.R.D.A., pretende atajar el problema de la excesiva parcelación que es, sin lugar a dudas, una de las mayores limitaciones a un uso adecuado de los terrenos. Se consideran como objetivos fundamentales de esta acción los siguientes: a) obtener unas unidades de explotación de dimensiones adecuadas para su mejor mecanización y aprovechamiento; b) proporcionar documentación sobre la propiedad; c) dotar de infraestructuras a la zona concentrada. Habiendo comenzado con retraso respecto de otros países europeos, desde los años cincuenta hasta la fecha ha afectado en España a más de 8 millones de Ha. correspondientes a cerca de 6.000 zonas, donde se ha reducido el número de parcelas a la séptima parte pasando el tamaño medio de las mismas de 0,3 a 2,5 Ha.

El ámbito de aplicación ha sido, principalmente, el área de los cultivos anuales de secano y, en menor medida, las zonas de prados y pastizales. Su implantación ha sido escasa en aquellas áreas de difícil orografía, en las de regadío tradicional o donde dominan los cultivos permanentes como la viña, el olivo o el almendro.

El proceso de concentración parcelaria (Fig. 4) tiene un carácter técnico, jurídico y administrativo que incluye varios períodos de exposición pública en los que los afecta-

dos pueden presentar alegaciones o recursos, haciendo posible la continua defensa de sus intereses. En consecuencia, para concluir la concentración de una zona es indispensable que los propietarios acepten tanto los diferentes documentos como su puesta en práctica. Esta observación es de especial importancia a la hora de evaluar los cambios derivados de la consecución de un proyecto de este estilo.

Como es de imaginar, la concentración parcelaria se ve condicionada por factores diversos y constituye un período muy especial en la vida de un pueblo. El tamaño, la forma y la ubicación de las parcelas son elementos básicos en el uso y manejo de los terrenos; además de las condiciones naturales, responden a aspectos tan variados como las formas de acceso a la propiedad, los métodos de trabajo de los campos o los tipos de cultivo. La modificación de estos condicionamientos conduce, necesariamente, a alteraciones en el entorno natural de la zona pudiéndose presentar distintas situaciones según sean las condiciones de partida, es decir, el estado medioambiental del área antes de la concentración.

Al poner en práctica el contenido del Acuerdo, al ejecutar en campo lo plasmado en los documentos gráficos y escritos, desaparecerán elementos que pertenecían al anterior parcelario y se ejecutarán obras donde hasta entonces había un bajo nivel de infraestructuras. Además del trabajo realizado por la Administración, los propietarios preparan las nuevas parcelas para su cultivo, moviendo tierra y eliminando vegetación si lo consideran necesario. La situación final es el resultado de ambas actuaciones, la general y la particular, que constituyen una unidad, pues están estrechamente relacionadas. Lógicamente, el objetivo deberá ser no sólo disminuir los impactos negativos derivados del proceso, sino también aprovechar la oportunidad tan importante que se nos ofrece para configurar un entorno de calidad. Los puntos básicos a considerar son:

- Análisis de la situación actual (Bases de Concentración) donde se detectarán los elementos valiosos, naturales o de otro estilo, que será necesario conservar; también se prestará especial atención a la delimitación del perímetro.
- Definición de la situación futura (Acuerdo de Concentración). Establecimiento de criterios para el diseño de la nueva parcelación. Diseño de la nueva red de caminos, desagües u otros componentes de la futura infraestructura: trazado, anchuras, pendientes, materiales, etc. Estudio del Impacto Ambiental derivado del Proyecto de Obras, que deberá incluir las medidas correctoras así como los elementos nuevos mejorantes.
- Puesta en práctica del Acuerdo de Concentración. Respecto de la actuación general, será de especial importancia el papel de la Dirección de las Obras. En lo relacionado con los particulares, se canalizarán las ayudas para preparar las parcelas tras la concentración, de modo que estén en consonancia con las directrices marcadas, apoyando la incorporación de elementos vegetales para crear el nuevo entorno.

Recientemente, diversas Comunidades Autónomas han elaborado reglamentación propia siguiendo pautas similares a las expuestas; a modo de ejemplo, incluimos el Decreto promulgado en marzo de 1991 por la Comunidad

- La realización de trabajos de construcción o de otras instalaciones u obras,
- Otras intervenciones en el medio natural o el paisaje, incluidas las destinadas a la explotación de los recursos del suelo.

En el caso de proyectos agrícolas, dicha Directiva incluye la relación de los que pueden ser sometidos a E.I.A.; la facultad corresponde a los Estados miembros, que decidirán en función de las características de los mismos. Estos son:

- a) Proyectos de concentración parcelaria y obras de infraestructura anejas.
- b) Proyectos para destinar terrenos incultos o superficies seminaturales a la explotación agrícola intensiva.
- c) Proyectos de hidráulica agrícola.
- d) Primeras repoblaciones, cuando puedan ocasionar transformaciones ecológicas negativas, y roturaciones que permitan la conversión con vistas a otro tipo de explotación.
- e) Instalaciones para la cría de aves de corral.
- f) Instalaciones para cerdos.
- g) Piscicultura de salmónidos.
- h) Recuperación de tierras de mar.

A la lista expuesta podrían añadirse otras, cuyo ámbito se comparte con actividades diferentes como:

- Ordenación urbana.
- Canalización y regulación de cursos de agua.
- Presas y otras instalaciones destinadas a contener las aguas o almacenarlas de forma duradera.
- Industrias agrarias de diverso estilo.

El Real Decreto 1131/1988, de 30 de septiembre, por el que se aprueba el Reglamento para la ejecución del Real Decreto Legislativo 1302/1986, de 28 de junio, de Evaluación de Impacto Ambiental, concreta los principios básicos recogidos en nuestra Constitución y en diversa legislación de ámbito nacional o comunitario. En particular, en lo referente a la actividad agrícola, sólo encontramos algunas conexiones, aunque indirectamente, y que son:

- Grandes presas en tanto en cuanto vayan relacionadas con proyectos de transformación a riego de grandes zonas.
- Primeras repoblaciones cuando entrañen riesgos de graves transformaciones ecológicas negativas.
- Industrias agrícolas e instalaciones ganaderas.

No todos los proyectos agrícolas incluidos en la relación anterior son del mismo estilo. Algunos tienen un carácter claramente industrial, otros corresponden al ámbito de la Ingeniería Civil y, finalmente, están los que suponen una actuación repartida a lo largo y ancho de un cierto territorio. La característica espacial de estos últimos resulta determinante y difícilmente se alcanzará un nivel de detalle similar al de los otros casos. Siendo la inversión por unidad de superficie mucho menor, la calidad en la ejecu-

ción y la atención dedicada en la gestión cotidiana también será menor. Los resultados estarán en consonancia con ese nivel de atención y no se deberá observar el estado de los campos con mentalidad perfeccionista y urbana, pretendiendo que cada cosa esté en su sitio como si se tratara de un parque de recreo.

4. PROPUESTAS PARA LA INCORPORACION DE CRITERIOS MEDIOAMBIENTALES EN LOS PROYECTOS AGRICOLAS

Hasta el momento, es escasa la legislación vigente en nuestro país relacionada con el impacto ambiental derivado de los proyectos agrícolas cuyo objetivo es modificar el uso y manejo de los terrenos. Actuaciones tan típicas e importantes como la concentración parcelaria o las transformaciones a regadío apenas están condicionadas por normativa de este estilo. En otros países como Francia, Alemania u Holanda existe reglamentación específica para este tipo de proyectos y en el marco global del desarrollo rural. Al igual que en el nuestro, las civilizaciones son muy antiguas, el medio natural se encuentra altamente humanizado y el paisaje que ahora vemos dista mucho de ser el natural.

No resulta fácil imaginar las razones de esta ausencia, máxime cuando nos movemos en un contexto general de preocupación y sensibilización por estos problemas y cuando se está trabajando bajo directrices con cierto contenido conservacionista y medioambiental. Podríamos aventurar que la laguna citada responde razonadamente a dificultades relacionadas con la estructura productiva agrícola de nuestro país, con el déficit de infraestructuras, con las características sociológicas del mundo rural y con el coste económico que necesariamente se deriva de la adopción de estas líneas de trabajo.

En nuestro país, la mayoría de los proyectos de transformación agrícola corresponde a actuaciones que venía realizando el Instituto Nacional de Reforma y Desarrollo Agrario (IRYDA), nacido en 1971 por la fusión del Instituto Nacional de Colonización con el Servicio de Concentración Parcelaria y Ordenación Rural. Las competencias en materia de estructuras agrarias están actualmente en manos de las correspondientes instituciones autonómicas tras el traspaso de competencias a las Comunidades Autónomas. La Ley de Reforma y Desarrollo Agrario de 1973 (L.R.D.A.), que contiene las normas a seguir en estas actuaciones, ha sido modificada en algunas Comunidades Autónomas mientras que otras la siguen utilizando. El objetivo general de dar a cada terreno el uso más adecuado aparece como uno de los principios básicos de la Ley, junto con el de poner los medios para una ordenación rural en el marco de una planificación global. Sin embargo, con gran frecuencia han predominado los resultados, expresados por índices tales como hectáreas concentradas o transformadas a riego, sobre la integración de estos proyectos en un planeamiento general, seguramente como consecuencia de una priorización en un marco de escasez económica e infraestructural. Aunque la Ley no incluye normas concretas en materia medioambiental, constataremos que incluir estos criterios en estas actuaciones no sólo no la contradice sino que está en total consonancia con su filosofía.

Para modificar la parcelación, la propiedad o el aprovechamiento de los terrenos de una determinada zona con el fin de alcanzar un uso más adecuado de los mismos, es necesario introducir cambios en los factores (condicionamientos) que inciden en su uso. Evaluar el antes y el después de la transformación es una parte típica del trabajo de proyección; las fases de *viabilidad*, *anteproyecto* y *proyecto* permiten aproximarse a la realidad con el fin de llevar a cabo un buen diseño. Por tanto, incorporar estos criterios en el trabajo de los técnicos no deja de ser un objetivo propio de la Ingeniería Rural, modificando, si fuera necesario, determinados conceptos profesionales. Otro problema, seguramente más complicado, será la aceptación por los usuarios de los terrenos, que participan en el desarrollo de los proyectos en sus diferentes fases.

Aun cuando España es un país muy contrastado, donde se pueden encontrar situaciones muy diferenciadas, existen dos principios fundamentales a seguir en el desarrollo y ejecución de los proyectos y que son:

- a) Conservación de los elementos valiosos existentes en la zona de actuación, naturales o de otro estilo.
- b) Construcción del nuevo entorno, incorporando los elementos necesarios.

Formular estas ideas es mucho más fácil que llevarlas a la práctica, máxime teniendo en cuenta los diferentes colectivos implicados, el carácter espacial de los proyectos y el coste económico que suponen, aunque constatar la dificultad no debe implicar el abandono de las líneas de trabajo.

Dedicaremos especial atención en este apartado a exponer los problemas concretos que se presentan al realizar la concentración parcelaria o la transformación a riego de una zona, por entender que son proyectos de gran incidencia en el territorio del área afectada.

4.1. Concentración parcelaria

Regulada a través del Título VI de la citada L.R.D.A., pretende atajar el problema de la excesiva parcelación que es, sin lugar a dudas, una de las mayores limitaciones a un uso adecuado de los terrenos. Se consideran como objetivos fundamentales de esta acción los siguientes: a) obtener unas unidades de explotación de dimensiones adecuadas para su mejor mecanización y aprovechamiento; b) proporcionar documentación sobre la propiedad; c) dotar de infraestructuras a la zona concentrada. Habiendo comenzado con retraso respecto de otros países europeos, desde los años cincuenta hasta la fecha ha afectado en España a más de 8 millones de Ha. correspondientes a cerca de 6.000 zonas, donde se ha reducido el número de parcelas a la séptima parte pasando el tamaño medio de las mismas de 0,3 a 2,5 Ha.

El ámbito de aplicación ha sido, principalmente, el área de los cultivos anuales de secano y, en menor medida, las zonas de prados y pastizales. Su implantación ha sido escasa en aquellas áreas de difícil orografía, en las de regadío tradicional o donde dominan los cultivos permanentes como la viña, el olivo o el almendro.

El proceso de concentración parcelaria (Fig. 4) tiene un carácter técnico, jurídico y administrativo que incluye varios períodos de exposición pública en los que los afecta-

dos pueden presentar alegaciones o recursos, haciendo posible la continua defensa de sus intereses. En consecuencia, para concluir la concentración de una zona es indispensable que los propietarios acepten tanto los diferentes documentos como su puesta en práctica. Esta observación es de especial importancia a la hora de evaluar los cambios derivados de la consecución de un proyecto de este estilo.

Como es de imaginar, la concentración parcelaria se ve condicionada por factores diversos y constituye un período muy especial en la vida de un pueblo. El tamaño, la forma y la ubicación de las parcelas son elementos básicos en el uso y manejo de los terrenos; además de las condiciones naturales, responden a aspectos tan variados como las formas de acceso a la propiedad, los métodos de trabajo, de los campos o los tipos de cultivo. La modificación de estos condicionamientos conduce, necesariamente, a alteraciones en el entorno natural de la zona pudiéndose presentar distintas situaciones según sean las condiciones de partida; es decir, el estado medioambiental del área antes de la concentración.

Al poner en práctica el contenido del Acuerdo, al ejecutar en campo lo plasmado en los documentos gráficos y escritos, desaparecerán elementos que pertenecían al anterior parcelario y se ejecutarán obras donde hasta entonces había un bajo nivel de infraestructuras. Además del trabajo realizado por la Administración, los propietarios preparan las nuevas parcelas para su cultivo, moviendo tierra y eliminando vegetación si lo consideran necesario. La situación final es el resultado de ambas actuaciones, la general y la particular, que constituyen una unidad, pues están estrechamente relacionadas. Lógicamente, el objetivo deberá ser no sólo disminuir los impactos negativos derivados del proceso, sino también aprovechar la oportunidad tan importante que se nos ofrece para configurar un entorno de calidad. Los puntos básicos a considerar son:

- Análisis de la situación actual (Bases de Concentración) donde se detectarán los elementos valiosos, naturales o de otro estilo, que será necesario conservar; también se prestará especial atención a la delimitación del perímetro.
- Definición de la situación futura (Acuerdo de Concentración). Establecimiento de criterios para el diseño de la nueva parcelación. Diseño de la nueva red de caminos, desagües u otros componentes de la futura infraestructura: trazado, anchuras, pendientes, materiales, etc. Estudio del Impacto Ambiental derivado del Proyecto de Obras, que deberá incluir las medidas correctoras así como los elementos nuevos mejorantes.
- Puesta en práctica del Acuerdo de Concentración. Respecto de la actuación general, será de especial importancia el papel de la Dirección de las Obras. En lo relacionado con los particulares, se canalizarán las ayudas para preparar las parcelas tras la concentración, de modo que estén en consonancia con las directrices marcadas, apoyando la incorporación de elementos vegetales para crear el nuevo entorno.

Recientemente, diversas Comunidades Autónomas han elaborado reglamentación propia siguiendo pautas similares a las expuestas; a modo de ejemplo, incluimos el Decreto promulgado en marzo de 1991 por la Comunidad

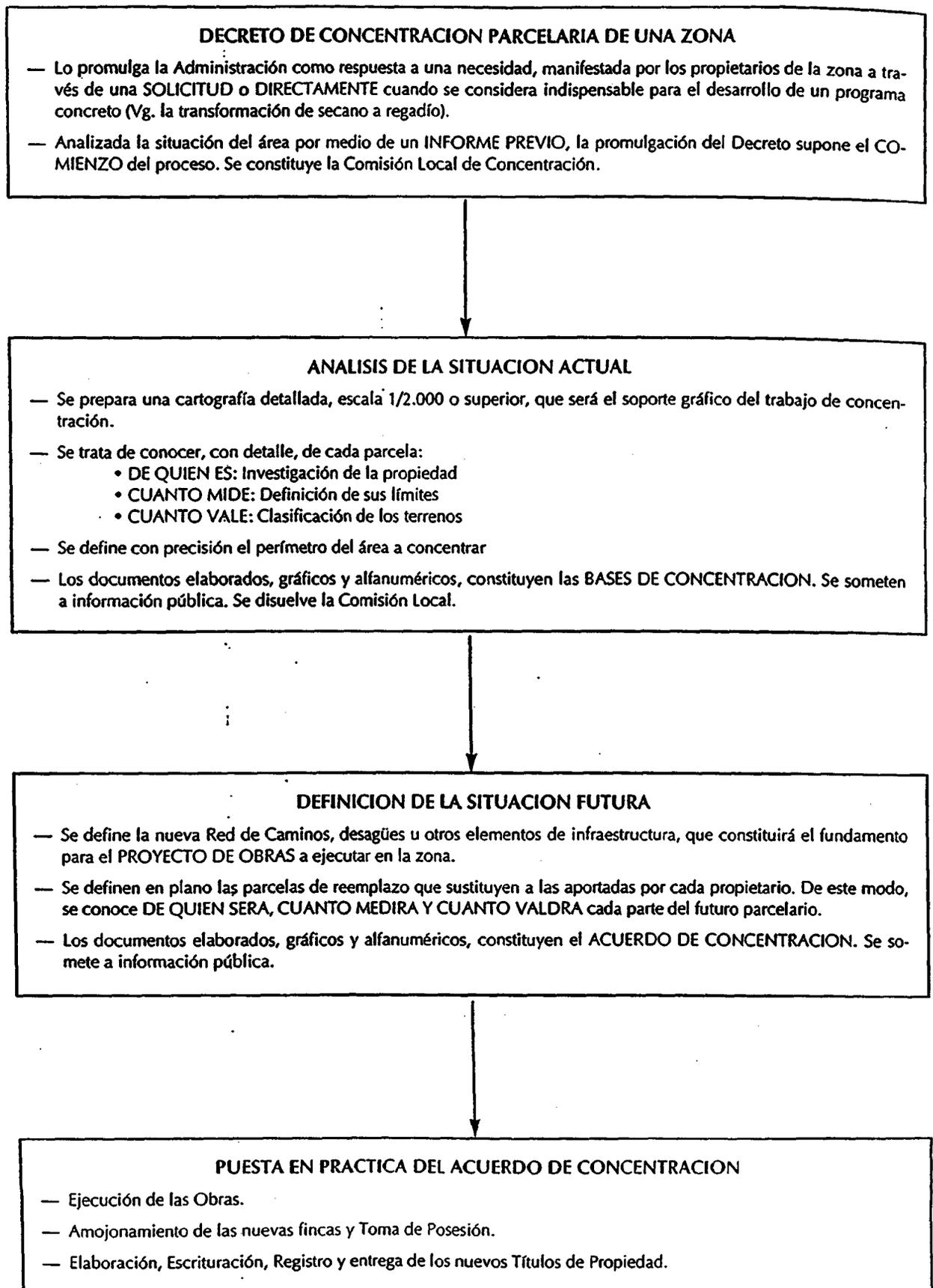


Figura 4. Esquema de un proceso de Concentración Parcelaria.

Foral de Navarra. Se es consciente de la dificultad que conlleva emprender estas líneas de trabajo y de la necesidad de que se impliquen tanto los técnicos agrícolas y los de medio ambiente como los propios agricultores. Será necesario un gran esfuerzo de debate para la búsqueda de las soluciones más idóneas para cada uso, siendo conscientes del coste económico que conllevará la introducción de estos nuevos enfoques.

DECRETO FORAL 88/1991, de 21 de marzo, por el que se determinan los aspectos ambientales que deberán contemplar los proyectos de concentración parcelaria.

Si bien la concentración parcelaria es un instrumento indispensable para la modernización de las estructuras agrarias, y supone una mejora general en las infraestructuras del territorio concentrado, durante el período de realización de las obras genera modificaciones en el medio rural, cuyos efectos potenciales pueden decantarse en expresiones negativas para el medio físico, la flora y la fauna silvestre, si ciertos aspectos ambientales no son tenidos en cuenta durante los procesos de diseño y ejecución.

En coherencia con las disposiciones de la Ley 4/1989, de Conservación de los Espacios Naturales y de la Flora y Fauna Silvestres y de la Ley Foral 6/1987, de Normas Urbanísticas Regionales para protección y uso del Territorio, que establecen respectivamente la necesidad de adoptar medidas para conservar el hábitat de las especies silvestres y proteger el suelo no urbanizable, se hace necesario regular que en los expedientes de procesos de concentración parcelaria deban definirse los elementos naturales de alto valor ecológico, cuantificarse el impacto ambiental que sobre ellos se produce y adoptar las medidas correctoras y restauradoras oportunas, de tal modo que puedan compaginarse las profundas modificaciones que en el territorio general los procesos concentradores con la salvaguarda de los valores naturales, que son a su vez parte indispensable de los ecosistemas rurales.

En su virtud, a propuesta de los Consejeros de Ordenación del Territorio, Vivienda y Medio Ambiente y de Agricultura, Ganadería y Montes, y de conformidad con el acuerdo adoptado por el Gobierno de Navarra en sesión celebrada el día veintinueve de marzo de mil novecientos noventa y uno.

DECRETO:

Artículo 1.º Los proyectos de obras a ejecutar como consecuencia de los procesos de concentración parcelaria están sujetos a la Ley Foral 6/1987, de 10 de abril, de Normas Urbanísticas Regionales para protección y uso del territorio y, en consecuencia, deberán obtener la autorización previa correspondiente del Departamento de Ordenación del Territorio, Vivienda y Medio Ambiente, de acuerdo con lo dispuesto en los artículos 31 y 32 de la mencionada Ley Foral.

Artículo 2.º Las solicitudes de autorización del proceso, para su tramitación ante el Departamento de Ordenación del Territorio, Vivienda y Medio Ambiente, deberán incluir los siguientes documentos:

1) Memoria elaborada conjuntamente por los Departamentos de Ordenación del Territorio, Vivienda y Medio Ambiente y de Agricultura, Ganadería y Montes, sobre la situación del territorio a concentrar, con definición expresa de los elementos naturales valiosos que, en función de su papel antierosivo, su capacidad de regulación topoclimática, la formación de unidades de vegetación relevantes, su capacidad de acogida de fauna y el valor de su patrimonio histórico-cultural (Camino de Santiago, Cañadas), hagan conveniente su conservación durante y después del proceso de concentración.

2) El proyecto de obras de concentración parcelaria que

contemplará, además de la documentación urbanística exigida, las afecciones ambientales producidas por dichas obras, así como las medidas correctoras previstas para minimizarlas, especificándose particularmente los siguientes aspectos:

- a) Incremento de la capacidad de erosión del territorio.
- b) Alteraciones de las redes de drenaje existente.
- c) Modificaciones topoclimáticas.
- d) Impactos en la vida silvestre y daños en los recursos cinegéticos.
- e) Degradación del paisaje rural.
- f) Impactos ambientales producidos por las infraestructuras y obras.
- g) Modificaciones en el suelo de afecciones específicas.

Artículo 3.º Cuando por causas de fuerza mayor tengan que ser alterados por los procesos de obras, alguno o algunos de los elementos naturales valiosos definidos, en todo o en parte, el proyecto de obras de concentración deberá presentar una definición precisa de los daños y un plan de restauración o reemplazo a llevar a cabo antes de la finalización del proceso de concentración.

Al proyecto de obras de concentración de deberá añadir un anexo en el que se detallen las actuaciones de restauración que han de efectuarse, así como las medidas forestales y/o paisajísticas que se prevean para la mejora del entorno natural del territorio objeto de concentración.

Artículo 4.º Los costes de las medidas de restauración derivadas del proceso de concentración, así como de las medidas de mejora establecidas, se financiarán a cargo del presupuesto del proyecto de obras de concentración.

Artículo 5.º Los expedientes de petición de las ayudas financieras dispuestas en la Ley Foral 7/1985, de financiación Agraria, y en su Reglamento, aprobado por Decreto Foral 160/1985, para la recomposición de superficies de cultivo alteradas por el proceso de concentración parcelaria, deberán contar con el informe preceptivo y vinculante del Instituto del Suelo y Concentración Parcelaria de Navarra, sobre el tipo de mejora a realizar.

Artículo 6.º Los expedientes sobre los que recaiga informe negativo por alterar los elementos valiosos naturales o restaurados, no podrán disfrutar de las ayudas señaladas.

DISPOSICION TRANSITORIA

Este Decreto Foral será de aplicación en todos los nuevos procesos de concentración parcelaria y en aquellos que, iniciada su tramitación, aún no se ha producido el documento de Bases Provisionales de concentración parcelaria.

DISPOSICIONES FINALES

Primera.—Se faculta a los Consejeros de Ordenación del Territorio, Vivienda y Medio Ambiente y de Agricultura, Ganadería y Montes para dictar cuantas disposiciones sean necesarias en desarrollo del presente Decreto Foral.

Segunda.—Este Decreto Foral entrará en vigor el día siguiente al de su publicación en el BOLETIN OFICIAL de Navarra.

Pamplona, veintinueve de marzo de mil novecientos noventa y uno.—El Presidente del Gobierno de Navarra, *Gabriel Urralburu Tainta*.—El Consejero de Ordenación del Territorio, Vivienda y Medio Ambiente, *Federico Tajadura Iso*.—El Consejero de Agricultura, Ganadería y Montes, *Francisco San Martín Sala*.

4.2. Transformaciones a riego

El cambio fundamental que tiene lugar al poner en riego una zona es el referido a su régimen hídrico, modificación que significa superar una de las mayores limitaciones al uso y aprovechamiento de los terrenos. El hombre viene realizándolas desde que constató su necesidad para asegurar, aumentar y diversificar sus cosechas, constituyendo un punto básico para el desarrollo general de una zona, pues tras la puesta en riego se produce un incremento espectacular de otros sectores productivos (industria y servicios). Para dar una idea de la importancia productiva del regadío diremos que de las 20,5 millones de hectáreas que aproximadamente se cultivan en España, solamente se riegan unos 3 millones de hectáreas pero que aportan a la producción agraria tanto como el resto de la superficie; se estima que la superficie regada de nuestro país a final de este siglo rondará los 3,5 millones de Ha. y que el techo en función de las disponibilidades de agua y de terrenos se sitúa en torno a los 4 millones de Ha.

El proceso de transformación sigue los pasos típicos desde el nacimiento de la idea, como consecuencia de una necesidad, hasta la ejecución del mismo. Además, la actuación global contemplará medidas dirigidas a la reorganización de la propiedad, a su reestructuración, o a ambos objetivos a la vez. Por ello, también son aplicables en estos proyectos muchos de los conceptos y propuestas incluidos en el apartado anterior. En el caso concreto de actuaciones de acuerdo con la L.R.D.A. en grandes zonas, se contemplan los siguientes pasos fundamentales.

- Informe que acompaña la declaración por Decreto de la actuación en la zona.—PREVIABILIDAD.
- Plan General de Transformación.—VIABILIDAD.
- Plan Coordinado de Obras, o Plan de obras, según sea el caso.—ANTEPROYECTO.
- Proyecto de Obras.—PROYECTO.
- Puesta en práctica del contenido de los documentos.—EJECUCION.

De nuevo surge la conveniencia de incorporar en el propio diseño y en la ejecución de las obras criterios medioambientales, con grados de precisión crecientes en el desarrollo del proceso de transformación; el Estudio de Impacto Ambiental, incluyendo medidas correctoras, sería una parte más de los documentos propios de cada fase. En este caso, los resultados mejorantes serán indudables como consecuencia de incorporar el agua en un medio natural de carencia. La participación activa de los agricultores y ganaderos, tanto individualmente como a través de sus organizaciones (Sindicatos de Riegos, Comunidades de Regantes, etc.), serán determinantes, respecto de la gestión y conservación de los diferentes elementos de la zona. Si hubiera que destacar algunos puntos de especial interés indicaríamos los siguientes:

- Selección del área a transformar, teniendo presente que nos encontramos en un contexto general de escasez de agua, tanto en cantidad como en calidad, que nos obliga a un esfuerzo de priorización.
- Diseño de los sistemas de riego, drenaje y otros elementos de infraestructura, que constituyen los medios técnicos para alcanzar un uso mejor de los te-

rrenos. A resaltar la necesidad de establecer unos balances adecuados de agua y sales en el suelo, pues son puntos claves de planificación y funcionamiento.

- Definición del uso futuro de los terrenos, no sólo en lo referido al aprovechamiento de los suelos sino contemplando, también, los otros aspectos que configurarán la actividad agrícola (tamaño de las explotaciones, propiedad, organización, cualificación de los regantes, etc.). En particular, destacaremos el conflicto respecto al uso de los terrenos en regadío, que frecuentemente se ven inutilizados por el desarrollo urbano, industrial o de transportes.

5. MANEJO DEL SUELO

Bajo este título incluimos todas las prácticas que constituyen la actividad agrícola, ganadera o forestal. Responden a multitud de factores, complejos e interrelacionados entre sí, pues configuran el oficio de un colectivo muy heterogéneo. Los efectos en el medio natural son de extraordinaria importancia tanto en lo positivo como en lo negativo, es decir, contribuyendo tanto a su conservación y mejora como a su deterioro. Para los usuarios directos de los terrenos, profesionales del sector agrario, el objetivo de su actividad es obtener la máxima rentabilidad de sus terrenos y modificarán sus métodos de trabajo si de ese modo obtienen mayores beneficios.

Aunque de forma sucinta, comentaremos las prácticas más frecuentes que producen deterioro del entorno natural. Son las siguientes:

- Uso inapropiado de terrenos con clara vocación forestal, incluyendo roturaciones de zonas que no deben ponerse en cultivo. Un caso muy especial sería la desaparición de la vegetación de ribera de ríos y arroyos como consecuencia de la avidez por cultivar más tierras.
- Formas de cultivo que favorecen la erosión. A modo de ejemplo, el laboreo a favor de la pendiente facilita los arrastres en los períodos en que el suelo está desnudo. Son frecuentes estos fenómenos en plantaciones.
- Falta de definición del espacio ocupado por la ganadería extensiva, que acarrea el uso incontrolado de terrenos forestales o de pastizales y matorrales con vocación forestal. El fuego es un método habitualmente utilizado para limpiar y despejar el monte.
- Abonados excesivos e incorrectos, que además de disminuir la rentabilidad de la explotación están produciendo contaminación de acuíferos y cauces de agua (por ejemplo, con nitratos). Comentario similar puede hacerse respecto de las aplicaciones de productos fitosanitarios.
- Mal manejo del agua de riego que conduce a balances desfavorables de agua y de sales en el suelo y en el área de riego. La pérdida de capacidad productiva de los terrenos, e incluso la inutilización total, por salinidad o alcalinidad, tienen su origen en estas prácticas incorrectas. Igualmente, la eutrofización de las aguas de los ríos y de los acuíferos

por el arrastre de nutrientes es superior aguas abajo de las áreas de riego.

- Desatención de las obras de infraestructura existentes, como caminos, desagües, balsas, redes de riego, etc.
- Contaminación de aguas por vertidos directos de estiércoles, purines u otro tipo de materias similares.

Modificar estas prácticas es una labor altamente compleja pues, otros aspectos aparte, responden al nivel de profesionalización de los agricultores y ganaderos, incluyendo en ese concepto el conocimiento tecnológico y cultural, la mentalidad, etc. Pretender controlarlas a través de mecanismos ordenancistas puede ser poco efectivo si los propios explotadores de los terrenos no los asumen; además, el carácter espacial y temporal (el campo o el monte las veinticuatro horas del día) dificultan extraordinariamente el control.

Tal y como se ha citado con anterioridad, el aspecto económico tiene gran importancia en todas estas prácticas y actitudes. Así se comprueba si se observa la distinta re-

glamentación comunitaria y española relativa a la mejora de la eficacia de las estructuras agrarias (Reglamentos 797/85 y 2328/91 de la CEE; Reales Decretos 808/1987 y 1887/1991 de España). Estas normas contienen, entre otras, directrices encaminadas a la conservación del medio y de los recursos naturales de la agricultura, jugando los agricultores un papel importante en la gestión del entorno. No obstante, será necesario realizar en los próximos años un gran esfuerzo de planeamiento e inversión para concretar estas nuevas tendencias, clarificando el debate entre agricultura competitiva y agricultura de dimensión social. La eventual conversión en un sector subsidiado, que compromete seriamente la búsqueda de nuevas y eficaces formas de utilización de los recursos naturales, deberá afrontar el problema del reparto espacial de los recursos humanos, pues difícilmente se alcanzará una adecuada gestión del territorio sin una cierta densidad de población. La componente económica y el papel jugados por los otros sectores productivos (industrial y servicios) serán determinantes para la consecución de estos objetivos.

EL IMPACTO AMBIENTAL POR CENTRALES TERMICAS

Carbajo Josa, Alberto (*)

RESUMEN

La presente conferencia versa sobre los impactos por contaminación atmosférica, que se producen en la combustión de combustibles fósiles, de los que se realiza una detallada exposición, debatiéndose la hipotética responsabilidad de la combustión de éstos en el efecto invernadero, relacionándose la contribución de cada gas en dicho efecto. Se expone el problema de las lluvias ácidas y el origen de las mismas.

Posteriormente se comenta la Directiva del Consejo de la C.E.E. así como el R.D. 646/1991 de 22 de abril que la transpone al ordenamiento jurídico español, que limita las emisiones en las grandes instalaciones de combustión (G.I.C.) detallándose las particularidades que en ella figuran relativas a España, y las conclusiones del estudio «Energía y medio-ambiente» elaborado por un grupo de expertos de la Comunidad.

En la segunda parte se pasa revista a las tecnologías existentes para lograr la combustión del carbón en condiciones limpias, explicando los sistemas de limpieza que existen durante y después de la combustión.

Con relación a los sistemas de combustión limpia, se incluye el concepto de fluidificación y se detallan las diferencias entre los sistemas de presión atmosférica y los presurizados haciendo referencia a los dos sistemas de estos últimos.

Los sistemas de limpieza de gases de combustión se explican desde su fundamento hasta las ventajas e inconvenientes que presentan.

Por último como tecnologías de futuro desarrollan los sistemas de gasificación del carbón.

Palabras clave: Efecto invernadero, Lluvias ácidas, Directiva del Consejo de la C.E.E. que limita la emisión en G.I.C., Combustión limpia, Lechos fluidos, Desulfuradores, Gasificación del carbón.

1. CONSIDERACIONES SOBRE ENERGIA Y MEDIO AMBIENTE

La consideración de la energía debe realizarse bajo un contexto cuyo objetivo sea el bienestar de la Comunidad, siendo utilizada esta como medio para lograr dicho fin último.

Cualquier actividad humana interacciona el medio ambiente, pero la propia naturaleza posee mecanismos que

contrarrestan este impacto. Sin embargo, cuando los niveles del impacto por el desarrollo industrial son superiores a las fuerzas naturales que los contrarrestan se produce el deterioro del medio ambiente, con pérdida de calidad de vida presente pero sobre todo para las generaciones futuras.

La producción de electricidad es una de las actividades con mayor impacto potencial sobre el medio ambiente. Ello es debido a la gran dimensión de las plantas generadoras que en sus formas convencionales, hidráulica y térmica clásica, toman del medio físico gran cantidad de recursos, devolviendo parte de ellos en forma de residuos. La captación de los recursos naturales exige la realización de obras importantes, que modifican de forma sustancial el entorno natural.

No cabe duda de que uno de los grandes retos para el desarrollo industrial, condicionado por la planificación energética, estará constituido por la capacidad de encontrar soluciones que compaginen adecuadamente los tres conceptos de energía, medio ambiente y economía, realizadas ante una sociedad con una percepción creciente de la necesidad de mantener la calidad del entorno y de evitarle riesgos desproporcionados.

Eludiremos, por ser conocida, la polémica de la energía nuclear, pero no sería justo dejar de destacar que la utilización de las otras energías primarias se ve sometida también, y cada vez más, a unas exigencias mayores de control.

Los combustibles fósiles tienen una problemática medioambiental propia, principalmente en el área de la contaminación atmosférica, pues producen una serie de efluentes y emisiones que interfieren en el medio ambiente, tanto de áreas circundantes a las centrales térmicas como en espacios geográficos más amplios. Estos efluentes pueden ser de tres tipos: sólidos, líquidos o gaseosos, dando cada uno de ellos lugar a determinadas situaciones específicas.

Los impactos por residuos tóxicos, lluvias ácidas o el efecto invernadero, tienen una estrecha relación con la generación de energía y tienen que verse en un contexto regional (lluvias ácidas) o global (efecto invernadero) y la solución que estos temas plantean hoy y hacia el futuro obliga a los responsables de la producción y la utilización de la energía, así como a los gestores políticos, a la adopción de medidas de gran alcance que contribuyan a anular o aminorar hasta límites razonables los efectos negativos.

(*) Ingeniero de Minas. Oficina de Compensaciones de la Energía Eléctrica (OFICO). C/ Príncipe de Vergara, nº 15. 28001 Madrid.

El desarrollo de los países privilegiados no debe continuar manteniendo en un parcial olvido temas urgentes que representan barreras al crecimiento económico en condiciones medioambientales aceptables de países que encuentran dificultades para despegar. La noción de desarrollo sostenible debe animar al crecimiento económico de las naciones, hasta los límites en los que la propia naturaleza sea capaz de digerir los impactos por éste producidos, a la vez que se debe considerar que la solidaridad tiene que tener unas vías más positivas que las actuales y, como en el resto de las cosas, la energía debe facilitar estas vías.

No debe olvidarse la interrelación de los impactos ambientales producidos por los productos energéticos con las demandas de estos productos, que son crecientes con el nivel de vida. Con independencia de consideraciones filosóficas que aconsejan modificar las conductas, caminando hacia sociedades con una mayor eficiencia energética por unidad de P.I.B., lo que cabría empezar por realizar ya mismo es una planificación de un consumo industrial y doméstico más racional y eficaz de la energía. Por ello, su conservación se ha convertido en uno de los objetivos prioritarios de las políticas energéticas. Ahorrar no significa siempre consumir menos, sino producir y consumir de manera mucho más eficaz, con la ventaja adicional de un menor deterioro ambiental, pues la energía que menos contamina es la no consumida.

2. IMPACTOS AMBIENTALES PRODUCIDOS POR CENTRALES TERMICAS

Con relación a los impactos medioambientales que produce la generación eléctrica en centrales térmicas, ca-

be señalar los cuatro tipos de efluentes que se producen en dicha generación. Respecto a las emisiones gaseosas, los volúmenes de CO_2 , NO_x y SO_2 que inciden en el medio ambiente contribuyen tanto el primero como el segundo al llamado efecto invernadero y tanto el segundo como el tercero a las lluvias ácidas. Los efluentes de tipo sólido son las partículas, que son materias sólidas y líquidas dispersas en su fase gaseosa.

2.1. Efecto invernadero

En cuanto al efecto invernadero, cabe señalar que la tierra se encuentra en equilibrio térmico conseguido a través de las emisiones de calor negro que emite la propia corteza para compensar el flujo de radiaciones solares que recibe. Ambas radiaciones deben de atravesar la atmósfera en la que existe CO_2 , vapor y metano. Estos gases disueltos que permiten el paso de radiaciones solares y que frenan la salida de las terrestres, hacen mantener la temperatura de equilibrio en los actuales 15° como temperatura media de la superficie terrestre. Si no existieran dichos gases y la atmósfera fuera transparente, tanto a las radiaciones entrantes como a las emisiones de calor negro salientes, el equilibrio se establecería a $19^\circ C$.

La explicación que se tiene del problema del efecto invernadero consiste en que el incremento de la composición de determinados gases disueltos en la atmósfera dificulta la refrigeración de la tierra y provoca la elevación de forma lenta de la temperatura, hasta alcanzar un nuevo punto de equilibrio conseguido con una mayor intensidad de emisión para neutralizar la mayor capacidad de retención de la atmósfera.

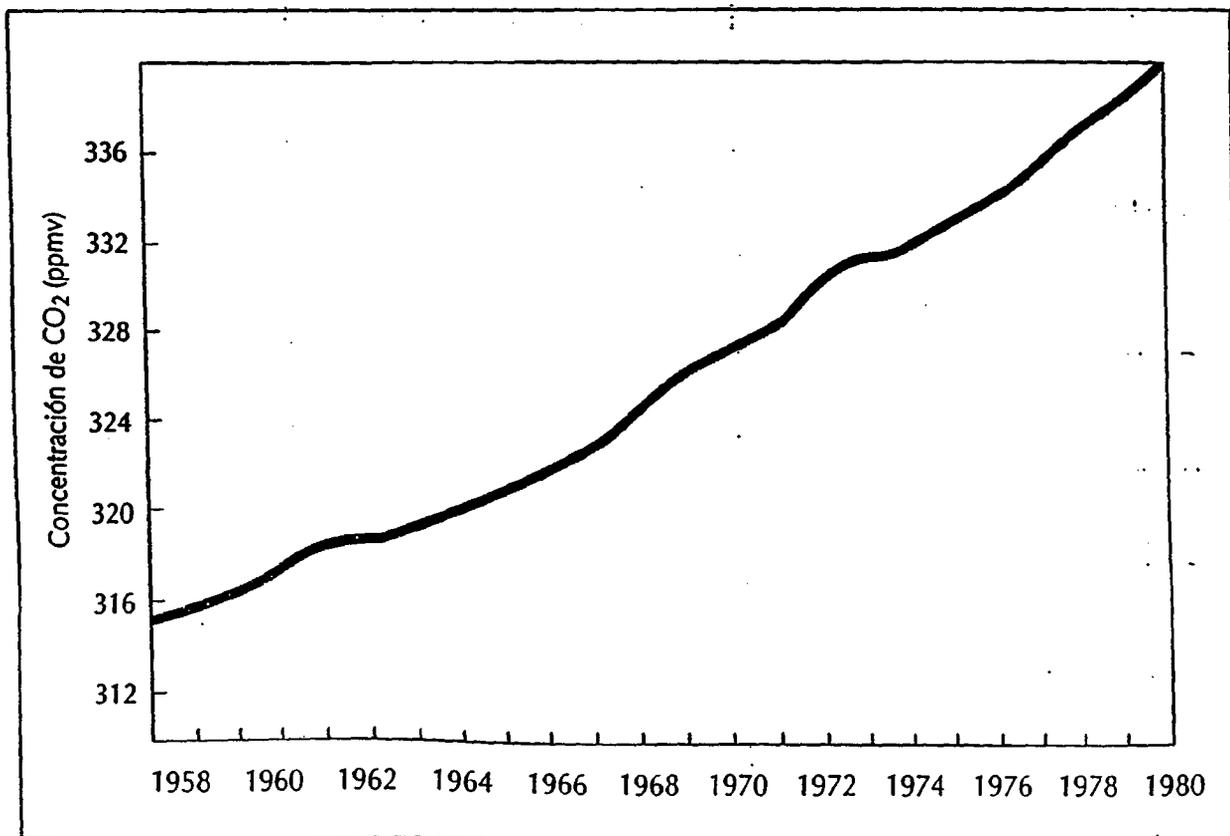


Figura 1. Evolución temporal de la concentración de CO_2 .

Se ha podido constatar un aumento de un 27% del CO_2 a lo largo de la era industrial, desde 275 ppm. en 1860 a 350 ppm. actualmente. Lo verdaderamente preocupante del efecto invernadero es que, de seguir este ritmo, se puede multiplicar por dos las concentraciones actuales en el año 2130, con un hipotético aumento, 2 ó 3° C de la temperatura, lo que, como puede verse, supone una grave alteración climática con consecuencias en el desierto y posterior aumento del nivel del mar, lo que podría anegar extensas zonas de los Países Bajos y el Sudeste Asiático.

Sin embargo y para centrar el problema del efecto invernadero en sus justos términos, se debe señalar el origen de las emisiones de CO_2 , pues una gran parte procede de fuentes naturales, quedando el CO_2 de origen antropogénico en una cifra de alrededor de un 3%. Dado que la propia naturaleza tiene sus propios mecanismos correctores para las emisiones de CO_2 , resulta que, aunque es bajo este porcentaje, tiene el carácter de excedentario y puede dar lugar a un desequilibrio. Una parte de este CO_2 , aproximadamente un 45%, se disuelve en el mar, mientras que el resto se disuelve en la atmósfera, aumentando su concentración en una cifra de alrededor del 0,5% anual. El CO_2 disuelto en el mar es retirado del ciclo por la acción biológica de los animales marinos, transformándose en carbonatos cálcicos. Este incremento del 0,5% del CO_2 es, según algunos autores, el responsable del incremento de temperatura habido en el último tiempo.

La participación de la actividad humana en la formación de CO_2 es debida fundamentalmente al empleo de

combustibles sólidos y a la deforestación, siendo imputable a ésta el 25% del CO_2 de origen antropogénico.

Sin embargo, es justo decir que, las teorías que justifican los incrementos de temperatura por los aumentos de CO_2 no han sido contrastadas empíricamente, pudiendo incluso justificarse que puede existir un mayor aumento de CO_2 sin que ello conlleve un incremento de la temperatura del planeta.

Estas últimas teorías están apoyadas por la relación del CO_2 con la expansión de los fondos marinos estudiada en la teoría de la tectónica de placas. Si ello es así y sabido que nos encontramos en un momento del proceso en el que se considera una disminución del movimiento de los continentes, si se realiza el análisis en un periodo histórico suficientemente amplio, podría llegarse a la conclusión de que el CO_2 podría estar disminuyendo a largo plazo.

La actividad tectónica es un factor de gran importancia en los procesos de liberación de CO_2 . Esto explica la coincidencia en el tiempo de algunas orogenias y glaciaciones y el descenso generalizado de la temperatura desde el Cretácico hasta nuestros días que está principalmente relacionado con la disminución de la velocidad de formación y movimiento de las placas tectónicas.

Las variaciones climáticas habidas en épocas recientes tampoco justifican variaciones correlativas de la composición del CO_2 en la atmósfera, pues se ha visto que hacia el 1200 d. C. hubo un máximo de temperatura, descendiendo después hasta el 1800, sin que en esa fecha hubiese causas naturales diferentes de las actuales o actividad humana que justificase un incremento del CO_2 .

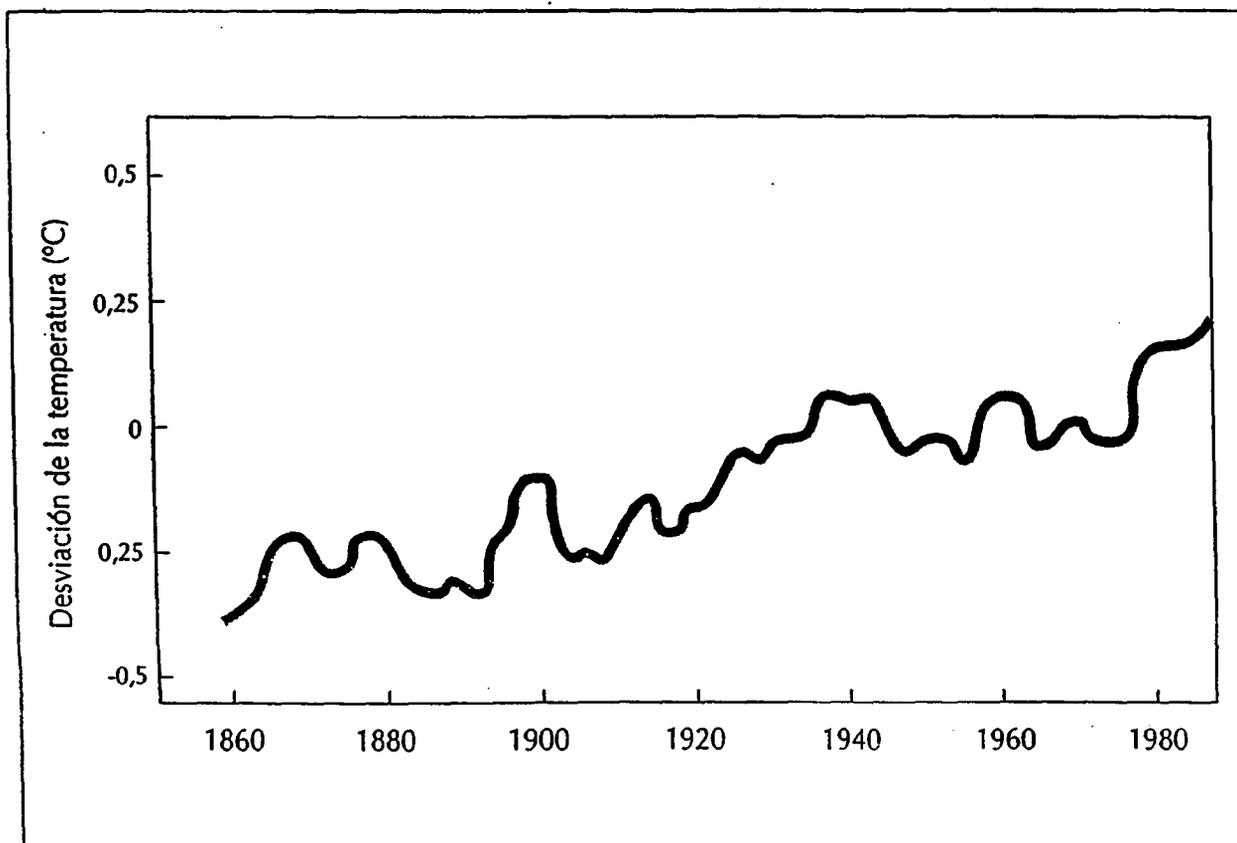


Figura 2. Variación temporal de la temperatura de la corteza terrestre.

Al no existir unanimidad de criterios y dado que no se han encontrado hasta la fecha tecnologías suficientemente eficaces para eliminar el problema, el efecto invernadero gravita sobre las políticas energéticas a seguir por los distintos países, pudiendo desplazar en el balance energético a los combustibles sólidos, que tienen mayores proporciones de CO_2 en su combustión que el gas natural, en donde la emisión de CO_2 se reduce un 30% respecto a aquéllos.

Aunque el CO_2 aparentemente es el gas que ante la opinión pública tiene una mayor incidencia respecto al efecto invernadero, otros gases contribuyen al mismo en mayor o menor medida, entre ellos el metano, cuya concentración está aumentando más rápidamente que las del CO_2 a una tasa interanual de 1.3, presenta además una mayor capacidad de retención de las ondas infrarrojas, impidiendo en una proporción 25 veces superior la refrigeración térmica de la tierra.

Otros de los de mayor influencia son los CFC, que además de presentar una tasa de crecimiento de su presencia en la atmósfera de un 4% anual, lo que le hará tener en un futuro cercano una contribución importantísima al efecto invernadero, presentan una capacidad de retención 10.000 veces más efectiva que la del CO_2 , con una complicación adicional relacionada con la vida media de los mismos, que se estima entre 80 y 140 años, frente a la relativamente corta vida media del CO_2 . Estos CFC aparecen en los propelentes de sprays, en los líquidos térmicos de los elementos de refrigeración, etc., cuyo uso está empezando a ser limitado por los países pues, además de atacar a la ca-

pa de ozono, permitiendo la entrada de los rayos ultravioletas, contribuyen, como se ha indicado, de una manera especial al efecto invernadero.

2.2. Lluvias ácidas

En cuanto al deterioro ambiental producido por las emisiones de SO_2 y NO_x , es manifestado a través de las denominadas lluvias ácidas. Como en el caso anterior, también existen fuentes naturales que participan en la lluvia ácida, como son la actividad geotérmica y las fermentaciones biológicas. En cuanto al origen antropogénico de estas emisiones, son fundamentalmente por la combustión de los combustibles fósiles y por la fusión en metalurgia de minerales sulfurados. La lluvia ácida se forma por el paso a ácido nítrico y ácido sulfúrico de los SO_2 y NO_x .

Los efectos que producen es una acidificación de los suelos, pudiendo liberar elementos metálicos que aumentan los efectos nocivos de estas lluvias ácidas, al liberarlos de los suelos e incorporarlos a los vegetales que sirven de alimento a personas y animales.

De todos los efectos, los más perjudiciales son los producidos en el medio acuífero. Estas precipitaciones ácidas actúan sobre los peces y sobre la flora acuática.

Aparentemente también tiene unos efectos importantes sobre los bosques, fundamentalmente sobre las coníferas. La aparición de grandes extensiones de árboles afectados en la zona central de Europa y en las zonas colindantes entre Estados Unidos y Canadá parece que pueden tener su origen en la combustión de combustibles fósiles, pero

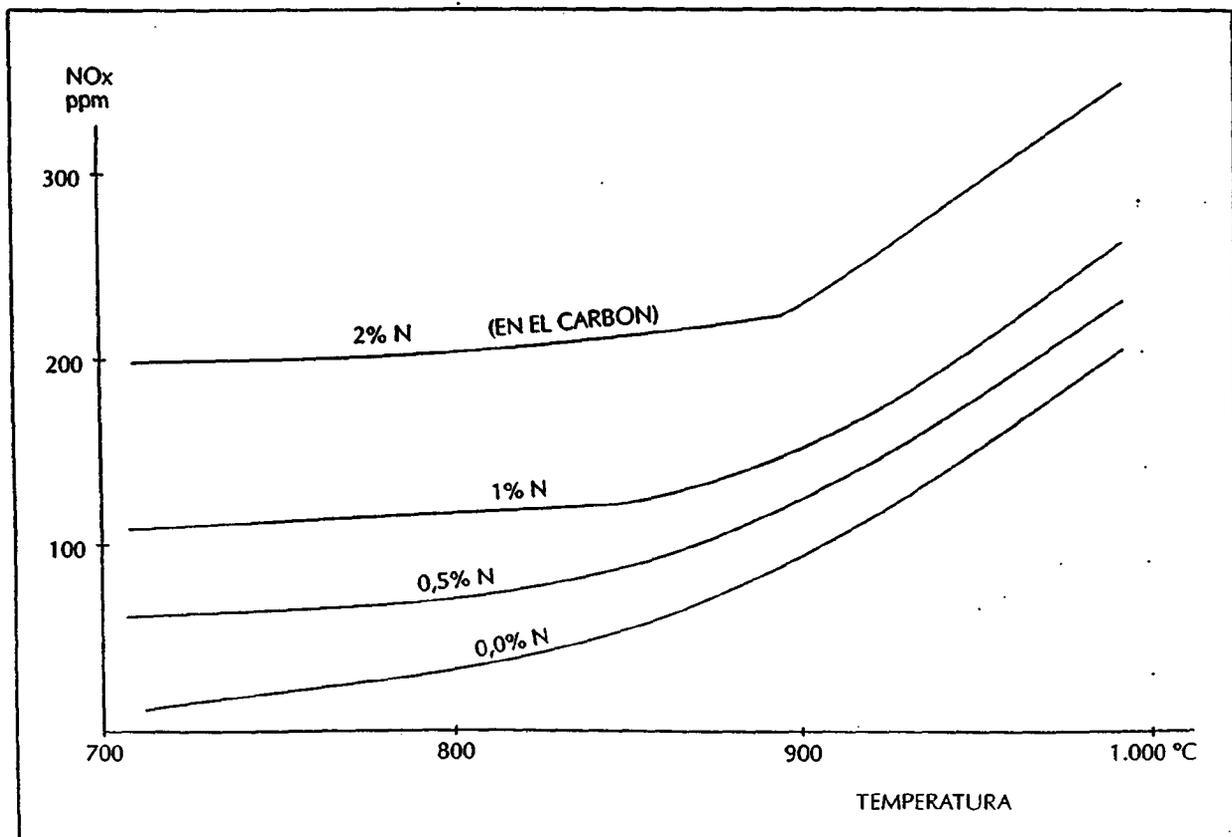


Figura 3. Emisiones de NO_x en función del % de N_2 del combustible y la temperatura de combustión.

es seguro que a esta causa habrán colaborado el incremento de la sequía y el cambio climático.

La incidencia de las emisiones de SO_2 en áreas locales va unida también a hechos tales como la calidad del carbón, densidad industrial, características geológicas y meteorológicas, etc.

Hasta ahora y para evitar problemas de inmisión en las áreas próximas a las centrales, se utilizaban altas chimeneas que dispersaban la emisión de óxidos de azufre. Hoy en día, al haberse generalizado el problema de la preocupación por la contaminación, se centra en grandes áreas geográficas y las directivas que regulan las emisiones entienden que éstas traspasan las fronteras de los Estados, por lo que se ha puesto en duda la virtualidad de la construcción de altas chimeneas, que ayudan a dispersar estas emisiones.

Los óxidos de nitrógeno se producen en cualquier proceso de combustión y están relacionados directamente con el contenido en nitrógeno del combustible, la temperatura de la combustión y el exceso de aire en la misma, dependiendo más de la manera en cómo se realiza la combustión que de las características del propio combustible. Estos óxidos contribuyen a la formación de las lluvias ácidas y participan en alguna medida en el efecto invernadero en cerca de un 4%, aunque la mayoría de estos óxidos nitrogenados no proceden de la generación eléctrica en grandes instalaciones de combustión, sino de las combustiones imperfectas que se realizan en los vehículos automóviles.

2.3. Partículas

Con relación a las emisiones de partículas, el origen de las mismas, como en los casos anteriores, puede ser natural o producido por la acción del hombre. Entre las primeras cabe la acción biológica, el polvo producido por erosión, arrastre de polen, etc. Entre las producidas por el hombre, la combustión y las producciones industriales. Entre los más corrientes son los inquemados y hollines que tienen constitución carbónica y se producen por combustiones imperfectas, están influenciados por la calidad y granulometría de los combustibles consumidos, así como por las características de los hogares y la carga a la que han sido sometidos.

La emisión de partículas tiene lugar tanto en la combustión como en innumerables procesos industriales, especialmente en el correspondiente a la industria básica. En general, en instalaciones de mediano y gran tamaño, centrales térmicas y plantas industriales, se dispone de filtros de humos que recogen las partículas, por lo menos las superiores a un cierto tamaño y, aunque existe una preocupación creciente por las partículas de muy pequeño tamaño, puede considerarse que los problemas medioambientales por esta causa no son de gran importancia por lo que se refiere a estas instalaciones.

Todas estas emisiones se ven afectadas por las condiciones meteorológicas en las que se desenvuelven, en función de la turbulencia de los vientos, pudiendo efectuar su deposición en zonas próximas a los lugares de emisión o transportarse a largas distancias, produciendo contaminaciones transfronterizas.

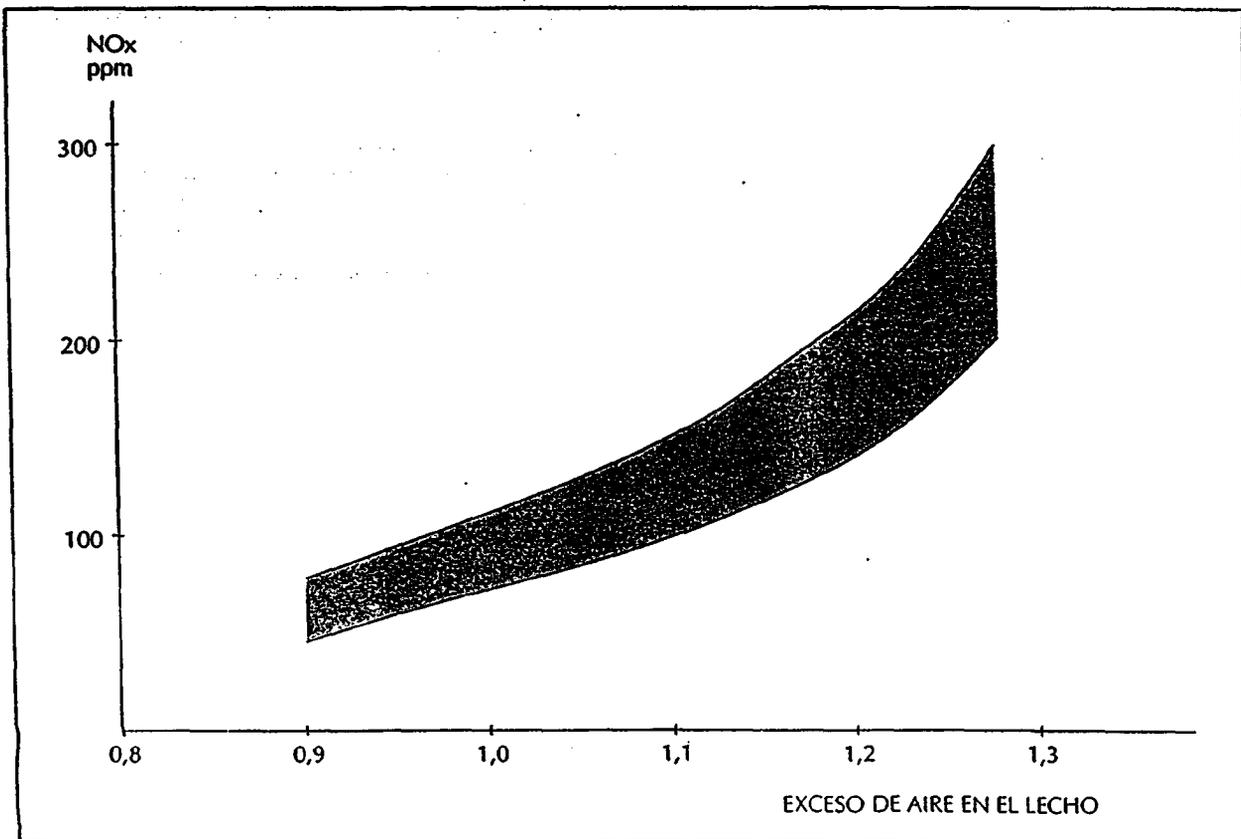


Figura 4. Emisiones de NO_x en función del exceso de aire en la combustión.

3. DIRECTIVA DE LA C.E.E. SOBRE LIMITACION DE EMISIONES EN LAS GRANDES INSTALACIONES DE COMBUSTION

La Comisión, a la vista de los problemas medioambientales que pueden producir las grandes instalaciones de combustión, elaboró una Directiva de obligado cumplimiento para sus Estados miembros con fecha 28-6-88, cuyo ámbito de aplicación son las instalaciones de más de 50 MW térmicos, que ha sido transpuesta al ordenamiento jurídico mediante el R.D. 646/1991 de 22 de abril por el que se establecen normas sobre limitación de emisiones a la atmósfera del SO₂, NO_x y partículas procedentes de grandes instalaciones de combustión, en la que se obliga que los Estados deberán establecer programas de reducción de las emisiones globales antes del 1 de julio de 1990. En esta Directiva se fijan unos objetivos mínimos para España de emisiones totales: 2.290 kt en 1993 de SO₂ y 368 kt de NO_x. Estos porcentajes se bajan hasta 1.440 kt en el 2003 de SO₂ y 277 kt de NO_x en 1998. Sin embargo, estos objetivos serán revisados en 1994, pudiendo la Comisión establecer otros más restrictivos.

En la misma Directiva se fijan los valores límites de emisiones para las nuevas instalaciones que sean autorizadas con fecha posterior al 1 de julio de 1987. En el Cuadro 1 que se adjunta aparecen, por tipos de emisión y potencias, los límites máximos autorizados por la Comisión para cada combustible. Se permiten determinadas excepciones que, en concreto para España, son las siguientes:

- Para centrales de punta con utilización inferior a 2.200 horas/año, los límites de emisiones ascienden a 800 mg/Nm³.
- Para carbones nacionales se permitirán instalaciones inferiores a 180 MW, siempre que desulfuren un 40% del azufre del combustible original; un 60% si la potencia es de 300 MW y se eleva este porcentaje de desulfuración hasta el 90% cuando la potencia supera los 500 MW.

Respecto a las autorizaciones, a España se le permite hasta 31-12-99 autorizar centrales de 500 MW de potencia o una cifra superior a ésta, con unas emisiones de 800 Mg/Nm³ o una desulfuración de un 60% para un total de

2.000 MW eléctricos con carbón nacional y de 7.500 MW eléctricos con carbón importado. Respecto a la combustión de los lignitos, precisa remitir informe a la Comisión para su autorización.

En cuanto a las mediciones y control de las mismas, la Directiva indica que ningún valor medio mensual en medición continua debe superar los límites y que estadísticamente el 97% para el SO₂ y las cenizas y el 98% para el NO_x de las medias de 48 horas, no deben rebasar en más de un 10% los límites establecidos.

En los casos en que se presenten centrales que consuman varios combustibles, existirá un límite para cada combustible, ponderándose éstos por la energía producida.

Además de la Directiva mencionada, la Comisión ha elaborado diversos trabajos, a través de un grupo de expertos, por indicación del Consejo de Ministros de la Comunidad, en los que resaltan la necesidad de elaborar un programa de acción especial para una mayor eficiencia energética, que tiene hoy de nuevo una mayor importancia, no sólo por la actual percepción de inseguridad por el suministro externo, sino por el importante efecto que tienen, tanto en la competitividad industrial como en la mejora del medio ambiente.

En el informe preparado por el citado grupo se indica que el SO₂ irá disminuyendo debido fundamentalmente a las medidas establecidas en la citada Directiva, que obligarán a mejoras en la eficiencia energética y a la utilización más limpia de los combustibles. Las reducciones esperadas en NO_x no serán de gran relevancia hasta el año 2010 y por último en cuanto a las emisiones de CO₂, lamentablemente y a no ser que se haga uso de otras fuentes energéticas no basadas en combustibles fósiles, aumentarán las emisiones. Todo ello basado no sólo en el crecimiento básico de la población sino en el crecimiento económico esperado, que se verá potenciado por la consecución del mercado interior de la energía, que puede, si no se toman las medidas adecuadas, acelerar los deterioros medioambientales.

Se debe por tanto contrarrestar o evitar estos posibles deterioros con las ganancias económicas complementarias derivadas de la realización del mercado interior o a través de nuevos sistemas fiscales que contemplen de forma equilibrada la energía y el medio ambiente.

CUADRO 1
LIMITES DE EMISIONES PARA NUEVAS INSTALACIONES

TIPO DE COMBUSTIBLE	EFLUENTE CONTAMINANTE EN mg/Nm ³					
	SO ₂		NO _x	Cenizas		
Carbón	≤ 100 MW	2000	Hulla	650	≥ 500Mw	50
	≥ 500 MW	400	Antracita	1300	≤ 500 Mw	100
Fuel Oil	< 500 MW	1700		450		50
	≥ 500 MW	400				
Gas Natural		5		350		5

La Comisión recomienda que la evaluación de rentabilidad de los futuros proyectos se realice considerando las repercusiones en el entorno y los costes ambientales totales. Por otra parte, invita a las industrias de la energía a desarrollar bajo su responsabilidad un código de conducta para una actuación responsable, tanto desde el punto de vista de la energía como del medio ambiente.

1. SISTEMAS DE CORRECCION DE IMPACTOS AMBIENTALES DEBIDOS A LA GENERACION DE ENERGIA ELECTRICA EN CENTRALES TERMICAS

Los sistemas que existen para reducir las emisiones de los efluentes contaminantes se clasifican según el procedimiento tenga lugar durante la combustión o sobre los gases producto de la misma.

Entre los primeros caben las inyecciones de compuestos de calcio en calderas y la combustión limpia realizada en etapas o en lechos fluidos. Entre los segundos están las desulfuraciones por vía húmeda y vía seca, realizadas inmediatamente antes de la salida de los gases a la atmósfera.

1.1. Sistemas aplicados durante la combustión

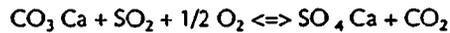
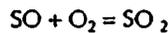
Entre los primeros, la inyección de compuestos de calcio en calderas se basa en la descomposición del carbonato cálcico, cuando se realiza a gran temperatura, hacia óxidos de calcio y CO₂, ver figura n.º 5, o bien deshidratando hidróxido de calcio, lo que da lugar a óxido de calcio más agua. Otras reacciones en base a diferentes compuestos, fundamentalmente sulfataciones y reacciones con halógenos, tiene lugar en mucha menor cantidad.

Las variables que más influyen en estas reacciones son la relación de Ca/S, que oscila de 1 a 3, según el cuadro n.º 6, la temperatura en los puntos de inyección, que está entre 900 y 1.200° (a temperaturas superiores a éstas el óxido cálcico se sintetiza y pierde reactividad y a temperaturas inferiores la calcinación y sulfataciones se realizan de

forma muy lenta), el tiempo de contacto con los humos, velocidad de enfriamiento de éstos, superficie específica del absorbente (cuanto mayor sea ésta mayor capacidad de retención de azufre) y otros factores, diseño en quemadores, etc.

La adición de caliza a la caldera permite una retención del azufre del combustible entre un 40 y un 60% del mismo. Puede realizarse en dos etapas: añadiendo caliza con el carbón o a la salida del sobrecalentador, contenido. Evidentemente, la retención depende del diseño de las calderas, de la temperatura de la operación y de la relación molar entre el calcio y el carbón, presentes en el lecho.

En la mayoría de los casos el absorbente empleado es la caliza y las reacciones de retención son las siguientes:

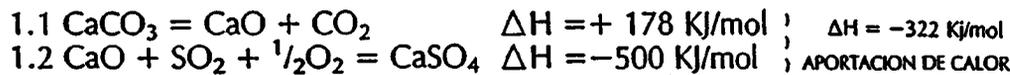


En estas reacciones de equilibrio hay que señalar como factor importante la reactividad de la caliza, que depende de la naturaleza intrínseca de la misma, de la granulometría y de la superficie específica que presenta. La capacidad de retención de azufre por la caliza es mayor cuanto menor sea el tamaño de ésta.

Una característica de gran influencia en el comportamiento de la caliza es la porosidad que se forma en el producto calcinado. A mayor porosidad, mayor grado de retención es decir, a mayor superficie específica, mejor grado de utilización de la caliza. También el tiempo de residencia de la caliza en el combustor está relacionado con la capacidad de retención de la misma. A veces, para elevar el tiempo de residencia y dado que no se puede conseguir la retención deseada en un sólo paso de la caliza a través de la caldera, es preciso recircular la materia sólida al lecho.

Otro aspecto medioambiental muy importante en la combustión en lecho fluido es la reducción del nivel de emisiones de óxidos de nitrógeno, NO_x, pues éstas bajan a la cuarta parte de las que tienen lugar en las calderas de

1. Reacciones químicas



2. Mecanismos físicos

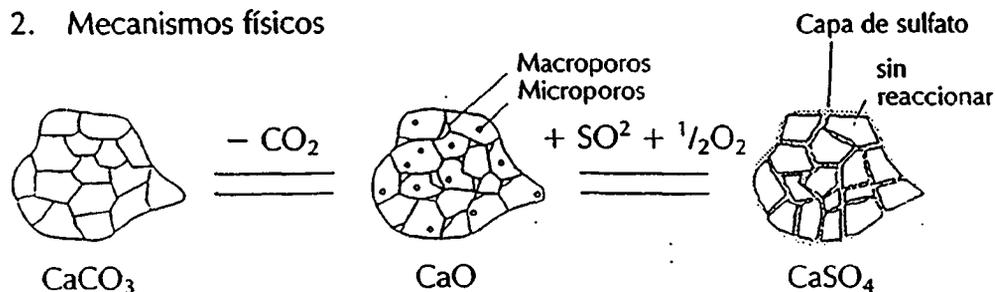


Figura 5.

carbón pulverizado convencionales, cumpliéndose prácticamente con la Directiva que establece la reducción de emisiones en las grandes instalaciones de combustión.

La razón de disminución de la formación de óxidos de nitrógeno estriba en la menor temperatura de combustión. Las variables que juegan en el porcentaje de NO_x en los gases de combustión son el contenido en nitrógeno del carbón y el exceso de aire de la combustión.

Por último, otra ventaja adicional de las calderas de lecho fluido es que la alimentación del carbón puede realizarse al tamaño de varios milímetros, por lo que se prescinde de la molienda necesaria en las calderas de carbón pulverizado, con un consiguiente ahorro de energía en los servicios auxiliares.

Se han propuesto y están desarrollados varios tipos de caldera de lecho fluido, aunque fundamentalmente

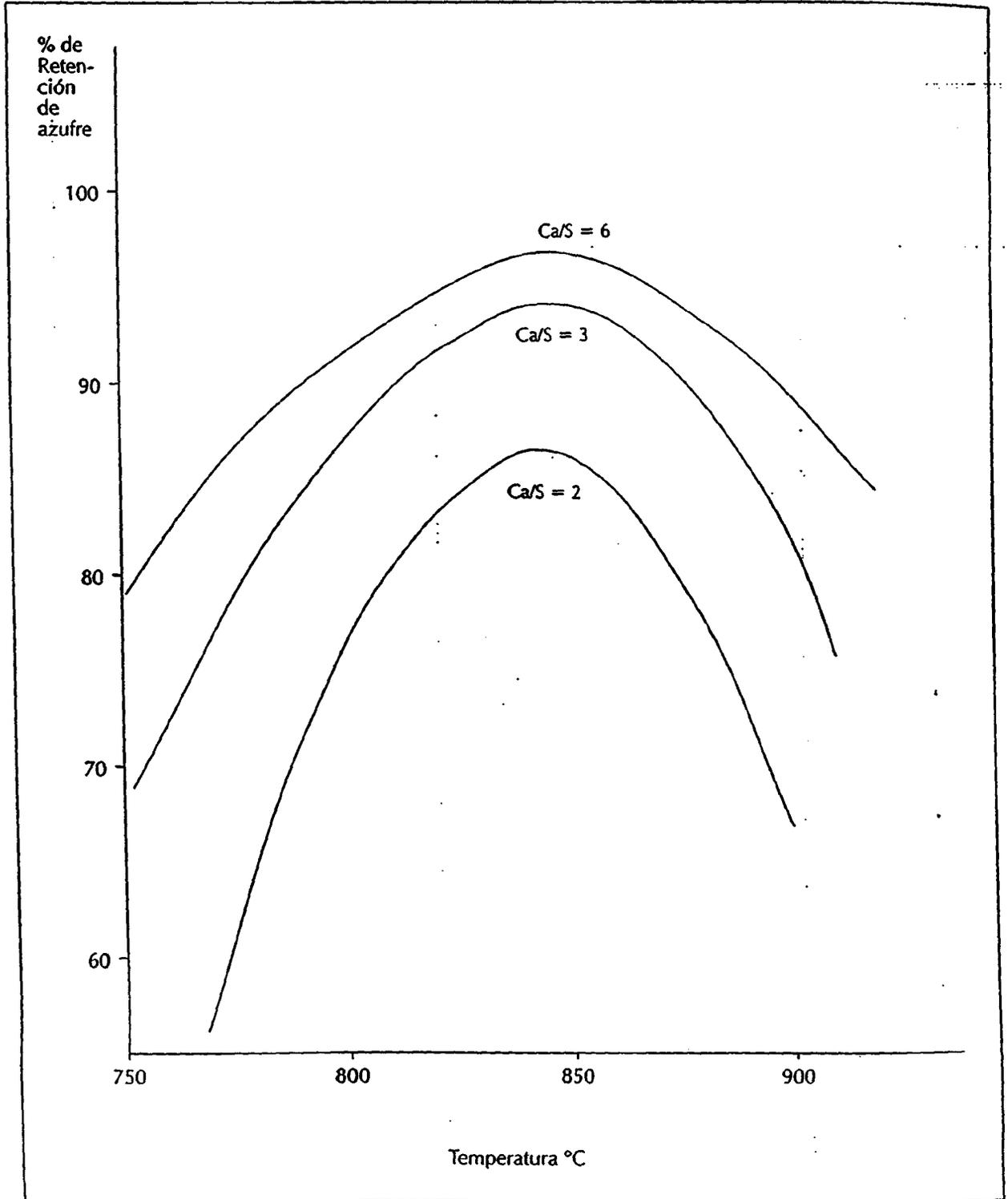


Figura 6. Retención de azufre en función del ratio Ca/S y la temperatura.

se agrupan en calderas a presión atmosférica y calderas en las que se realiza la combustión de forma presurizada.

4.1.1. Lechos fluidos atmosféricos

En las calderas atmosféricas se presentan diferentes tipos, según sea la velocidad de fluidificación o velocidad ascensional del aire de fluidificación, según aparecen en la figura n.º 7. Esta, a medida que aumenta, hace aumentar a su vez el diferencial de velocidad entre el gas y las partículas sólidas. Si la velocidad de fluidificación es baja, las partículas son mínimamente arrastradas, que es lo que ocurre en los lechos fluidos estacionarios o burbujeantes. Ahora bien, si la velocidad de fluidificación se incrementa, el arrastre de las partículas sólidas es mayor y la velocidad diferencial sólido/gas, disminuye. Es lo que ocurre en los lechos fluidos circulantes.

En los lechos atmosféricos siempre se produce el fenómeno de la recirculación, teniendo lugar a una tasa baja en el burbujeante, mientras que en el circulante aumenta de forma considerable.

4.1.1.1. Lechos fluidos atmosféricos burbujeantes

En los primeros, el lecho se sitúa sobre una barrera bajo la cual se encuentra la cámara de distribución de aire de fluidificación. En el propio lecho se hayan inmersos tubos de agua en los que tiene lugar una parte importante del intercambio térmico.

Encima del lecho la sección de la caldera se reduce, de forma que la velocidad de los gases se incrementa, mejorándose así la transferencia térmica a los tubos situados en esa zona.

Los gases de combustión arrastran una cierta cantidad de partículas, generalmente de tamaño pequeño. Después de la zona convectiva pero antes del calentador de aire se colectan mediante un ciclón estas partículas, con el fin de retornarlas al lecho y completar su utilización.

La recirculación de partículas finas al lecho favorece la disminución de inquemados y el mayor aprovechamiento de la caliza. Esta recirculación se puede hacer retornando el material al lecho por gravedad o mediante un sistema neumático.

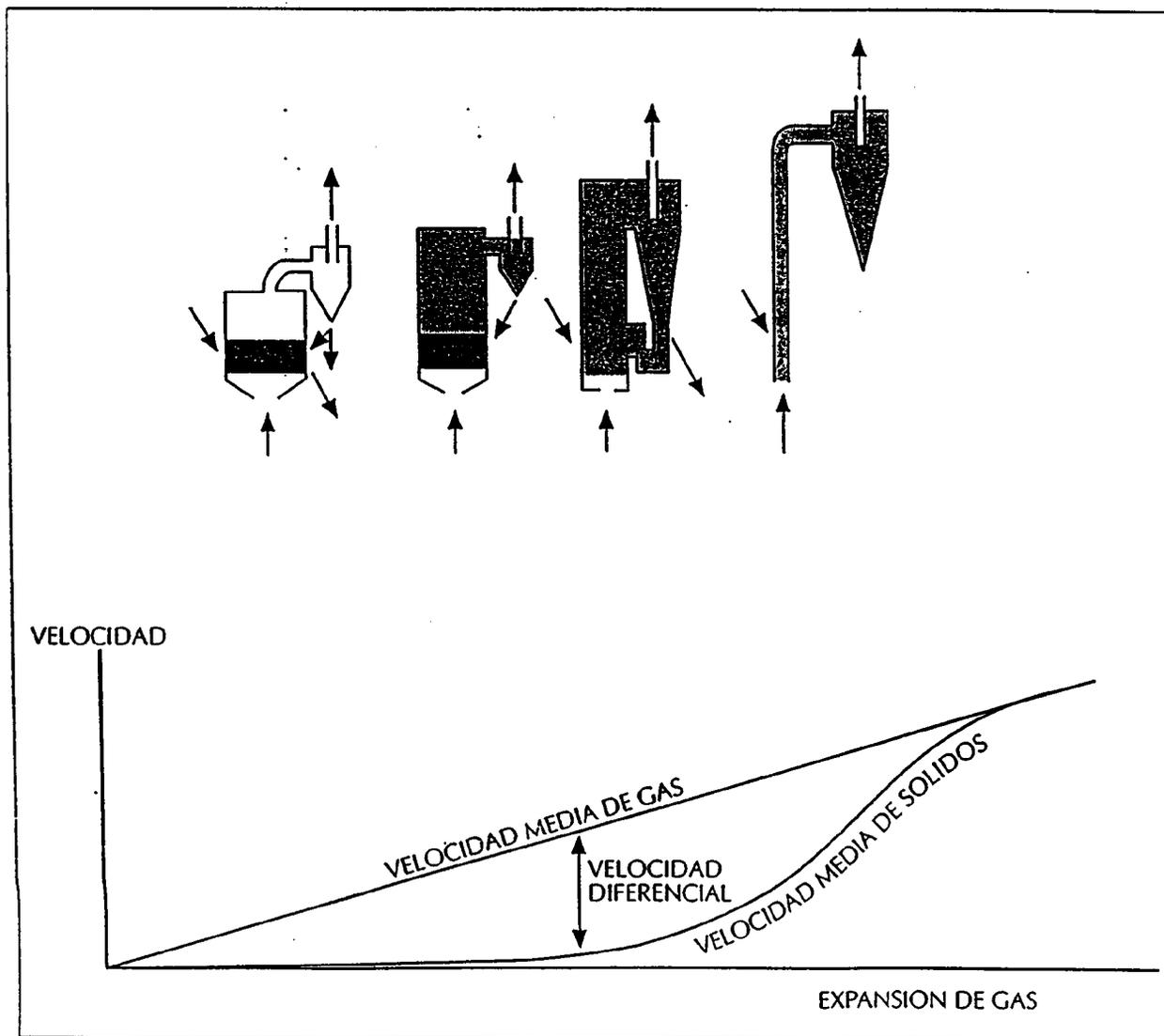


Figura 7.

En los tubos inmersos en el lecho se suele desarrollar una parte importante de la transferencia térmica, que puede llegar hasta un 60%. Esta transferencia se incrementa con un menor exceso de aire y una mayor temperatura de este aire. Este intercambio térmico en los tubos del lecho tiene gran importancia, dado que el coeficiente de transferencia de calor en los tubos inmersos en el lecho es sensiblemente menor que el correspondiente a los bancos de tubos de las zonas convectivas, lo que permite un ahorro importante de material.

4.1.1.2. Lechos fluidos atmosféricos circulantes

Cuando la velocidad de fluidificación se sitúa entre 4 y 10 metros por segundo, la velocidad de las partículas de carbón y caliza no se diferencia tanto de la corriente ascensional del aire, por lo que las partículas son arrastradas fuera del combustor con la corriente de gases, pasando a un ciclón para retornar al lecho las partículas que no han reaccionado. Es el sistema que caracteriza a las calderas de lecho fluido circulante.

En estas calderas con estas velocidades de circulación de gases, no es factible la colocación de tubos inmersos en el lecho o el combustor y precisan de una zona convectiva externa al combustor y ciclón en la que se desarrolla la transferencia de calor y que constituye la auténtica caldera. Sin embargo, en las paredes del combustor del ciclón se pueden instalar tubos de agua para disminuir las pérdidas por radiación a recuperar una parte de la energía.

La caldera se convierte en una caldera de recuperación a la que llega un flujo controlado de gases a una temperatura no muy elevada. Esto permite que las condiciones de trabajo

de los materiales metálicos de tubos sean bastante buenas y se pueden evitar incidencias especiales. Por contra, el volumen es mucho mayor que el correspondiente a una caldera de lecho fluido burbujeante. Una ventaja característica de las calderas de lecho fluido circulante la constituye la relativa independencia entre combustor y caldera, permitiendo trabajar con muy diferentes tipos de carbón en una caldera.

Los coeficientes de retención de los óxidos de azufre alcanzan entre un 90 y un 95%, con ratios molares Ca/S entre 1,3 y 2. Asimismo, este sistema permite un bajo nivel de emisiones de NO_x, de los menores entre los diferentes tipos de lecho fluido, sobre todo si se realiza la operación actuando con la corriente de aire secundario en la primera parte de la combustión, con atmósfera netamente reductora.

4.1.2. Lechos fluidos presurizados

La combustión en lecho fluido a presión tiene lugar en una caldera a la que al aire de fluidificación se le suministra a una presión de varios bars mediante un compresor que es accionado por una turbina de gas en la que se expansionan los gases de combustión de la caldera. Se disponen de varias alternativas en estudio o a nivel de planta piloto, todas ellas nacidas con neta vocación de generación eléctrica. Estos sistemas de combustión en lecho fluido a presión buscan además de la disminución de la emisión de óxidos de azufre y nitrógeno, un elevado rendimiento de generación eléctrica, superior al correspondiente a las calderas de carbón pulverizado y turbinas de vapor, basado en la combinación en el ciclo de turbina de gas y turbina de vapor. Ver esquema de la figura n.º 9.

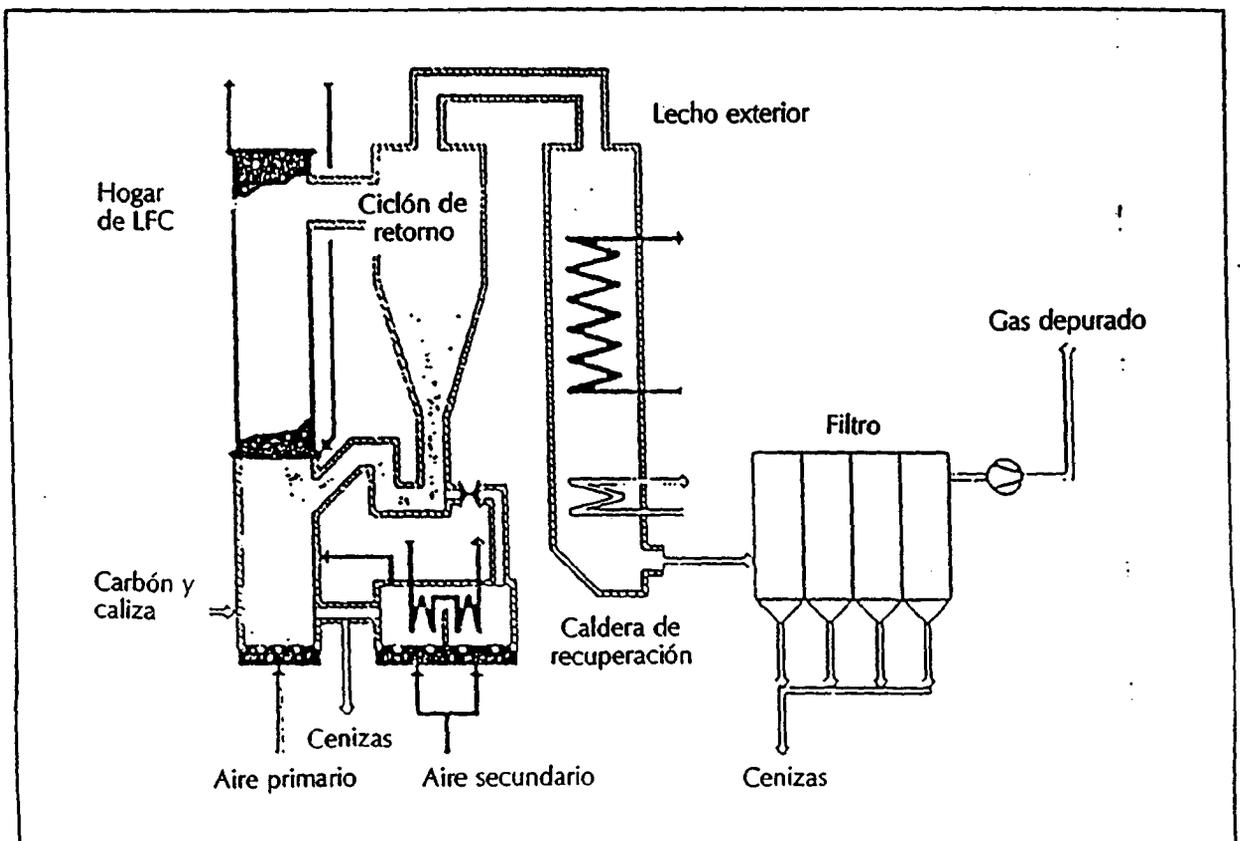


Figura 8. Esquema de las calderas de lecho fluido circulante.

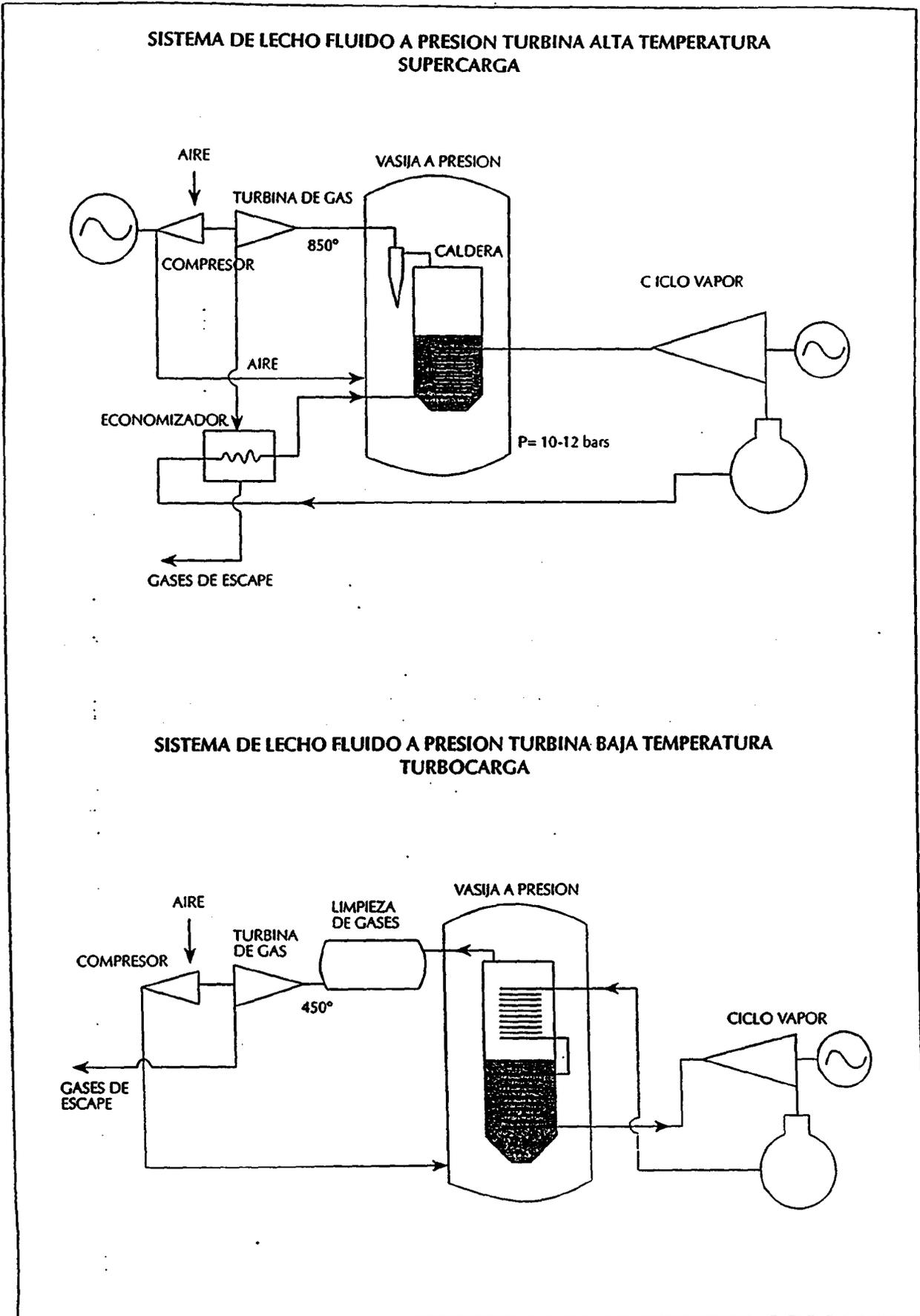


Figura 9.

Una primera variante de estos sistemas consiste en calentar aire en los tubos de la propia caldera en vez de agua-vapor. Este aire caliente a presión mezclado con el propio gas de combustión se expande en una turbina de gas que acciona un compresor y un alternador. Los gases de escape de la turbina pasan por una caldera de recuperación para generar vapor que alimenta una turbina de vapor.

Dentro de la alternativa vapor como fluido a calentar en los tubos de la caldera, se presentan dos variantes, cuya diferencia fundamental consiste en el recorrido de los gases de combustión y la temperatura de trabajo de la turbina de gas.

En el sistema supercarga o de turbina de alta temperatura los gases de combustión, a la temperatura de ésta, aproximadamente 850° C, se expanden en la turbina de gas y al abandonar ésta a una temperatura de unos 450° C pasan por un intercambiador que actúa de economizador dentro del conjunto caldera. En este sistema se consigue que la turbina de gas tenga suficiente potencia para mover el compresor que suministra el aire de fluidificación y arrastrar un alternador en el que generar energía eléctrica. La combinación de turbina de gas y vapor generado electricidad da lugar a un buen rendimiento energético, como se verá más adelante.

En el sistema turbocarga o turbina de baja temperatura, el economizador está integrado en la propia caldera y los gases pasan por él antes de la expansión en la turbina de gas. Esta solamente arrastra el compresor que suministra el aire de fluidificación.

La combustión en lecho fluido a presión tiene los tubos de caldera inmersos en el propio lecho de combustión. En ellos el coeficiente de transmisión térmica es muy elevado, unas cuatro veces superior al correspondiente al de los tubos no sumergidos. Esto unido a la presión a que se encuentran los gases, ocupando mucho menor volumen que el correspondiente a la combustión atmosférica, hace que el tamaño para una misma potencia en estas calderas sea mucho menor que en las convencionales de carbón pulverizado o las atmosféricas de lecho fluido.

Este menor tamaño y una cierta sencillez constructiva permitirá la construcción completa de las calderas en el propio taller instaladas en la vasija a presión que las contiene, empleándose un tiempo menor en la construcción, lo que es un factor importante de disminución de los costes totales de primera instalación.

4.2. Sistemas para utilizar después de la combustión aplicados sobre los gases de la misma

Dentro de los sistemas de reducción de SO₂ y NO_x después de la combustión, están los lavadores de gases y desnitrificadores. Entre estos últimos, los más utilizados son los basados en una reducción catalítica con amoníaco. Las diferentes tecnologías de los lavadores de gases están clasificadas en dos vías, a la vista de cómo se realiza la operación. La primera, la vía húmeda, se trata de lavar los gases con una lechada de cal, de manera que ésta fije el azufre pasando a sulfatos que quedan disueltos dando como producto de la misma un lodo de difícil almacenamiento.

En los procesos de vía seca, el agente para la absorción del SO₂ es bombeado a la planta para su atomización, formando una nube de gotitas muy finas. Los gases efluentes conteniendo SO₂ y las cenizas volantes procedentes de la caldera son introducidos en la planta de secado por atomización, entrando en contacto íntimo con las gotitas del agente. Se evapora el agua mediante los gases efluentes, mientras que el SO₂ es absorbido simultáneamente. A medida que se enfrían los gases efluentes, se forma un polvo seco, el cual, junto con las cenizas volantes, es recogido y separado del flujo de gases mediante un filtro.

El control del proceso es sencillo. La temperatura de salida de la planta de secado por atomización se mantiene baja, pero algo por encima de la de saturación adiabática de los gases efluentes. Así se consigue un máximo aprovechamiento del agente mientras se asegura un producto seco de alta fluidez.

Por otro lado, el control de las emisiones de SO₂ por la chimenea se utiliza para determinar la adición del agente absorbedor del SO₂. En una planta de este tipo el SO₃ es totalmente absorbido y los gases efluentes están todavía secos al salir de la planta, lo cual impide la corrosión y permite el uso de un acero normal al carbón como material de construcción. Este proceso no produce aguas residuales sino un producto final seco de alta fluidez y fácil manejo, con unas propiedades físicas similares a las de las cenizas volantes.

El consumo energético del sistema supone aproximadamente el 0,7% de la potencia generadora, es decir, la mitad de la necesaria en un lavador por vía húmeda comparable.

Estos procesos de lavado de gases pueden aplicarse a los efluentes gaseosos procedentes de la combustión de carbón con bajo o alto contenido en azufre, tanto de baja como de alta calidad. La eficiencia de eliminación de SO₂ es ajustable, pudiendo alcanzarse niveles del 90/95%. Permiten una gran versatilidad con los diferentes agentes de absorción y para la obtención de diferentes productos secos finales.

4.3. Gasificación del carbón

Otras técnicas que nacieron dentro de la industria química y que hoy aparecen ya de aplicación para la generación eléctrica, consisten en la transformación del carbón en un gas combustible que contiene monóxido de carbono, hidrógeno, metano en bajas proporciones y otros componentes inertes. El proceso tiene lugar mediante reacciones entre el carbón, el oxígeno y el vapor de agua.

Para conseguir una más alta eficiencia en el proceso de generación eléctrica se trabaja actualmente integrando las tecnologías de gasificación del carbón con las de generación de centrales térmicas, en un ciclo combinado, lo que, dadas las excelentes características que presenta la gasificación desde el punto de vista medioambiental, abre nuevos horizontes para una utilización eficiente y limpia del carbón.

La aplicación del ciclo combinado turbina de gas-turbina de vapor, puede dar un conjunto de alto rendimiento y muy buenas condiciones medioambientales. El gas crudo producido en un gasificador es enfriado para su limpieza

en unos intercambiadores de calor con la producción de vapor, para después ser quemado en una turbina de gas. Los gases de escape de ésta se llevan a una caldera de recuperación de calor, con una nueva producción de vapor. Este vapor, junto con el anterior producido en el proceso, se expande en una turbina.

El rendimiento del ciclo combinado, que es superior en cerca del 15% al de los sistemas convencionales, se relaciona e incrementa con la temperatura y combustión de la turbina de gas y la temperatura de entrada en la caldera de recuperación de calor de los gases de escape de la turbina de gas.

La amplia tipología de gasificadores de carbón responde a las diferentes versiones respecto a la presión y temperatura, los agentes gasificadores y la naturaleza de contacto entre el carbón y el agente gasificador.

En función del agente gasificador que se utilice se obtiene un gas más o menos rico por el menor o mayor contenido de componentes inertes, nitrógeno fundamentalmente. La utilización del aire produce elevada proporción de nitrógeno, mientras que la utilización de oxígeno como agente gasificador eleva el poder calorífico del gas obtenido a cerca de las 3.000 kcal/Nm³.

La temperatura de gasificación, como hemos indicado anteriormente, incide en las características del gas obtenido, pues cuando esta temperatura es baja se produce hidrocarburos no deseados y alquitranes, que requerirán posteriormente un proceso de lavado antes de la utilización del gas. Esta temperatura se consigue a través de reacciones exotérmicas entre el carbón y el oxígeno e incide en el equilibrio CO/CO₂, desplazándolo a una mayor concentración de monóxido de carbón a más alta temperatura.

Otro efecto adicional que se produce con el incremento de la temperatura es una menor formación de metano y un incremento de la velocidad de las reacciones, por lo que para reactores de alta temperatura se exigen volúmenes más pequeños de los mismos. Asimismo tienen su incidencia las altas temperaturas en la fusión de las cenizas del carbón y, considerando que las reacciones de formación de escorias son endotérmicas, es necesario para un carbón de alto contenido en cenizas un mayor aporte de carbón y oxígeno utilizado en un proceso de gasificación a alta temperatura.

Sin embargo, la utilización de altas temperaturas puede no ser beneficiosa desde el punto de vista de la eliminación de azufre, pues a bajas temperaturas una parte del mismo se queda retenida en las cenizas, teniendo que lavar los gases de combustión para eliminar el SH₂ y los compuestos de tipo COS. Esta limpieza debe realizarse en frío, lo cual supone una pérdida de energía en su enfriamiento además de que, desde el punto de vista de eficiencia energética, deberemos aprovechar ese calor sensible del gas introduciendo en la instalación intercambiadores de calor.

Con relación a la presión de trabajo, su incidencia viene manifestada por el desplazamiento de las reacciones de equilibrio, incrementándose fundamentalmente el gas resultante en CO₂ y CH₄. Afecta también, como en el caso de mayor temperatura, a la cinética de las reacciones, incrementándose la productividad por volumen del reactor. Presenta ventajas adicionales al aprovechar las presiones a las que suministran al proceso tanto el vapor como el oxígeno.

Por otra parte, para la utilización en la generación de energía eléctrica del gas resultante, el interés de trabajar con presiones elevadas es aún mayor, al recuperar en las

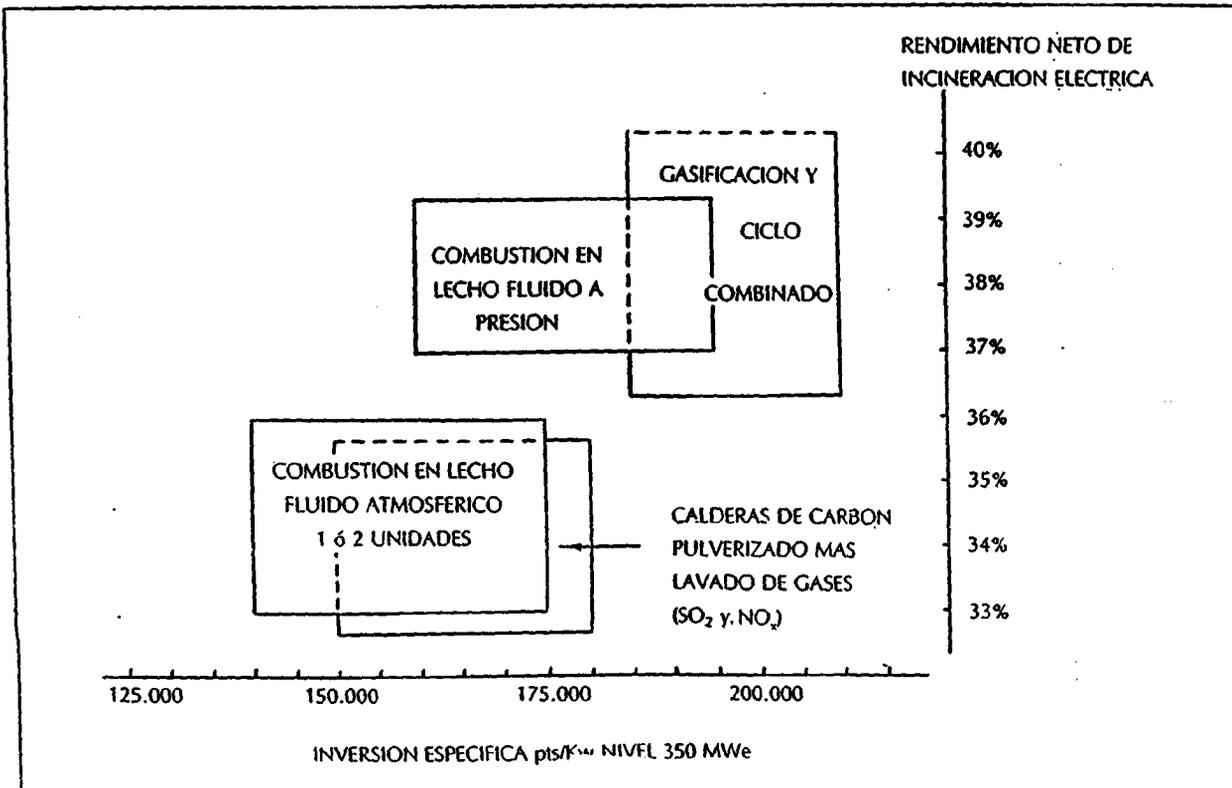


Figura 10. Expectativas de las tecnologías de uso limpio del carbón.

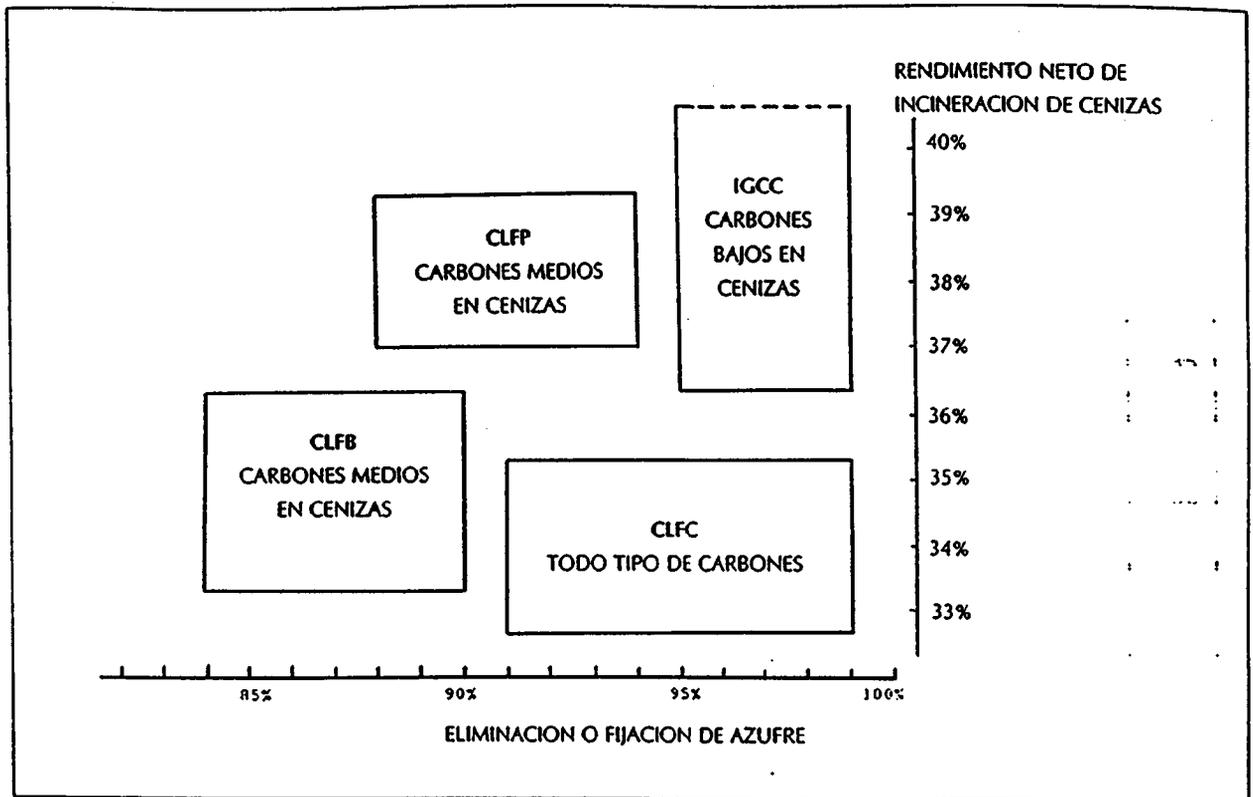


Figura 11. Expectativas de las tecnologías de uso limpio del carbón.

turbinas de gas la energía correspondiente a la presión de los gases formados.

Los costes por kWh que se alcanzan son alrededor de 4% -5% inferiores, en función de la calidad del carbón y el

grado de limpieza, tal como se puede apreciar en las figuras números 10, 11 y 12, a los conseguidos por los sistemas de desulfuración convencionales para una generación de electricidad en condiciones medioambientales aceptables.

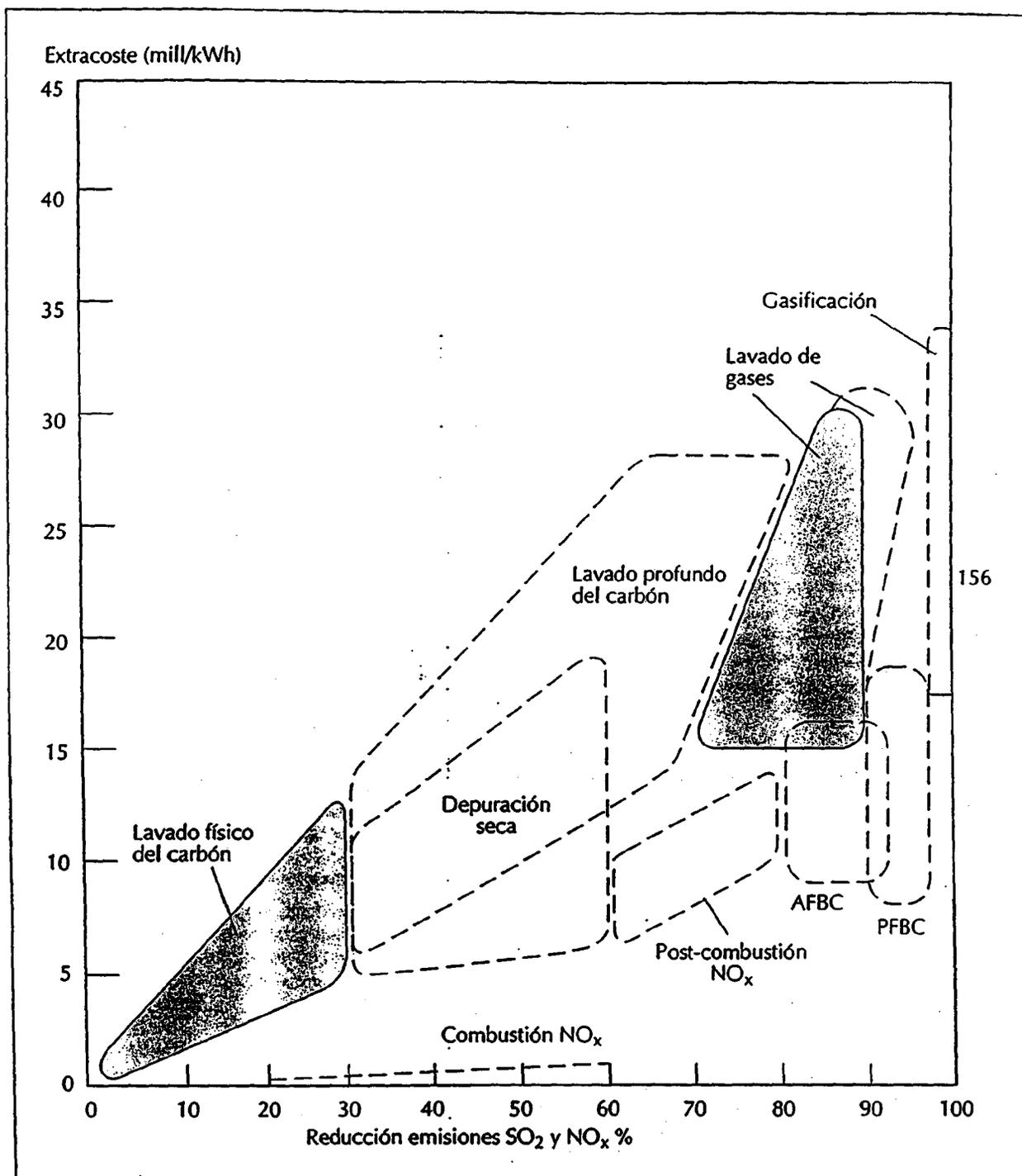


Figura 12. Extracostes de la reducción de emisiones de SO_2 y NO_x en los procedimientos de «combustión limpia».

PROBLEMAS ESPECIFICOS DE LAS EVALUACIONES DE IMPACTO AMBIENTAL DE CENTRALES NUCLEARES: ENFOQUE ECOLOGICO

Sterling Carmona, Agustina (*)

1. INTRODUCCION

La discusión acerca de los problemas que presenta el estudio de impacto ambiental de centrales nucleares, podría extenderse enormemente, debido a la variada problemática ambiental que se deriva tanto de las dimensiones de estas megacentrales eléctricas, como de las características y particularidades de la producción de energía de origen nuclear. Los contenidos diseñados para este Curso General de Evaluación y Corrección de Impactos Ambientales, imponen severas limitaciones a dicha discusión. Por ello se ofrece aquí una panorámica globalizadora sobre la problemática que rodea las Evaluaciones de Impacto Ambiental (en lo sucesivo EIA) de centrales nucleares españolas, y una exposición breve (aunque no por ello menos razonada), sobre los principales contenidos que debe formar parte de los estudios de impacto ambiental de estas instalaciones nucleares.

2. PROBLEMATICA ACTUAL DE LAS EVALUACIONES DE IMPACTO AMBIENTAL DE CENTRALES NUCLEARES EN ESPAÑA

2.1. Parque nuclear español y situación administrativa

Actualmente el parque nuclear español consta de los siguientes, clasificados según los tres tipos de centrales nucleares existentes en nuestro país. Para cada una de ellas se señala la situación administrativa en la que se encuentra.

G C R. (Gas cooled reactor)

Centrales nucleares refrigeradas por gas (CO₂) y con grafito como moderador, también llamadas «grafito - gas». Combustible: uranio natural.

- VANDELLOS I. Parada indefinidamente, en espera del desarrollo del plan de desmantelamiento y clausura.

B W R. (Boiling water reactor)

Centrales nucleares de agua ligera en ebullición. Moderador y refrigerante: agua. Combustible: uranio enriquecido.

COFRENTES	De la 2ª GENERACION	EN OPERACION Con permiso de explotación provisional
GAROÑA	De la 1ª GENERACION	
VALDECABALLEROS I Y II	Con autorización de construcción.	BAJO MORATORIA

P W R — (Pressurized water reactor)

Centrales nucleares de agua ligera a presión. Refrigerante y moderador: agua. Combustible: uranio enriquecido.

ALMARAZ I y II	De la 2ª GENERACION	EN OPERACION Con permiso de explotación provisional
ASCO I y II	De la 3ª GENERACION	
TRILLO I	De la 1ª GENERACION	
VANDELLOS II	De la 1ª GENERACION	BAJO MORATORIA
ZORITA	Con autorización de construcción.	
LEMONIZ I y II	Con autorización de construcción.	
TRILLO II	Con autorización de construcción.	
SAYAGO	Con autorización previa.	

2.2. Situación respecto al Estudio de Impacto Ambiental

Como ninguna de las centrales nucleares ha modificado su situación administrativa desde la entrada en vigor del Real Decreto Legislativo sobre Evaluación de Impacto Ambiental (RDL/1302/86 y RD 1131/88), y debido a que dicho Real Decreto sólo es aplicable a aquellos proyectos nuevos, y no a actividades preexistentes, no se dispone en el momento actual de suficiente cobertura legal que dé pie a la ejecución de una evaluación de impacto ambiental de estas centrales y a la elaboración de la correspondiente declaración de impacto ambiental.

No obstante, aunque no se han evaluado globalmente los efectos ambientales del actual parque nuclear español, el Consejo de Seguridad Nuclear ha ido solicitando —progresivamente y desde 1984— la elaboración de estudios de impacto ambiental ajustados a una guía reguladora americana (USNRC, 1976), a falta de guías españolas específicas.

El principal inconveniente de los estudios elaborados por los titulares de las centrales, en general, es la carencia de juegos de datos fidedignos, adquiridos a lo largo del tiempo. La existencia de lagunas en la información, incertidumbre en la recogida y análisis de datos, ausencia de objetos y criterios claros, así como de resultados orientados hacia la detección de efectos concretos, basados en el análisis e interpretación de los datos, son inconvenientes de gran magnitud. Las lagunas de información de los estudios

(*) Dra. en Ciencias Biológicas. Asesora del Consejo de Seguridad Nuclear. C/ Justo Dorado, nº 11. 28040 Madrid.

de impacto ambiental reflejan una desconexión entre los principales grupos temáticos del estudio. Existe un problema de competencias administrativas y de dotación de recursos a los conjuntos implicados en estos estudios y evaluaciones, que aún no está resuelto. Todo esto unido a la deficiencia de figuras legales que permitan solicitar estudios concretos, configura el panorama actual en el que se encuentran las EIA de las centrales nucleares españolas.

3. GENERALIDADES SOBRE EL PROCESO INDUSTRIAL DE PRODUCCION DE ENERGIA DE ORIGEN NUCLEAR

Para realizar un estudio de impacto ambiental de cualquier instalación industrial es necesario poseer un conocimiento razonable del proceso industrial (entradas, salidas y transformaciones efectuadas en la instalación) y de las necesidades y servidumbres requeridas para el mantenimiento de dicho proceso (requisitos del emplazamiento, de abastecimientos de personal, etc.). Considerar una industria como una «caja negra» de la cual sólo interesa sus modos de intercambio con el medio ambiente exterior (entradas y salidas de agua, aire, formas de energía, materias primas y producción), es un enfoque erróneo que dificulta considerablemente la predicción, detección, evaluación y vigilancia de los efectos ambientales, e imposibilita el establecimiento de cualquier tipo de medida correctora tanto en el diseño, como en el proceso de fabricación y gestión de vertidos y emisiones.

La entrada en funcionamiento de una central nuclear es considerada la fase crítica de estas industrias, no en balde es la más extendida en el tiempo y la que implica la existencia de sustancias radiactivas por el inicio del proceso de fisión. Por estos motivos se presentan algunas generalidades básicas sobre el proceso industrial de generación de energía nuclear.

Una central nuclear es una instalación industrial que tiene como finalidad la producción de energía eléctrica, mediante la utilización de un ciclo térmico de vapor, cuyo foco caliente es el reactor nuclear. El principio de funcionamiento de las centrales nucleares es el mismo que el de las centrales térmicas convencionales, con la diferencia básica de que en lugar de obtener el calor en la caldera, donde se quema el combustible fósil (carbón, lignito, fuel-oil, gas) éste proviene de la fisión nuclear y la caldera es reemplazada por el reactor.

Al igual que en las centrales térmicas, la energía calorífica liberada por el combustible se transfiere a un refrigerante (agua o gas) el cual se canaliza hacia una turbina que hace girar, y se transforma en energía mecánica. La turbina arrastra a un alternador, que al girar convierte la energía mecánica en energía eléctrica. Asimismo, al igual que en una central térmica (de combustible fósil), en una central nuclear se produce la ebullición del agua. Pero en la central nuclear la energía no procede del quemado del combustible sino de la fisión de los átomos de combustible. El calor se genera a partir de la fisión de núcleos pesados, generalmente de U-235, aunque también pueden utilizarse otros (Pn-239, Th-233).

En el proceso de fisión del U-235 se generan básicamente:

1. Energía (aproximadamente 210 Mev/fisión)
2. Neutrones
3. Productos de fisión

1. Energía

La energía generada debe ser extraída del reactor para evitar el deterioro del mismo, y para convertirla en energía útil mediante un sistema de conversión adecuado.

2. Neutrones

La utilización de la fisión nuclear para obtener el calor necesario para mover la turbina requiere el mantenimiento de una reacción en cadena. Los neutrones procedentes de la escisión de núcleos de U-235, U-238, Pn-239 o Th-233, chocan con otros núcleos, se absorben, y producen su rotura en dos núcleos más ligeros, lo que lleva consigo la liberación de energía y la emisión de dos o tres nuevos neutrones. El mantenimiento de esta reacción en cadena y su control en condiciones seguras, requiere que la energía de los neutrones liberados sea baja, por ello una parte importante del núcleo de las centrales nucleares es el moderador, cuya función consiste en reducir la velocidad de los neutrones para facilitar la fisión del combustible. La reacción en cadena convenientemente controlada permite que el reactor aumente la potencia generada, la mantenga y la disminuya de acuerdo con las necesidades operativas.

3. Productos de fisión

Los núcleos más ligeros formados durante la fisión son conocidos como fragmentos de fisión. Como hay cerca de 40 formas diferentes en las cuales el núcleo de uranio puede romperse en dos partes, habrá 80 fragmentos diferentes.

Como resultado de la fisión y de la excitación de los niveles de energía de los núcleos, se producen núclidos inestables que de forma espontánea experimentan transformaciones que se conocen como desintegraciones radiactivas. La desintegración consiste en la expulsión por el núcleo inestable de partículas cargadas:

- Positivas (partículas alfa, positrones, protones).
- Negativas (partículas beta).
- Partículas neutras (neutrones).

y en muchos casos es acompañada de la emisión de energía electromagnética en forma de radiación gamma, o de rayos X.

Al perder parte de su contenido el núclido cambia de identidad y se convierte en un isótopo (si sólo tiene lugar un cambio en las propiedades nucleares del átomo) o en un átomo de otro elemento (si el cambio lleva consigo cambios en sus propiedades químicas). La desintegración continúa hasta que los núcleos resultantes alcanzan un nivel energético estable. Como resultado de las cadenas de desintegración procedentes de la fisión se han creado en los últimos años isótopos de todos los elementos conocidos, cuyo número aproximadamente es de 800, y cuya vida media oscila desde una fracción de segundo hasta cientos de miles de años.

La exposición a este proceso espontáneo de decaimiento radiactivo puede producir enfermedades y a veces la muerte. Los efectos a largo plazo —intensificados si los propios radionucleidos son ingeridos o inhalados— inducen cáncer, defectos congénitos y mutaciones genéticas. Los radioisótopos son tan peligrosos porque compiten con los nutrientes esenciales en la formación de los tejidos vi-

vos, se concentran en órganos vulnerables y continúan su decaimiento dentro del cuerpo. El estroncio —por ejemplo— se acumula en los huesos, el yodo forma parte de la glándula tiroides.

Los residuos radiactivos difieren de todos los demás residuos químicos tóxicos en que no hay forma de reducir su radiactividad y por tanto su daño biológico potencial. Las emisiones radiactivas de un radionucleido no pueden ser modificadas hoy día por ningún procedimiento menos drástico que bombardear los núcleos con partículas de elevada energía obtenidas en el interior de un acelerador nuclear.

Cada isótopo radiactivo posee una tasa exponencial negativa de desintegración que se conoce como constante de desintegración (probabilidad de desintegración de un átomo de cierto elemento radiactivo por unidad de tiempo). Esta constante es característica para cada especie radiactiva.

Según su constante de desintegración los radionucleidos pueden clasificarse como:

— Radionucleidos de vida corta: radionucleidos cuya masa desaparece relativamente pronto, pero cuyas transformaciones nucleares ocurren inicialmente a una tasa elevada, y cuyo riesgo asociado es corto pero intenso.

— Radionucleidos de vida larga: con una fase inicial de transformaciones nucleares baja, y cuyo riesgo asociado es inicialmente menos intenso pero se mantiene a lo largo de mucho más tiempo.

Según esto, la influencia de una central nuclear sobre el medio ambiente debe ser estudiada a distintas escalas:

1. Escalas temporales. Derivadas de la diferente vida media de los radioisótopos generados.
2. Escalas espaciales. Debido a que la influencia de una central nuclear se deja sentir tanto a una escala geo-

gráfica como local; y repercute en aspectos tanto sociales, económicos, climáticos o ecológicos, como en los recursos naturales renovables (agua, aire, suelos, etc.) y en los recursos culturales (hábitos, tradiciones, costumbres, etc.).

La Tabla 1 presenta una lista de radionucleidos de particular importancia biológica.

Para controlar el proceso de la fisión nuclear, y evitar que se produzcan liberaciones masivas de radionucleidos al medio, las centrales nucleares disponen de un alto nivel de seguridad en el diseño. Esto implica la coexistencia de múltiples sistemas tecnológicos de tratamiento de aguas, de tratamiento de residuos radiactivos, de tratamiento de efluentes, de ventilación, etc., y la utilización de cantidades relevantes de productos químicos que se emplean para evitar la corrosión e incrustaciones en las tuberías, inhibidores de crecimiento biológico, neutralizadores, etc., que pueden también ser evacuados al medio en cantidades suficientes para producir un impacto ambiental.

4. ESCALONAMIENTO DE LOS ESTUDIOS DE IMPACTO AMBIENTAL DE CENTRALES NUCLEARES

El estudio de impacto ambiental de una central nuclear puede desarrollarse progresivamente a lo largo del proceso de licenciamiento de estas instalaciones. Además, a menudo sucede que en las fases iniciales del proyecto de una central nuclear, no se encuentra disponible el diseño detallado de ingeniería de la instalación, siendo muy aventurado y prácticamente imposible evaluar los efectos del funcionamiento de una instalación cuyos equipamientos, sistemas de tratamiento de efluentes, sistemas de vertido y procedimientos industriales no estén completamente diseñados.

Por ello, para conseguir que el estudio de impacto ambiental contemple los efectos concretos derivados de las actividades de construcción o de las actividades asociadas al funcionamiento, desmantelamiento y clausura de estas industrias, y al tiempo para facilitar la evaluación detallada de sus efectos, es necesario que se realice un análisis de los efectos producidos en cada una de las fases en que puede diferenciarse el licenciamiento, fases que recoge la Tabla 2.

TABLA 1
RADIONUCLIDOS DE PARTICULAR
IMPORTANCIA BIOLÓGICA
Tomado de Grosch (1980)

Nuclido	Vida media	Radiación Principal (a)	Fuente
H-3	12,4 años	Beta	Inducido en el aire
C-14	5.730 años	Beta	Inducido en el aire
P-32	14,3 días	Beta	Inducido en el suelo
K-40	$1,3 \times 10^9$ años	Beta y Gamma con Ec	Suelo y roca
Fe-55	2,7 años	EC	Inducido en suelo
Zn-65	245 días	Beta y Gamma	Inducido en el suelo
Sr-90	28,9 años	Beta	Producto de fisión
I-131	8,1 días	Beta y Gamma	Producto de fisión
Cs-137	30,2 años	Beta, Ba-137 Gamma	Producto de fisión
Ra-226	1.622 años	Alfa y Gamma	Suelo y roca
Th-232	$1,4 \times 10^{10}$ años	Alfa	Suelo y roca
U-238	$4,5 \times 10^9$ años	Alfa	Suelo y roca

(a) La radiación de alguno de los isótopos difieren en energía (MeV) y habilidad para penetrar en los tejidos vivos. EC indica captura electrónica en orbital de nivel K.

TABLA 2
FASES DE LICENCIAMIENTO DE CENTRALES NUCLEARES EN ESPAÑA

Puede diferenciarse los siguientes hitos en el proceso de licenciamiento, que se corresponden con sucesivas autorizaciones administrativas.

- AUTORIZACION PREVIA DEL EMPLAZAMIENTO
 - Selección
 - Aprobación
- AUTORIZACION DE CONSTRUCCION
 - Construcción
 - Montaje
- AUTORIZACION DE PUESTA EN MARCHA
 - Explotación provisional
 - Explotación definitiva
- AUTORIZACION DE CLAUSURA
 - Desmantelamiento
 - Clausura

5. ENFOQUE PRELIMINAR DE LOS ESTUDIOS DE IMPACTO AMBIENTAL

Muchos estudios de impacto ambiental han sido enfocados solamente desde un punto de vista toxicológico, de calidad de las aguas, hidrológico, socio-económico o de coste-beneficio, en lugar de hacerlo desde la base que aporta el conocimiento del funcionamiento los ecosistemas existentes en el área donde se vaya a situar la instalación. Aunque la necesidad de llevar a cabo investigaciones detalladas sobre aspectos concretos del medio, sea en muchas ocasiones justificable, existen varias razones de peso para preceder dichos estudios de detalle por un enfoque general (*scoping* en la terminología anglosajona) orientado ecológicamente:

1. Un estudio general de los ecosistemas indicará cuáles efectos (toxicidad, calidad de agua o aire, cambios florísticos o faunísticos, etc.) pueden ocurrir o cuáles compartimentos serán los más afectados y consecuentemente desarrollar sobre ellos los estudios oportunos.
2. Dicho estudio inicial sobre los ecosistemas servirá para evaluar de forma preliminar, la importancia de cada uno de los efectos específicos dentro del contexto del funcionamiento de los sistemas naturales.
3. Empezar un estudio de impacto con un enfoque ecosistémico (Díaz Pineda, 1985) es importante porque el examen aislado de efectos específicos puede llegar a conclusiones y predicciones que pueden no ser válidas en el contexto mucho más complejo del ecosistema.

La experiencia adquirida a través de la historia, ilustra casos concretos en los cuales no se realizaron estudios a nivel de los ecosistemas y que resultaron en desastres ecológicos, que en algunos casos todavía persisten. El ejemplo de los efectos del uso del DDT ofrece una experiencia aleccionadora ilustrada ampliamente por Valiela Ward (1978).

Durante las décadas de los años 40 y 50 el uso del DDT fue acompañado de estudios toxicológicos. Dichos estudios encontraron que los niveles de toxicidad del DDT para la mayoría de las especies de vertebrados, excepto en algunas especies piscícolas, eran relativamente bajos. En los años 60 sin embargo, algunos estudios con un enfoque más ecológico, revelaron que la solubilidad y persistencia de las características del DDT y sus metabolitos se expresaban a través de los procesos de las cadenas alimenticias produciendo la concentración de DDT hasta valores muy elevados en los niveles tróficos más altos. Además, en los años 70 se detectó que dichas concentraciones de DDT podían continuar presentes en los organismos de vida larga durante años después del cese del uso del DDT.

Así, algunas especies orníticas para las que un simple estudio toxicológico había concluido no ser muy susceptibles a sufrir daños por DDT, fueron severamente afectadas a largo plazo, debido a la acumulación de DDT y sus metabolitos en la cadena alimenticia hasta concentraciones muy altas que no se habían esperado, y cuyo resultado fue mortalidad directa y una tasa considerable de fallos subletales reproductivos.

Si se hubiera llevado a cabo un estudio ecosistémico, el efecto de biomagnificación podría haber sido detectado y haberse resaltado la necesidad de estudiar en detalle los organismos de los niveles tróficos más altos antes de que se iniciara el uso despreocupado y generalizado del DDT y de que ocurrieran importantes cambios en las poblaciones de aves.

Estos efectos múltiples y poco obvios en los ecosistemas pueden originarse no solamente por impactos de sustancias químicas tóxicas sino también de químicos no tóxicos, calor, radionucleidos, creación o destrucción de hábitats, adición o sustracción de especies, cambios inducidos en la predación o parasitismo y cualquier número de otros factores que pueda conllevar la presencia de una central nuclear.

En definitiva, los resultados de un estudio de impacto ambiental no enfocado previamente desde un nivel que contemple el funcionamiento de los ecosistemas, pueden subestimar o sobreestimar los efectos sobre las poblaciones biológicas y el hombre.

6. IMPACTOS ECOLOGICOS E IMPACTOS AMBIENTALES

Respecto a un Es.I.A. (Estudio de Impacto Ambiental) conviene diferenciar qué aspectos del estudio conciernen al medio ambiente y qué aspectos conciernen de un modo más específico a los ecosistemas. Por ejemplo, la refrigeración de una central nuclear por torres de refrigeración, se espera que produzca un cambio de las condiciones climáticas locales (aumento de la humedad relativa del aire, aumento del número de días de nieblas al año, suavización de las temperaturas extremas, etc.). Si sólo se tienen en cuenta los aspectos climáticos y la reducción de visibilidad en ciertos momentos del año, se está contemplando un aspecto o efecto ambiental. Sin embargo, si se considera el efecto ejercido por los cambios climáticos sobre la producción primaria o en la dinámica de los ecosistemas, entonces el tema empieza a concernir aspectos ecológicos.

Es axiomático que cualquier efecto ambiental tiene, en última instancia, una consecuencia ecológica, cuya magnitud puede variar ampliamente. El funcionamiento de los ecosistemas implica la existencia de muchos y muy variados tipos de interacciones entre una amplia variedad de organismos y condiciones del ambiente. Cuando se modifican los sistemas ecológicos o se liberan sustancias contaminantes o formas de energía, se está introduciendo una nueva fuente de variabilidad y de interacción, cuya consecuencia puede no ser detectada si no se considera la complejidad del ecosistema y su evolución en el tiempo.

El E.I.A. de una central nuclear debe evaluar los efectos en cada uno de los aspectos físico-químicos, biológicos y humanos de su área de influencia (además de los cambios en recursos naturales, culturales y su influencia en las relaciones socio-económicas), y las interacciones que puedan darse entre ellos a lo largo de la vida de la instalación. Sólo esta forma de proceder permitirá la evaluación del impacto ambiental global de la central nuclear.

7. REQUISITOS DE LOS EQUIPOS TECNICOS

Es ampliamente aceptado que los estudios de impacto ambiental deben realizarse por equipos interdisciplinarios

mejor que por individuos o grupos de individuos con enfoques similares (grupos de biólogos o de ingenieros por ejemplo). El aporte de experiencias y la coordinación de puntos de vista de especialistas de diversas ramas de la ciencia, es necesario a la hora de estudiar los efectos de cualquier alteración sobre el ambiente procedente de una industria, máxime cuando se trata de una central nuclear. No obstante, incluso empleando enfoques multidisciplinarios, los estudios y evaluaciones de impacto ambiental pueden convertirse en agregaciones fragmentarias de capítulos o grupos de información (léase hidrología, meteorología, ecología, demografía, geología, etc.) en lugar de efectuar estudios unitarios y comprensivos con un enfoque global sobre los sistemas naturales. Como resultado de esta agregación se obtendría un documento lleno de lagunas y el esfuerzo realizado sería mucho más ineficaz de lo que se necesitaría. Como el impacto ambiental global es mucho más que la suma de impactos parciales (positivos y negativos) se hace necesaria dicha aproximación unitaria al estudio de impacto ambiental desde el momento del diseño de dichos estudios.

8. INFORMACION DE PARTIDA: DATOS DE BASE

El diseño del estudio de impacto ambiental debe partir de la consideración de dos cuestiones básicas:

1. La identificación de las características de la central nuclear en relación con su intercambio con el exterior, considerándola como un sistema abierto tanto para la materia como para la energía, en operación normal y en caso de accidente.
2. El conocimiento de aquellas características de los ecosistemas del emplazamiento escogido para la instalación, responsables de su composición, estructura y funcionamiento actuales.

La primera cuestión, en principio no debería plantear gran dificultad ya que el estudio de impacto ambiental (según establece el Real Decreto Legislativo 1302/86 sobre Evaluación de Impacto Ambiental) se inicia en la fase de proyecto; de modo que las características iniciales del proyecto cuya incidencia se pretende estudiar deben estar recogidas en una memoria. No obstante, por la complejidad inherente a la tecnología nuclear, la descripción de la instalación debería ser enfocada en estos estudios desde el punto de vista de aquellas características de la central que tiene relación con su intercambio con el medio exterior. Hasta el momento, las descripciones encontradas sobre las características de las centrales nucleares en los Es.I.A. se han enfocado desde el punto de vista de la seguridad nuclear, y hacen hincapié fundamentalmente, en aquellos aspectos sobre los sistemas de control y medidas redundantes de seguridad que minimicen el riesgo de accidentes más que en las características de diseño, construcción y funcionamiento que puedan alterar el medio ambiente.

La segunda cuestión presenta un carácter muy distinto. Es habitual encontrar que la información sobre los ecosistemas (principalmente cuantitativa) necesaria para un Es.I.A. no se encuentra disponible en el momento de planteamiento del estudio. El diseño de los programas para la recopilación de información debe partir de la comprensión del funcionamiento de los sistemas a analizar, y basándose

en un chequeo previo de los mismos, debe enfocarse hacia la obtención de datos cualitativos y/o cuantitativos sobre los parámetros determinantes de su estructura y funcionamiento.

9. OBJETIVOS

Los objetivos que un estudio de impacto ambiental de una central nuclear deberá cumplir quedan reflejados en la legislación sobre impacto ambiental vigente (Real Decreto 1131/88 por el que se aprueba el Reglamento del Real Decreto 1302/86 sobre Evaluación de Impacto Ambiental), y pueden resumirse en:

1. Caracterizar adecuadamente el medio ambiente donde se instala la central nuclear.
2. Identificar todos aquellos aspectos ambientales que serán afectados por las características del proyecto en fase de prospección preliminar, construcción, operación y clausura.
3. Estimar los cambios que previsiblemente tendrán lugar en: la población humana, la fauna, la flora, la vegetación, la gea, el suelo, el agua, el aire, el clima, el paisaje, la estructura y funcionamiento de los ecosistemas debido a las nuevas actividades introducidas en el área, para cada alternativa.
4. Clasificar los tipos de impactos previstos: directos, indirectos, simples, acumulativos, inducidos, sinérgicos, permanentes, temporales, reversibles, irreversibles, recuperables, irrecuperables, periódicos, irregulares, continuos, discontinuos.
5. Estimar el grado de impacto o escala de nivel (compatible, incompatible, moderado, severo, crítico) y su admisibilidad.
6. Definir unos límites o umbrales de impacto máximos admisibles en el área.
7. Establecer unas medidas preventivas en la fuente y/o correctoras para asegurar que no se transgreden dichos umbrales. O en su defecto, estudiar medidas compensadoras.
8. Estudio de los factores de riesgo de impacto ambiental existentes a partir de los análisis de accidentes, y determinación de la cadena de efectos sobre el medio y los ecosistemas derivada de cada uno de los accidentes contemplados.

10. EFECTOS PREVISIBLES

Como ya se ha comentado, una central nuclear en funcionamiento no es un sistema cerrado. Necesita realizar una serie de intercambios con el medio ambiente exterior derivados de las necesidades de refrigeración y de descontaminación, que producirán modificaciones en los ecosistemas cuyo origen habrá que buscarlo fundamentalmente (aunque no exclusivamente) en:

- Disipación del calor residual: IMPACTO TERMICO
- Vertidos de productos químicos: IMPACTO QUIMICO
- Efectos sobre el ciclo hidrológico de los sistemas de captación y vertido de agua

- Emisiones y vertidos de sustancias radiactivas: IMPACTO RADIOLOGICO
- Cambios en la estructura socio-económica del área y efectos ecológicos asociados

El Anexo I contiene una lista chequeo que contempla de una forma muy general algunos efectos directos o indirectos esperables por la construcción y operación de una central nuclear.

10.1. Impacto térmico

La eficiencia térmica de los reactores de agua ligera (LWR) es aproximadamente de un 33% y de los refrigerados por gas de un 39-41%. Esto significa que casi las dos terceras partes de la energía calorífica generada en el núcleo del reactor tiene que ser disipada en el medio ambiente; en la práctica la mayor parte de calor residual es transferido en última instancia a la atmósfera. El agua es usada de forma general como vehículo absorbente de calor por su relativa abundancia, bajo coste, elevado calor específico y su capacidad para disipar el calor mediante su evaporación.

Una central nuclear de 1.000 MW por ejemplo, necesita tomar un caudal del orden de 40 m³/s., que devuelve otra vez con una temperatura de unos 12° C superior a la temperatura de entrada. Los efectos ecológicos de este sistema incluyen:

- Efectos directos en los organismos acuáticos debido al calentamiento (aumento de los ritmos metabólicos, efecto barrera térmica ...).
- Choques térmicos debido a los cambios rápidos en la temperatura del agua cuando la central para o arranca.
- Reducción de la capacidad del agua para asimilar los desechos por producir una disminución del contenido de oxígeno disuelto.
- Incremento de la evaporación desde la superficie del agua.
- Reducción de la disponibilidad de agua, aguas abajo de la toma y aumento de la salinidad.
- Destrucción de las fases juveniles de muchos organismos acuáticos, que pasan a través de las estructuras de toma de agua y a través del condensador.
- Contaminación del agua por compuestos químicos añadidos al agua del condensador para suprimir los limos en suspensión y los depósitos de incrustaciones en las tuberías.

Actualmente los sistemas de refrigeración de un solo paso son considerados inaceptables excepto para las centrales costeras que se refrigeran con agua de mar.

Como alternativa, si el caudal es insuficiente o si el impacto térmico se considera inaceptable, se han construido en ocasiones embalses de refrigeración para que el agua pierda buena parte de su calor antes de ser devuelta al río. Requieren de 4 a 8 Km² de superficie de terreno por cada 1.000 MW de potencia eléctrica de la central, y una fuente de agua para reemplazar aquella que se pierde por evaporación. La acumulación de los radioisótopos en los embal-

ses de refrigeración es una función del tiempo de operación de la central y debe ser cuidadosamente controlada.

Las torres de refrigeración son otra opción tecnológica para disminuir el impacto térmico. Consiste en hacer pasar el agua que hay que enfriar, dividida en múltiples surtidores, dentro de una chimenea donde se canaliza una corriente de aire ascendente. El agua de los surtidores se evapora parcialmente en la corriente de aire, lo que produce el enfriamiento del agua restante. Las torres pueden ser de tiro natural o forzado. En las primeras el agua pasa por unas chimeneas de gran altura y gran diámetro para proporcionar un buen tiro y la cantidad de aire necesario. Estas torres tienen normalmente un diámetro de unos 180 metros en la base y unos 150 de altura. En las torres de tiro forzado la corriente de aire es producida por ventiladores y requieren un consumo de energía para funcionar. En este caso la altura de la torre puede ser reducida.

Ambos tipos de torres de refrigeración consumen cantidades significativas de agua por evaporación:

- Una central térmica de 1.000 MW consume 10 millones de m³ por año funcionando a una potencia media de 75% de su capacidad.
- Una central nuclear LWR de 1.000 MW consume 17 millones de m³ en las mismas condiciones de funcionamiento.

El consumo de agua total es alrededor de un 60% mayor que el consumido por evaporación ya que es necesario además, evacuar cierta cantidad de agua cargada de sales disueltas que no son eliminadas en el proceso de evaporación mediante una serie de purgas.

Al margen del impacto térmico sobre los sistemas acuáticos y el efecto de salinización y posible contaminación de los suelos por las purgas y deriva, se producen cambios climáticos locales por el efecto de evaporación, lo que se traduce en un aumento de los días de niebla anuales y un considerable incremento de la humedad relativa del aire.

10.2. Impactos químicos

La concentración de sustancias en el agua de las purgas debe ser controlada. Cuando sea necesario debe tratarse previamente a su descarga al ecosistema acuático. En ciertos casos, las purgas de las torres de refrigeración deben incluso depositarse en una balsa o contenedor adecuado, donde se produzca la precipitación de los sólidos y puedan ser retirados previamente a su vertido. Una pequeña parte de agua también se pierde como deriva (pequeñas gotas arrastradas por la corriente en forma líquida, sin evaporación). El agua que llega al ambiente a través de estos dos procesos está cargada con sustancias químicas que han sido añadidas al agua de circulación para controlar la corrosión, incrustación, y limos, estas sustancias incluyen ácido sulfúrico, cromatos, compuestos de cobre y cloro (Tabla 3). El uso consumitivo de agua por este proceso en total, viene a ser para una unidad de 1.000 Mwe de unos 900 l/s; y la cantidad media de agua total requerida es aproximadamente de unos 1.100 l/s.

Además del agua consumida por la refrigeración, el agua de proceso (en contacto con el combustible nuclear) empleada, debe ser lo más pura posible por razones técni-

TABLA 3
PRODUCTOS QUIMICOS VERTIDOS AL MEDIO LIQUIDO Y SU PROCEDENCIA DE UNA CENTRAL NUCLEAR. TOMANDO DE EICHHOLZ (1976).

Sustancia	Procedencia
SO ₄ H ₂	Regeneración de los desmineralizadores
NaOH	Regeneración de los desmineralizadores
SO ₄ H ₂	Control de pH del agua de las torres de refrigeración
Nalco 347 *	Inhibidor de corrosión de las torres de refrigeración
Cloro	Biocida de las torres de refrigeración
Nalco 321 **	Biocida de las torres de refrigeración
Amonio	Control del pH del alimentador del agua de condensación
Hidracina	Control del hidrógeno del alimentador del agua de condensación
NaOCl	Tratamiento de aguas negras
Na ₂ SO ₃	Eliminación del cloro del sistema de abastecimiento de aguas domésticas
Detergentes	Limpiezas

* Nalco Chemical Company, fosfato, glicerina etoxyletada.
** Mezcla de álcalis, amino-propano, monoacetato, isopropanol y detergentes

CANTIDAD DE FOSFATO, SULFATO, SODIO Y CLORO AÑADIDA A LOS EFLUENTES LIQUIDOS DE CENTRAL NUCLEAR DE SOUTH TEXAS DURANTE LA OPERACION (Tomando del NUREG-1171 Pag. 4-24).		
Químico	Descarga total (kg/día)	
	Operación normal	Máxima operación
Fosfato (PO ₄ ⁻³)	5,5	10
Sulfato (SO ₄ ⁻²)	350	2.043
Sodio (Na ⁺)	127	690
Cloro (Cl ⁻)	—	1.816

cas (posibles impurezas y sales disueltas pueden absorber los neutrones e imposibilitar el mantenimiento de la reacción en cadena, también las impurezas del agua pueden producir corrosiones en las tuberías) y de seguridad (se disminuye la probabilidad de activación radiactiva de los elementos disueltos en el agua) y por tanto se disminuye el impacto radiológico. Los productos resultantes de la desmineralización del agua de proceso son evacuados también al medio. En términos globales este vertido contiene ácido sulfúrico y sosa (empleados en la regeneración de las resinas de intercambio iónico utilizadas para la desmineralización del agua) y los cationes y aniones procedentes del agua del río o mar y concentrados en unos pocos m³. La concentración salina de estos líquidos es muy elevada, y del orden de 20 a 30 veces superior a las concentraciones que presentan las aguas dulces. La solución adoptada en general, es diluir adecuadamente el efluente para disminuir los efectos nocivos sobre las poblaciones acuáticas. Sin embargo cambios repentinos de salinidad y de composición salina de las aguas pueden producir mortandades variables en la biota acuática.

10.3. Impactos hidrológicos

Cualquiera que sea el sistema de refrigeración empleado, los caudales instantáneos necesarios para refrigerar la central hacen necesaria la construcción de presas o azudes en los cursos fluviales. Los cambios hidráulicos inducidos dependerán del diseño de las estructuras, de su tamaño y de la relación entre los caudales circulantes por el río y los

retenidos por el azud. En muchas ocasiones estas estructuras constituyen barreras al remonte de las especies piscícolas que se quedan retenidas en las aguas abajo de la presa, lugares donde se encuentran generalmente las estructuras de vertido de estas instalaciones.

10.4. Impactos radiológicos

Es imposible generar electricidad empleando energía nuclear sin producir alguna emisión de radiactividad al medio ambiente. No obstante, la energía nuclear no es única en este sentido, la producción de electricidad desde el quemado de combustibles fósiles, particularmente carbón, puede producir emisiones de radionucleidos como 226 Ra y 228 Th a la atmósfera. La cuestión que se plantea es cuánta radiactividad se puede introducir deliberadamente en el medio ambiente y a qué ritmo o tasa. La Comisión Internacional de Protección Radiológica (ICRP) establece una serie de recomendaciones que son internacionalmente aceptadas, para personas profesionalmente expuestas a radiaciones ionizantes y también para el público en general. Existen así toda una serie de estándares (recogidos en guías) para la seguridad del público. Es responsabilidad de los departamentos reguladores de cada país controlar las descargas de radiactividad al medio ambiente de tal manera que los límites de las guías no sean excedidos. En España se siguen las recomendaciones de la ICRP (1977) asumidas en la legislación vigente al respecto (Real Decreto 2519/1982 y modificación parcial por Real Decreto 1753/1987).

La vigilancia de los límites y el control de vertidos radiactivos es responsabilidad del Consejo de Seguridad Nuclear desde 1980 (Ley 15/1980). Los métodos precisos empleados para conseguir dichos estándares difieren según el país de que se trate y estas diferencias acentúan las complejidades del control radiológico.

Como no es objeto de esta clase profundizar en las metodologías y prácticas de cálculo del impacto radiológico, profundización a la que se dedica la atención de varios cursos monográficos cada año, sólo cabe resaltar que el límite de dosis establecido en España es:

- Para personas profesionalmente expuestas: 50 mSv (5 rems) al año. Si bien estos límites disminuyen en caso de menores de 18 años, mujeres con capacidad de procrear y mujeres gestantes.
- Para el público en general: 5 mSv (0,5 rems) al año.

11. PROGRAMAS SE SEGUIMIENTO: HERRAMIENTAS EFICACES PARA EL CONTROL MEDIOAMBIENTAL

Tras un análisis de los impactos producidos por una central nuclear, pueden distinguirse aquellas alteraciones deliberadas de las no deliberadas. Las alteraciones deliberadas son debidas por regla general, a la diferente utilización del espacio disponible originada por la construcción de la central nuclear e infraestructuras de servicios, que cambian de una forma radical las características ambientales y se expresan con gran claridad a través del paisaje: por ejemplo, construcción de carreteras, construcción de embalses, azudes, presas o diques, apertura de corredores para las líneas de transmisión de energía eléctrica, creación del área industrial donde se emplaza la central, construc-

ción de zonas de equipamientos e infraestructuras, ruidos, emisiones gaseosas, etc. Estos cambios tienen considerables consecuencias biológicas y sociológicas en las cuales a veces sea amenazada la existencia de numerosas especies, ecosistemas, tradiciones o riquezas naturales, de forma local o globalmente.

Por el contrario, las alteraciones no deliberadas, inconspicuas o inadvertidas, son más solapadas. Estos efectos son generalmente originados a través del estrés que conlleva la introducción de agentes químicos, físicos o radiactivos al medio ambiente y proceden de forma gradual, causando efectos biológicos perceptibles sólo después de considerable tiempo.

La escasez de datos e información existente en la comunidad internacional sobre la respuesta a medio y largo plazo de poblaciones biológicas y ecosistemas derivada de la exposición crónica a determinadas concentraciones de contaminantes químicos, radioquímicos y formas de energía procedentes de centrales nucleares, hace que el diseño de los procedimientos de evaluación de impacto ambiental, desarrollados en muchos países, sean eficaces sobre todo, a la hora de evaluar y tener en consideración en el proceso de decisión los efectos deliberados sobre el medio ambiente.

Para detectar los efectos no deliberados y graduales sobre el medio ambiente, son fundamentales los programas de seguimiento y vigilancia. Ciertos organismos, indicadores ecológicos, pueden ayudar a detectar problemas en ciertas áreas y sus causas. La observación alerta de efectos biológicos, combinada con el análisis de las causas de esos efectos, puede ayudar a formular medidas eficaces de protección ambiental.

Sin embargo, los efectos biológicos pueden no ser detectados hasta que tienen lugar mortandades variables en la biota. La mortalidad de especies biológicas como manifestación del deterioro del medio ambiente, supone la existencia de unos niveles de toxicidad en el medio que se sitúa por encima de la capacidad de asimilación del ecosistema. Por su irreversibilidad y la serie de situaciones en cascada que implica, no puede considerarse una medida eficaz de protección del medio ambiente, sino tan sólo, un nivel de alarma, que requiere además, el desarrollo a posteriori de medidas de restauración.

Sin llegar al extremo de realidades que suponga una pérdida de la calidad del medio, puede conseguirse un nivel de alarma mediante la recogida sistemática de información sobre ciertos parámetros del ecosistema determinantes de su estructura y funcionamiento (indicadores ecológicos), y sobre aquellos factores que definen la calidad del medio ambiente (indicadores ambientales). Pequeños cambios en los valores de dichos indicadores, o la detección de tendencias de variación en ellos, ya supone una llamada de atención que requiere el análisis de las causas. Para llevar a cabo dicho análisis es importante disponer además de información de referencia. Esta información debe proceder de:

1. Los programas preoperacionales sobre el emplazamiento y zona de influencia que aportan datos relativos a la situación previa o estado de referencia.
2. Datos o información recogidos durante la operación de la central en zonas testigo, exentas de la influencia de la central.

Este segundo aspecto es decisivo, ya que los sistemas naturales presentan fluctuaciones de diversa amplitud y frecuencia, pudiendo darse la paradoja de que la ausencia de desviaciones sea producto de un cambio importante. Otra técnica posible para interpretar los cambios es disponer de bases de datos de un extenso período de tiempo anterior a la puesta en marcha de la central (MOPU, 1989)

11.1. Criterios en el diseño

El primer paso en el diseño de un programa de seguimiento es la definición concreta de objetivos. La delimitación de la amplitud del programa, el ámbito territorial a cubrir, la periodicidad de la toma de muestras, el análisis periódico de la información recopilada, la interpretación de los resultados, entre otros, serán pasos posteriores.

Pueden diseñarse, por ejemplo, programas de seguimiento para medir la aparición de radionucleidos y otros contaminantes en muestras biológicas. Un programa de este tipo puede desarrollarse bien de forma independiente bien formando parte de un programa más amplio dirigido a conocer la incidencia ambiental de la central nuclear. No siempre es posible predecir cuáles contaminantes futuros pueden necesitar ser medidos en nuestras recogidas. En este momento, para realizar estudios por ejemplo, sobre la respuesta de ciertas especies a una acumulación paulatina de contaminantes de bajo nivel de toxicidad, sobre la tasa de concentración biológica, o sobre los efectos derivados de la combinación de diferentes agentes a lo largo del tiempo.

La implantación de programas de seguimiento y control ambiental mantenidos a lo largo del ciclo de vida de un proyecto tiene una creciente aceptación. En el caso de las centrales nucleares, los programas de vigilancia radiológica son una práctica desarrollada desde el principio de la era comercial de la energía nuclear. Desde hace unos años en Europa estos programas se están ampliando de manera que contemplan también aspectos no-radiológicos.

11.2. Finalidad de los programas de seguimiento permanente

Un sistema de seguimiento permanente que utilice organismos y/o variables indicadoras puede ofrecer información continua sobre la calidad del medio ambiente en el tiempo y en el espacio. Los programas de seguimiento mantenidos sobre largos períodos de tiempo pueden revelar tendencias y suministrar la información básica en la que descansan las políticas de protección del medio ambiente.

La finalidad básica de estos programas es recoger información que puede ser empleada:

1. Como garantía del cumplimiento de las condiciones, indicaciones y medidas y protectoras y correctoras establecidas en la Declaración de Impacto Ambiental.
2. Como comprobación de las previsiones de impactos realizadas en Estudio de Impacto Ambiental.
3. Como mecanismos de predicción de la cuantía de ciertos impactos que con anterioridad no habrían podido evaluarse cuantitativamente, o como fuente de detección de impactos inadvertidos.

4. Como fuente de información que permita evaluar la eficacia de las medidas correctoras o de mitigación planteadas, y permita validar la disposición y representatividad de las redes de control establecidas.
5. Como mecanismo de advertencia inmediata cuando un indicador de repercusiones preseleccionado se aproxime a un nivel crítico preseleccionado (Canter, 1988).
6. Como fuente de información para calibrar y validar los modelos matemáticos aplicados.

11.3. Especificidad de los programas

El programa de vigilancia y seguimiento ambiental de la explotación de una central nuclear debe ser concebido de forma específica; siendo escasa la fiabilidad y operatividad que pudiera fijar cualquier programa genérico cuyo alcance pretenda abarcar todas y cada una de las situaciones que pudieran presentarse en casos hipotéticos, aunque éstos barajen las múltiples posibles combinaciones entre diferentes tecnologías nucleares y distintos emplazamientos. No obstante, la experiencia adquirida a través del desarrollo de programas de seguimiento de centrales nucleares en otros países y de otras grandes actividades industriales, es una ayuda a la hora de definir los criterios básicos de un programa que pretenda diseñarse para vigilar los efectos derivados de la explotación de la central nuclear. Siguiendo a Wessels Boer, (1982), Krawets *et al.*, (1987), Canter (1988) y Sterling y Vela (1989), pueden establecerse los siguientes criterios básicos:

1. La definición de los objetivos del programa debe basarse en la identificación de los sistemas afectados y en los efectos previstos; en el estudio de los tipos de impactos, su extensión espacio-temporal y su importancia.
2. Los objetivos deben ser limitados de forma realista, debiendo identificar los indicadores seleccionados, y los umbrales cuya transgresión suponga un nivel de alarma.
3. El tipo de muestras y los lugares de recogida deben ser representativos de la variabilidad del medio donde se realiza el seguimiento y deben ser relativamente independientes de cambios irrelevantes en las condiciones del ambiente que introducirían distorsiones o «ruido» en los resultados. La frecuencia temporal de recogida de datos dependerá del tipo de variable que se esté controlando.
4. El programa de seguimiento debe ser mantenido con relativa facilidad. El coste de los análisis y mediciones, y en global del programa de seguimiento, debe corresponder con la importancia de los resultados.
5. Los resultados del programa de seguimiento deberán ser interpretados, aplicados y relacionados con el establecimiento de normas, y la clasificación dentro de categorías de permisividad o aceptabilidad.
6. La información proporcionada por el programa servirá para documentar progresivamente las re-

percusiones de la central, posibilitando una predicción más exacta de los impactos asociados a actuaciones similares.

7. Los programas de seguimiento no deben mantenerse por sí mismos, sino que deben responder a problemas previamente detectados, bien a través de las predicciones realizadas en el estudio de impacto ambiental, o bien a través de los resultados del propio programa de seguimiento. Para conseguir su ajuste a las necesidades reales deben ser flexibles y tener previsto un mecanismo de retroalimentación, mediante el cual los resultados obtenidos puedan servir para modificar los objetivos iniciales, los métodos empleados, los sistemas de interpretación..., y en general permitir la revisión periódica del programa.

11.4. Vigilancia de los límites del condicionado

En España hasta el momento, las autorizaciones de puesta en marcha y los permisos de explotación provisional otorgados a las centrales nucleares, contienen condiciones limitantes dirigidas a la protección radiológica ambiental. Los aspectos no radiológicos han recibido muy poca atención. El Real Decreto Legislativo 1302/86, y su desarrollo reglamentario (Real Decreto 1131/88), vienen a paliar en parte este vacío legislativo pero son aplicables solamente a las centrales nucleares futuras y no a las actuales.

En cuanto a la toma y vertido de agua, en España las autorizaciones o concesiones de agua para centrales nucleares, corresponden a las Confederaciones Hidrográficas correspondientes. Contienen ciertas condiciones que por lo general no responden a los resultados de un estudio sobre los efectos del vertido en los ecosistemas de las áreas de vertido, sino que más bien suelen transponer límites generales de calidad de agua, que no tienen en cuenta como punto de partida, las actividades que se realizan en la instalación para estimar las sustancias químicas empleadas en el proceso industrial, y las concentraciones previstas en el vertido.

El procedimiento de evaluación de impacto ambiental de una central nuclear debe permitir la vigilancia continua de los emplazamientos nucleares (en el sentido más amplio del término, que incluye el área de influencia de la instalación y un área de amortiguación).

La respuesta del medio ambiente ante determinadas actividades puede no ser instantánea. Cambios inadvertidos en el funcionamiento de los sistemas naturales pueden desembocar a la larga, en problemas ambientales. Por ello, el estudio de impacto ambiental debe ser periódicamente actualizado. En dicha actualización juega un papel importante la incorporación de los nuevos datos e información progresivamente recopilada a través de los programas de seguimiento al permitir:

- Revisar y confirmar las predicciones.
- Calibrar y mejorar los modelos existentes.
- Completar el conocimiento sobre el emplazamiento y su respuesta ecológico-ambiental.

- Evaluar la eficacia de las medidas preventivas o correctoras previamente establecidas.
- Modificar los programas de seguimiento para que respondan a las necesidades detectadas.
- Y, en general, ajustando, actualizando y perfeccionando los métodos, instrumentación y tecnologías aplicadas según los avances científicos y tecnológicos del momento.

Como referencia la Tabla 4 presenta algunos aspectos ambientales cuya medida es requerida en programas de seguimiento del impacto ambiental de centrales nucleares americanas.

12. DETECCION DE NUEVOS EFECTOS NO PREVISTOS: PRIORIDADES Y NECESIDAD DE PROYECTOS DE INVESTIGACION

12.1. Modelización ecológica

Puede considerarse que los ecosistemas se encuentran en un estado de equilibrio dinámico, resultante de la interacción de numerosos factores y procesos, y mantenidos por flujos tanto lineales como cíclicos de nutrientes y energía. La forma en que tiene lugar la transferencia y concentración de elementos químicos y sus isótopos dentro de los componentes de la biosfera ha sido objeto de una investigación considerable, y numerosas consideraciones teóricas. Muchos de los modelos teóricos que se barajan en el campo de la modelización ecológica, derivan del estudio del ecosistema, pero debido a la complejidad inicial que presentaban han sido simplificados considerablemente. Aunque la simplificación puede ser una herramienta útil, ya que permite resaltar las mayores vías de transporte de contaminantes en la cadena biológica y los principales componentes del ecosistema en estudio, esto es sólo cierto cuando dicha simplificación está basada en un conocimiento profundo de la complejidad inicial del ecosistema (Coughtrey y Thorne, 1983).

La aproximación al estudio del transporte, concentración y efectos de los radionúclidos en el ecosistema no difiere significativamente de aquella aplicada a otros contaminantes en el medio ambiente. En el caso de los radionúclidos parece que existe un consenso general que considera más importante el impacto sobre el hombre derivado de los vertidos al ambiente, en lugar de los efectos sobre otros componentes de la biosfera. Por ello, el principal aspecto de las investigaciones realizadas en este campo se ha centrado en el transporte a través del medio ambiente que ofrezca datos adecuados para el cálculo de las dosis al hombre.

No obstante lo expuesto, la evaluación del impacto producido por emisiones o vertidos radiactivos sobre otros componentes de la biosfera que el hombre, es reconocido como un aspecto importante que requiere más atención que la que ha recibido hasta el momento (Coughtrey y Thorne, 1983).

La aparición y concentración de radionúclidos en componentes de la biosfera después de un vertido accidental depende en gran medida de la fuente de vertido.

TABLA 4
CONTENIDOS REQUERIDOS EN LOS PROGRAMAS DE SEGUIMIENTO DE DOS CENTRALES NUCLEARES AMERICANAS: NORTH ANNA UNIDADES I Y II (VIRGINIA) Y HADDAM NECK (CONNECTICUT) (DOCKET NOS. 50-338, 50-339, 50-213).

- | |
|---|
| <p>I. Temperatura del agua de refrigeración:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Temperatura de toma. 2. Temperatura de descarga. 3. Incremento de temperatura. 4. Tratamiento de calor residual de los sistemas de agua de circulación. 5. Descongelación de la estructura de toma de agua. 6. Tasa de cambio de la temperatura de descarga. <p>II. Efectos directos de la biota acuática:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Atrapamiento. 2. Absorción de fitoplancton. 3. Absorción de zooplancton. 4. Absorción de ictioplancton. 5. Absorción de meroplancton. 6. Productores primarios en el agua de refrigeración. 7. Biomasa en el agua de refrigeración. 8. Efectos crónicos del cloro residual. <p>III. Seguimiento de la biota acuática:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Peces. 2. Fitoplancton. 3. Zooplancton. 4. Ictioplancton. 5. Meroplancton. 6. Productividad primaria. 7. Biomasa. 8. Concentración de clorofila A. 9. Bentos. <p>IV. Miscelánea sobre el agua de refrigeración:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Calidad de agua. 2. Control del uso de productos químicos (ácido sulfúrico, hidróxido sódico, hidracina, cromo, boro e hipoclorito sódico). 3. Concentraciones de productos químicos vertidos al medio acuático. 4. Seguimiento de los niveles de agua en la toma. <p>V. Terrestre:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Tasa de deposición de sales. 2. Química del suelo. 3. Materiales tóxicos. 4. Aplicación de herbicidas para el mantenimiento de los corredores de transmisión y vías de paso. 5. Seguimiento fotográfico. 6. Mortalidad de aves. |
|---|

Dicha fuente puede ser considerada o bien como un vertido a la atmósfera de gases o partículas contaminadas con radionúclidos, o como un vertido a la atmósfera de gases o partículas contaminadas con radionúclidos, o como un vertido a la hidrosfera de efluentes líquidos contaminados (tanto como partículas en suspensión o como una solución). Estas emisiones son objeto de los procesos de dispersión que actúan en las zonas de la atmósfera y cuerpos de agua en las cuales ocurre el vertido.

A partir de este momento es ampliamente aceptada la necesidad de aplicar modelos dinámicos para evaluar el transporte de radionúclidos a través del medio ambiente, siempre que sea posible. La modelización de los procesos de dispersión atmosférica en relación con los vertidos de varias instalaciones nucleares han sido objeto de amplias discusiones y se han desarrollado varios métodos informáticos de modelización (EFFAIR MESODIF-II, AMRAW, ADPIC, AIRDOS y otros). La calidad de las predicciones deri-

vada de estos modelos depende de un conocimiento adecuado del vertido, las características del emplazamiento y las características meteorológicas. Existen considerables incertidumbres asociadas con la elección del tipo básico y parámetros para varias secciones del modelo de dispersión/deposición.

El comportamiento de los radionucleidos en los ecosistemas acuáticos y su dispersión a través de ellos es muy complejo. Aunque los ecosistemas acuáticos puedan clasificarse en ríos, estuarios y ecosistemas marinos, en ellos existe una elevada variabilidad interna. Han sido desarrollados varios códigos informáticos para modelizar la dispersión acuática, procesos de concentración y dosis al hombre en casos concretos. Sin embargo, la dispersión acuática es sensible a varios factores físicos y químicos en especial a la tasa de sedimentación y a la capacidad de retención del sedimento. En este contexto el coeficiente de distribución del sedimento (la relación entre la actividad del sedimento y la actividad del agua) es particularmente importante y su magnitud y condiciones específicas afecta no solamente a los procesos de dispersión sino también a los procesos de concentración biológica. Los sistemas acuáticos son física y químicamente complejos y existen muchos juegos de datos de campo que permitan validar o realizar análisis de sensibilidad sobre los modelos que han sido desarrollados (Coughtrey y Thorne, 1983).

2.2. Toxicidad

La mayor parte de las sustancias químicas y radioquímicas vertidas al medio ambiente no permanecen en una situación estática. Al igual que los residuos de los seres vivos, son convertidas en productos de desecho a través de una variedad de reacciones que alteran su estructura y/o propiedades. Los metales pesados y los radionucleidos no se degradan, pero son interconvertidos entre formas similares y no asimilables. Las transformaciones químicas pueden incrementar o reducir la toxicidad del compuesto original. Por ejemplo, el mercurio es metilado hacia metilmercurio; el elemento original tiene una toxicidad baja, pero es transformado en un compuesto tóxico muy peligroso.

Las transformaciones químicas que pueden tener lugar en el medio ambiente, pueden tanto potenciar la acción tóxica de una determinada sustancia contaminante (llamadas reacciones de intoxicación) como degradarlas hacia sustancias menos tóxicas (reacciones de destoxicación). Un químico o radioquímico es tóxico sin llegar a matar a un animal, su toxicidad empieza a formar parte de la bioasa que es descompuesta después de la muerte de éste. Los productos son vueltos a asimilar (lenta o rápidamente) convertidos en moléculas progresivamente más pequeñas que serán eventualmente utilizadas en varios ciclos por ejemplo en el ciclo del carbono). Las reacciones biológicas, como aquellas en las que intervienen factores como la luz, cambios pH, hidrólisis, etc., también forman parte de este tipo de transformaciones. Sin embargo, en un análisis final, la acción de los microorganismos sea probablemente la última causa de las transformaciones bioquímicas hacia moléculas pequeñas que sean utilizadas en los sucesivos ciclos.

Las reacciones químicas pueden ocurrir catalizadas por enzimas de los organismos, o pueden tener lugar bajo con-

diciones físico-químicas adecuadas que estén presentes en el medio ambiente. Los tipos más importantes de reacciones incluyen oxidación, hidrólisis, reducción, conjugación, deshidrogenación, escisión aromática, hidratación, quelación o combustión. De estas reacciones la conjugación es la única que está estrictamente catalizada por enzimas, mientras que la quelación es estrictamente no enzimática (Dauterman y Hodgson, 1980). Estas reacciones químicas además no suelen producirse aisladas, sino que a su vez los productos de una reacción interaccionan en otras reacciones, complicándose enormemente la ya complicada situación.

El metabolismo de agentes tóxicos es complejo, comprende tanto enzimas simples como sistemas multienzimáticos, así como muchos tipos de células, tejidos y órganos. El conocimiento actual de los mecanismos de interacción es aún muy rudimentario, su comprensión constituye una de las llaves de los progresos futuros de la química ambiental y de la toxicología.

Desde hace unos años ha comenzado a ser común el uso del término ecotoxicología. Se trata de un campo multidisciplinar de la ciencia que requiere las contribuciones de la toxicología, química ambiental y ecología. Mientras que la toxicología trata de comprender los efectos de agentes químicos y radioquímicos a nivel de organismos individuales de una población o una especie (requiriendo conocimientos de campos de fisiología, patología, bioquímica, inmunología y otros), y la química ambiental mide la ocurrencia de contaminantes en el medio ambiente tratando de analizar los procesos relacionados con su distribución, deposición y degradación (donde confluyen ramas de la química analítica, bioquímica y microbiología), requieren la contribución de ramas de la ecología para comprender las consecuencias sobre las poblaciones de los organismos estudiados y otros organismos, en el seno del ecosistema (para lo cual se requieren conocimientos sobre los ciclos biológicos vitales, ciclos de nutrientes, dinámica de poblaciones y otras materias) que permitan elucidar las relaciones entre las especies y su medio ambiente abiótico. En el seno de grupos de trabajo de este tipo deben estudiarse qué combinaciones entre bio-indicadores e indicadores físico-químicos pueden resultar métodos adecuados en el seguimiento del impacto ambiental.

2.3. Bioconcentración y biomagnificación

El proceso de bioconcentración es la acumulación biológica de sustancias tóxicas en un animal determinado. Está condicionado por numerosos factores entre los que se encuentran la persistencia, disponibilidad y la absorción de la sustancia por los animales y las plantas. Los procesos metabólicos de absorción, incorporación y excreción tienen un papel predominante.

En el marco del ecosistema, como en una compleja sociedad, unos habitantes dependen de los materiales que producen, transformaciones pueden dividirse en productores, consumidores y transformadores o descomponedores. Los productores y consumidores se organizan a su vez dentro de niveles tróficos o alimenticios. Dentro de cada nivel, grupos de organismos se alimentan de similares fuentes alimenticias. Los organismos productores son aquellos que utilizan los procesos fotosintéticos para la producción de materia orgánica, mientras que los consu-

midores se alimentan tanto de los productores como de otros consumidores en diferentes niveles tróficos. Los transformadores o descomponedores son aquellos organismos que degradan el material orgánico muerto, en nuevos nutrientes que serán empleados por los productores. Estos organismos forman la base de las cadenas alimenticias. Cualquier interconexión entre muchas cadenas alimenticias recibe el nombre de red alimenticia.

Una red alimenticia implica un equilibrio delicado que puede ser alterado con bastante facilidad. Algunos contaminantes como los radionucleidos han sido encontrados en mayores concentraciones en algunos animales que en las especies de las cuales se alimentan. Este fenómeno es denominado como bioacumulación o biomagnificación a lo largo de la cadena alimenticia.

El seguimiento de la tasa de bioconcentración y procesos de biomagnificación de radioquímicos o radionucleidos debe formar parte de las actividades diseñadas en los programas de vigilancia radiológico-ambiental.

Además de las muestras tomadas en la vecindad de una instalación nuclear que pertenezcan a cualquier de las vías de exposición de radionucleidos al hombre, deben tomarse otras que no pertenezcan directamente a dichas vías pero que ofrezcan información sobre el comportamiento y existencia de los radionucleidos descargados al ambiente (Blanchard, R.L., 1980). Ejemplos de este tipo de muestras en los ecosistemas acuáticos son los sedimentos bénticos, algas no comestibles y plantas acuáticas.

Los sedimentos bénticos absorben radionucleidos y constituyen un compartimento que acumula radionucleidos de vida larga, que pueden más tarde quedar disponibles para ser incorporados en cualquier eslabón de las cadenas alimenticias que llegan al hombre. Las mediciones en los sedimentos también ofrecen una forma relativamente sensible de detectar descargas de radionucleidos en el pasado.

TABLA 5
CONCENTRACIONES DE RADIONUCLEIDOS
EN MUESTRAS ACUÁTICAS EN LA VECINDAD
DE LA CENTRAL NUCLEAR DE HADDAM NECK. PCÍ/KG.
TOMADO DE BLANCHARD, R.L. (1980) (1).

Radionucleido	Peces	Algas	Agua (a)
H-3	2.300	7.400	10.000
Mn-54	< 20	560	0,1
Fe-55	< 80	7.000	0,6
Co-60	< 30	640	0,3
Sr-90	8	28	0,0007
I-131	< 20	2.300	2
Cs-134	50	1.200	0,1
Cs-137	110	1.900	0,1

(1) Blanchard R.L. Chief, Radiochemistry and Special Studies Branch, Eastern Environmental Radiation Facility, Office of Radiation Programs, U.S. Environmental Protection Agency, Montgomery, Ala. 36109.

(a) Las concentraciones en el agua se calcularon según la cantidad descargada.

Las algas y algunas plantas acuáticas poseen elevados factores de concentración, y acumulan radionucleidos hasta niveles fácilmente detectables, mientras que en las muestras tomadas en las vías de paso al hombre, los radionucleidos pueden permanecer por debajo de los límites de detección. La Tabla 5 ofrece algunos datos comparativos sobre las concentraciones de radionucleidos obtenidas en muestras de organismos acuáticos en la vecindad de la central nuclear de Haddam Neck (USA).

El análisis de las algas ofrece mucha información acerca de la distribución de los radionucleidos en el ecosistema acuático. La dosis anual de radiación recibida por los individuos que consumen los alimentos acuáticos de la zona, se ha estimado para las diferentes vías de exposición y se presenta en la Tabla 6 y resulta ser inferior al 4% de los límites o estándares permitidos en U.S.A.

TABLA 6
Exposición anual de radiación para la vía acuática
de paso de radionucleidos al hombre en Haddam Neck.
mren/año (o.c.).

Radio-nucleido	Organo crítico	Peces (1)	Agua (2)
H-3	Totalidad del cuerpo	1,1 (-3) (*)	1,1 (-2)
Mn-54	Tracto gastrointestinal	<2,8(-3)	3,0 (-5)
Fe-55	Bazo	< 1,0 (-3)	1,7 (-5)
Co-60	Tracto gastrointestinal	< 8,5 (-3)	1,9 (-4)
Sr-90	Huesos	7,0 (-3)	1,4 (-5)
I-131	Tiroides	< 2,8 (-1)	6,4 (-2)
Cs-134	Totalidad del cuerpo	3,7 (-2)	1,7 (-4)
Cs-137	Totalidad del cuerpo	5,0 (-2)	1,0 (-4)

(1) Asume una entrada alimenticia de 20 g. diarios.

(2) Asume una entrada de bebida de 1 litro y una dilución de 22 en el río.

(*) Entre paréntesis se indican los exponentes con base 10.

12.4. Seguimiento de efectos múltiples, combinados y sinérgicos

La revisión de los conocimientos científicos adquiridos a través del desarrollo del Programa de Protección Radiológica de las Comunidades Europeas (DG, XII, Directorate General for Science, Research and Development-Biology, Radiation Protection Programme) desde 1976 a 1980, revela necesario aumentar los conocimientos actuales sobre la biogeoquímica de los radionucleidos de vida larga, de manera que permita describir satisfactoriamente su comportamiento en el medio ambiente, y ayude a la interpretación de las investigaciones de campo y al diseño de aquellas otras experimentales que usen condiciones estrictamente controladas. La evaluación de los experimentos desarrollados durante dicho período enfatiza la necesidad de que se realicen estudios que presenten un balance correcto entre las experiencias diseñadas en laboratorio y aquellas desarrolladas *in situ* (Myttenaere, 1983). La Tabla 7 presenta los temas que se consideran prioritarios, en el seno de dicho Programa, para el planteamiento de investigaciones futuras.

TABLA 7
PRIORIDADES PARA FUTURAS INVESTIGACIONES RADIOECOLOGICAS
SEGUN LA COMISION DE LAS COMUNIDADES ECONOMICAS EUROPEAS
Tomado de Myttenaere (1983) (1)

1. Emisiones al medio ambiente de materiales radiactivos en efluentes líquidos y gaseosos desde centrales nucleares e industrias convencionales, incluyendo núclidos de interés desde un punto de vista medioambiental y como fuente de datos (tanto calidad como cantidad) con respecto al tiempo y al emplazamiento.
2. Dispersión atmosférica y parámetros de deposición incluyendo la caracterización de aerosoles y comportamiento del aerosol por ejemplo en condiciones accidentales; tratamiento de residuo; aerosoles que contengan radiactividad natural; reacciones químicas y radioquímicas; interacciones con edificios y materiales estructurales; dispersión atmosférica a mesoescala (por ejemplo modelos de trayectoria); transformaciones químicas que ocurran en la pluma (con especial referencia al I-129); deposición atmosférica en suelos y vegetación; resuspensión y lixiviación.
3. Dispersión global de radionucleidos gaseosos con especial referencia a la transferencia de H-3, C-14, Kr-85 y I-129 a través de la cadena alimenticia.
4. Dispersión hidrogeológica de radionucleidos incluyendo los efectos de especiación, bioturbación y resuspensión; comportamiento de los isótopos en ecosistemas marismos y aguas salobres; bio-acumulación de radionucleidos de vida larga (por ejemplo los transuránidos Tc-99, I-129 y Ra-226); transferencia a larga distancia y uso de bioindicadores.
5. Dispersión terrestre de radionucleidos incluyendo los ciclos de radionucleidos de vida larga, poniendo atención sobre los efectos de envejecimiento y toxicidad de la microflora; transferencias desde el suelo a las plantas, poniendo atención a la descripción matemática de la translocación en suelos, transferencia a las raíces, determinación de fiabilidad de los factores de transferencia, estudios específicos en cada lugar etc.; y transferencias de plantas a animales.
6. Identificación del valor y calidad de los datos empleados en los diferentes modelos de transferencia incluyendo la cuantificación de las incertidumbres y simplificaciones implicadas; conexión entre los diferentes modelos de transferencia para varios compartimentos del medio ambiente; y creación de equipos multidisciplinarios (modelista y experimentales).
7. Redistribución de radionucleidos naturales y uso de algunos de ellos como análogos.
8. Descontaminación de áreas agrícolas tras un accidente nuclear.
9. Formación de radioecólogos y educación del público.

(1) C. Myttenaere. Commission of the European Communities Directorate-General XII Research, Science & Education, Radiation Protection Programme. Brussels.

REFERENCIAS

- BLANCHARD, R.L. (1980): Present Practices and Future Requirements for Monitoring the Aquatic Environment at Nuclear Facilities. En: *Effluent and Environmental Radiation Surveillance*. ASTM STP 698, J.J. Kelly, Ed., American Society for Testing and Materials, 1980. pp. 139-149.
- CANTER, L.W. (1980): El papel de EIA en la protección ambiental: Seguimiento y control. *Jornadas sobre Evaluación de Impactos Ambientales*. Sevilla 9-11 Noviembre, 1988. Dirección General del Medio Ambiente (MOPU) y Agencia de Medio Ambiente de la Junta de Andalucía.
- COUGHTRE, P.J. Y THORNE, M.C. (1983): *Radionuclide Distribution and Transport in Terrestrial and Aquatic Ecosystems*. Vols. 1, 2 y 3 A. A. Balkema, Rotterdam.
- DAUTERMAN, W.C. Y HODGSON, E. (1980): Chemicals Transformations and Interactions. En: *Introduction to Environmental Toxicology*. pp. 258-374. Gruthie & Perry (eds) Elsevier. New York.
- DIAZ PINEDA, F. (1985): Impactos ambientales sobre Biocenosis y Ecosistemas. En Belloch *et al.* *Evaluaciones de Impacto Ambiental*. Dirección General del Medio Ambiente. Ministerio de Obras Públicas y Urbanismo.
- EICHHOLZ, GEOFFREY, G. (1976): *Environmental Aspects of Nuclear Power*. Anna Arbor Science. Michigan.
- GROSCHE, D.S. (1980): Radiations and Radionuclides. En: *Introduction to Environmental Toxicology*. pp. 44-61 Gruthie & Perry (ed.). Elsevier. New York.
- ICRP (1977): Recommendations of the International Commission on Radiological Protection. *ICRP Publication 26*. Annals of the ICRP Vol n.º 3, Pergamon Press. Oxford.
- KRAWETS, N.M.; MACDONALD, W.R. & NICHOLS, P. (1987): A Framework for Effective Monitoring. CEAR/CCREE. Quebec.

LEY 15/1980, de 22 de abril de Creación del Consejo de Seguridad Nuclear.

MOPU, (1989): González Alonso, S.; Gamarra Roncandio, I. Suárez Cardona, F. *Guías metodológicas para la elaboración de estudios de impacto ambiental: 1. Carreteras y ferrocarriles*. Monografías de la Dirección General del Medio Ambiente. Centro de Publicaciones del MOPU.

MYTTENAERE, C. (1983): Behaviour and Control of Radionuclides in the environment: present state of knowledge and future needs. En: *Ecological Aspects of Radionuclide Release*. Special Publications Series of the British Ecological Society Num. 3, P.J. Coughtrey Ed. Blackwell Sci. Publ.

NUREG - 1171. *Final Environmental Statement related to the operation of South Texas Project, Units 1 and 2*. U.S. Nuclear Regulatory Commission 1986.

REAL DECRETO 2519/1982 de 12 de agosto. *Reglamento sobre Protección Sanitaria contra Radiaciones ionizantes*. Modificación parcial por Real Decreto 1753/1987.

REAL DECRETO LEGISLATIVO 1302/86. Real Decreto Legislativo 1302/1986, de 28 de junio sobre *Evaluación de Impacto Ambiental*.

REAL DECRETO 1131/88. Real Decreto 1302/1988, por el que se aprueba el Reglamento del RDL 1302/86 sobre *Evaluación de Impacto Ambiental*.

STERLING, A. Y VELA, A. (1989): Criterios metodológicos para los Programas preoperacionales de Obtención de Datos de Base para la Evaluación de Impacto Ambiental de CCNN. Aplicación a centrales nucleares PWR con torres de refrigeración de tiro natural. *Informe DEP/EMPL/IN/89/89*. Consejo de Seguridad Nuclear. (No publicado).

USNRC (1976). *Regulatory Guide 4.2. For preparation of Environmental Impact Assessment of Nuclear Power Plants*. United States Nuclear Regulatory Commission (USNRC).

VALIELA WARD, D. (1978): *Biological Environmental Impact Studies: Theory and Methods*. Academic Press. New York.

WESSELS BOER, J.G. (1983): Ecological indicator organisms for Environmental Protection Policy. *Environmental Monitoring and Assessment*, 3: 399-403.

ANEXO I

EJEMPLOS DE LISTAS CHEQUEO DE ALGUNOS EFECTOS DIRECTOS O INDIRECTOS ESPERABLES POR LA CONSTRUCCION Y OPERACION DE UNA CENTRAL NUCLEAR

La relación que se ofrece a continuación, lejos de ser exhaustiva, pretende reflejar algunos de los problemas ambientales atribuibles a una central nuclear. Estos efectos ambientales pueden ocurrir como consecuencia de la construcción y operación de la central.

La Lista 1 revisa de forma general algunos efectos que pueden tener lugar durante la construcción y operación de la central, la Lista 2 pretende ilustrar un poco más detalladamente algunos aspectos de importante revisión en los medios donde se realiza el vertido: medio acuático y atmosférico.

LISTA 1 CONSTRUCCION

Durante la construcción, el impacto ambiental producido no se diferenciará de aquellos originados por otras industrias equiparables en envergadura como las centrales térmicas, o por determinadas obras civiles (canalizaciones, presas, carreteras, explanaciones, graveras, etc.).

Efectos directos:

- Talas.
- Apertura de vías de acceso.
- Movimiento de tierra.
- Ocupación de espacio no deducible a otros fines.
- Desaparición de hábitats naturales.
- Aumento de turbidez de las aguas.
- Ruidos y vibraciones.
- Incremento de la demanda de infraestructuras de servicios locales.
- Incremento en el empleo local.
- Aumento del tránsito rodado.
- Ruidos y vibraciones.
- Obstrucción visual.
- Impacto paisajístico y estético.
- Etcétera.

Efectos indirectos:

- Hidrogeológicos por interceptación de acuíferos.
- Hidrológicos por construcción de presas y azudes.
- Cambios en los usos del suelo y de las aguas por abandono de ciertas actividades.
- Incrementos demográficos locales.
- Incremento de la erosión.
- Etcétera.

OPERACION

Efectos directos:

- Impactos térmicos sobre atmósfera y agua debidos a la refrigeración.
- Aumento de la humedad atmosférica.
- Creación de nieblas de vapor.
- Impactos químicos por operaciones de desmineralización y tratamiento de agua.
- Impacto radiológico por emisiones de radionucleidos al aire y a las aguas.
- Aspiración de organismos y atrapamiento.
- Efecto barrera para las poblaciones biológicas.
- Cambios en los regímenes hidrológicos y en los perfiles de los cursos fluviales.
- Ruido, impactos estético y paisajístico.
- Etcétera.

Efectos indirectos:

- Aumento del fondo radiológico del emplazamiento y área de influencia de la central.
- Cambios en la producción primaria por efectos microclimáticos.
- Cambios en los hábitos alimenticios.
- Aparición y desaparición de especies: sustitución.
- Cambios en las comunicaciones entre áreas y cambios de los patrones socio-económicos.
- Descenso del empleo.
- Descensos demográficos.
- Abandono de infraestructuras de servicios.
- Etcétera.

LISTA 2 EFECTOS SOBRE LAS AGUAS SUTERRANEAS

1. Alteraciones físicas

Modificación del flujo natural del agua subterránea.

- Reducción de la infiltración.
- Interconexiones nuevas con otros acuíferos.
- Desaparición de puntos de descarga y recarga y aparición en otros lugares nuevos.
- Creación de lagos artificiales: aporte de agua de un embalse al acuífero: si el acuífero es somero: salinización del suelo por evaporación, etc.

Bombeos: desecación de acuíferos por descenso de niveles freáticos:

- Desecación de zonas húmedas
- Salinización del acuífero: impactos en los usos del suelo de zonas próximas a la central nuclear, etc.

2. Alteraciones químicas

Comportamiento del agua subterránea como medio de transporte de contaminantes: contaminación del acuífero.

- Imposibilidad de ser utilizada como recurso hídrico.
- Degradación de los ambientes conectados con el acuífero.
- La descarga de aguas subterráneas puede ocurrir a través de plantas, lagos, ríos y hasta el mar.
- Si el agua subterránea transporta contaminantes a la vegetación, pozos y ríos pueden contaminarse cadenas tróficas que podrían terminar en el hombre.

EFECTOS SOBRE LOS ECOSISTEMAS ACUATICOS

1. Contaminación térmica

- Eficiencia térmica: 33%
- Central 1.000 Mwe requiere aproximadamente 40 m³/s y eleva su T.a unos 12.° C.
- Aumento T° del ecosistema acuático receptor: cambios en el comportamiento físico, químico y biológico de las aguas.

Alteraciones físicas: distinto según se trate de río, embalse o costa.

- Plumas térmicas.
- Embalses: capaces de crear termoclinas en época de mezcla o reforzar las existentes de forma natural en verano. Si hay recirculación del agua se impone un régimen permanente de turbulencias.

- Ríos: longitud según caudal del río y sistema de difusión del vertido.

Alteraciones químicas:

- La temperatura altera los productos de solubilidad de muchas sustancias.
- Caso del bicarbonato cálcico, el bicarbonato disminuye y precipita además debido a incremento de pH que comporta un aumento de la actividad biológica.
- La temperatura conlleva una pérdida de oxígeno disuelto, aunque puede ser compensada con un aumento de productividad.

Alteraciones ecológicas:

- Fisiológicas.
- Sucesionales.
- Cambios en los tipos biológicos.
- Duración ciclos vitales.
- Tamaño.
- Parasitismo.
- Producción y respiración.
- Sustitución.
- Etcétera.

EFECTOS SOBRE CALIDAD DEL AIRE: FACTORES IMPLICADOS

El transporte y dilución atmosférica de materiales radiactivos en forma de aerosoles, vapor o gases es función de:

- Características atmosféricas a lo largo del camino del penacho.
- Topografía de la región.
- Características atmosféricas de los propios efluentes.

La presencia y concentración de materiales radiactivos en el ecosistema por emisiones gaseosas dependerá de:

- Cantidad de efluente emitido.
- Altura de la emisión.
- Momento y flotabilidad del penacho.
- Velocidad del viento.
- Estratificación atmosférica.
- Flujos de masas de aire.
- Mecanismos físico-químicos y biológicos de eliminación o concentración de los efluentes.

RESIDUOS RADIATIVOS

Sterling Carmona, Agustina (*)

1. INTRODUCCION

El problema de la evacuación de los residuos radiactivos no desaparecería aunque se clausuraran hoy todas las centrales nucleares. Considerando el volumen de residuos radiactivos que están siendo acumulados en cada uno de los 26 países que poseen tecnología nuclear, la falta de progreso en su gestión es preocupante. Pocos países tienen instalaciones comerciales para el almacenamiento de residuos radiactivos de baja actividad (Cuadro 1). Y ni un

solo país ha desarrollado un almacenamiento permanente para los más peligrosos: los residuos radiactivos de alta actividad. Con esta situación no es posible llevar a cabo el desmantelamiento de las centrales nucleares que han agotado su vida útil (vida operativa), hasta que existan lugares seguros donde poner la radiactividad que en ellas permanece.

Durante los últimos quince años aproximadamente, Estados Unidos de América, Canadá, Suecia y Alemania (Re-

CUADRO 1

ESTADO DE LA GESTION DE LOS RESIDUOS RADIATIVOS DE MEDIA Y BAJA ACTIVIDAD EN DISTINTOS PAISES

PAIS	POTENCIA NUCLEAR INSTALADA (MWe)	INSTALACION	ESTADO ¹	CAPACIDAD (m ³)	TIPO
USA	91.639	Beatty	Op. 1962	2.700	Enterramiento superficial
		Richland	Op. 1965	19.000	
		Barnwell	Op. 1971	30.000	
		Maxey Flats	Ce. 1962	—	
		West Valley	Ce. 1962	—	
		Sheffield	Ce. 1967	—	
FRANCIA	46.773	La Manche Aube ²	Op. 1969 Pr. 1991	475.000 1.000.000	Enterramiento superficial con barreras artificiales
RFA	18.944	Konrad	Pr. 1192	500.000	Enterramiento subterráneo en mina antigua
UK	11.748	Drigg	Op. 1971	450.000	Enterramiento superficial
SUECIA	9.650	SFR	Op. 1988	500.000	Enterramiento subterráneo artificial

¹ Op.: Operación.

Ce.: Cerrada.

Pr.: Prevista

² Inspirado en el diseño de esta instalación se está construyendo en España la Instalación de almacenamiento de El Cabril.

Fuente: Segundo Plan General de residuos radiactivos. 1989.

(*) Dra. en Ciencias Biológicas. Asesora del Consejo de Seguridad Nuclear. C/ Justo Dorado, n° 11. 28040 Madrid.

pública Federal) fundamentalmente, vienen desarrollando programas científicos y técnicos (en algunos de los cuales se ha incorporado España) para hacer frente al problema de la evacuación de los residuos radiactivos (Cuadro 2).

La mayor parte de los países planean enterrar los residuos en almacenamientos geológicos situados ente 300 y 1.200 metros de profundidad. Una de las razones para elegir este tipo de almacenamiento es eliminar la necesidad de una vigilancia institucional.

En España se creó la empresa pública ENRESA (Real Decreto 1522/1984) cuyo cometido es la gestión de estos residuos.

2. ORIGEN DE LOS RESIDUOS RADIATIVOS

Los residuos radiactivos proceden tanto de actividades civiles como militares (Cuadro 3). La actividad civil que genera mayor cantidad de residuos radiactivos es la producción de energía nucleoelectrica. Los residuos radiactivos de baja actividad originados por las aplicaciones civiles de isótopos, se calcula entre el 10 y el 15% de los generados en el ciclo de combustible nuclear. Los materiales

que constituyen residuos radiactivos derivados de la generación de energía de origen nuclear, proceden de tres fuentes principales:

1. Operaciones diarias de reactores nucleares.
2. Procesos implicados en la extracción del combustible nuclear y en su preparación para ser quemado en el reactor.
3. Tratamiento y manejo del combustible gastado.

Para comprender la procedencia de estos residuos, y para a la evaluación del impacto ambiental, es necesario conocer las actividades del ciclo del combustible nuclear

2.1. Ciclo de combustible nuclear

La Figura 1 presenta un esquema de las actividades que constituyen el ciclo de combustible nuclear. Los impactos ambientales de la mayor parte de las industrias de este ciclo, no difieren sustancialmente de otras plantas químicas o manufactureras de tamaño y complejidad comparable; sin embargo poseen un problema específico que es la radiactividad.

CUADRO 2
ESTADO DE LA GESTION DE LOS RESIDUOS RADIATIVOS DE ALTA ACTIVIDAD EN DISTINTOS PAISES

PAIS	TIPO DE RESIDUO *	TIPO DE ROCA EN ESTUDIO	LABORATORIO SUBTERRANEO	EMPLAZAMIENTO	AÑO DE SELECCION	FECHA DE PUESTA EN MARCHA
USA	CG	Basalto Sal Tobas	—	Yucca Mountain (toba volcánica)	1987	2003
FRANCIA	RAA	Granito Esquisitos Sal Arcilla	Pr. 1991 *	—	—	> 2010
RFA	RAA/CG	Sal	Asse	Gorleben	—	2000
UK	RAA	—	—	—	—	—
SUECIA	CG	Granito	Stripa	Varios en estudio	2000	2020
BELGICA	RAA	Arcilla	Mol	—	—	—
SUIZA	RAA/CG	Granito	Grinsei	—	—	> 2020
FINLAND	CG	Granito	—	—	—	2020

* CG = Combustible Gastado

RAA = Residuos de alta actividad (vitrificados).

Fuente: Segundo Plan General de residuos radiactivos 1989.

CUADRO 3
ACTIVIDADES QUE ORIGINAN RESIDUOS
RADIATIVOS

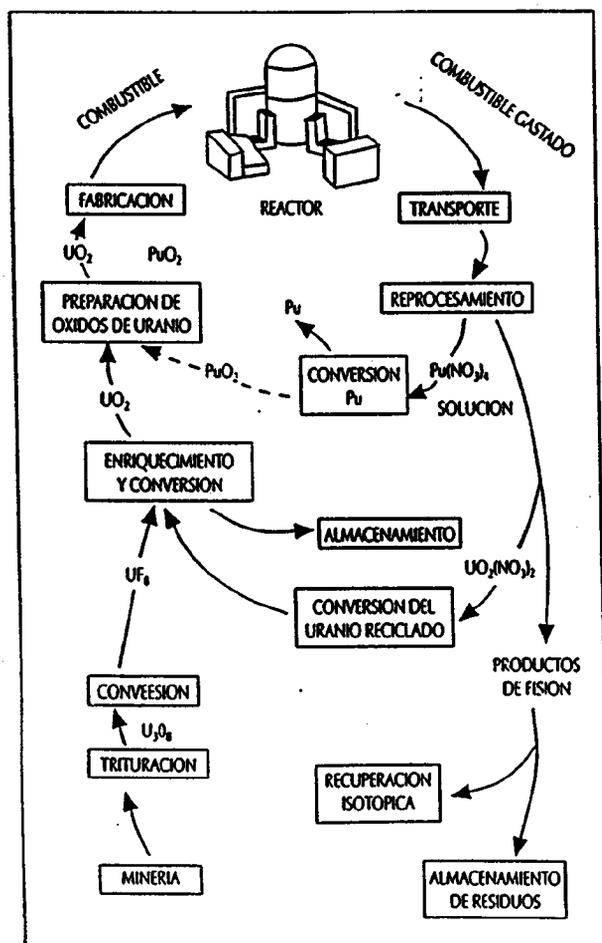
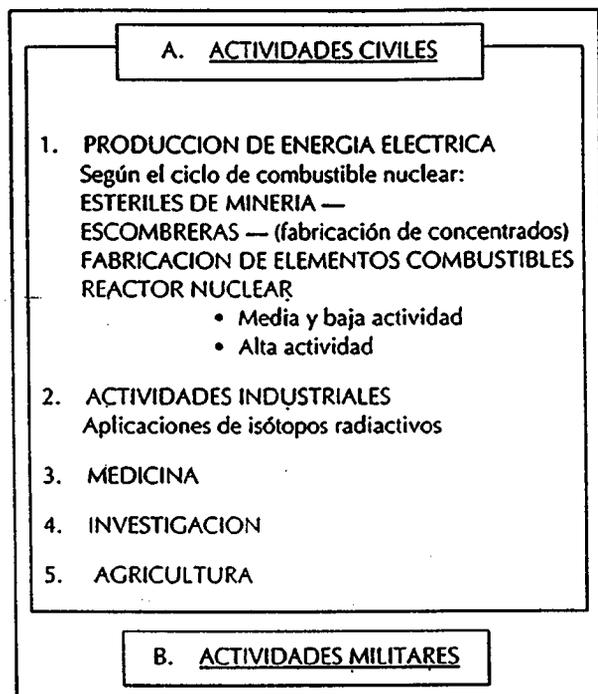


Figura 1. Ciclo del combustible nuclear.

Las actividades son en particular:

1. Minería de la mena de uranio.
2. Trituración y concentración del mineral para producir concentrados de uranio (U_3O_8).
3. Conversión de hexafluoruro de uranio (UF_6).
4. Enriquecimiento isotópico de UF_6 (por difusión gaseosa o procesos competitivos).
5. Fabricación del combustible del reactor nuclear (conversión del UF_6 a dióxido de uranio (UO_2), fabricación de pastillas, encapsulado en barras y ensamblaje de los elementos combustibles).
6. Generación de energía y quemado en el reactor nuclear.
7. Reprocesamiento del combustible irradiado y conversión del uranio en UF_6 para reciclarlo en una planta de difusión gaseosa para su enriquecimiento posterior.
8. Gestión de residuos radiactivos de alta y baja actividad, incluyendo almacenamientos a largo plazo.
9. Actividades de transporte asociadas con el movimiento de materiales desde y hacia cualquiera de las actividades señaladas.

Aquellas actividades que conciernen a la preparación del material en bruto y la fabricación del elemento combustible hasta la entrega a la central nuclear, tratan esencialmente con uranio natural o enriquecido (o thorio), los cuales son alfa emisores de baja actividad específica. Por el contrario, todas las actividades del ciclo de combustible que siguen a la descarga de los elementos gastados de la central nuclear, incluyendo el reprocesamiento del combustible y el almacenamiento de los residuos, tienen que manejar cantidades sustanciales de elementos radiactivos beta y gamma emisores, de alta actividad específica.

2.1.1. Minería del mineral de uranio

La abundancia media del uranio en las rocas es de 1 a 2 partes por millón. Para ser comercialmente explotable, la mena de uranio debe contener al menos 0,055% de óxido de uranio (U_3O_8). Ciertas menas uraníferas de menor riqueza serían explotables bajo determinadas circunstancias.

Los principales países productores de concentrados de uranio en cantidades comerciales son Estados Unidos, Unión Soviética, Canadá, Suráfrica y Australia. Entre los pequeños productores se encuentran de forma significativa Francia, España, Namibia y la República de Nigeria. Al margen de los impactos ambientales asociados con cualquier operación minera en rocas duras, y los estériles de la trituración y concentración del mineral, el riesgo principal y particular asociado a la minería del uranio está relacionado con la emanación de gas radón (^{222}Rn y series de decaimiento radiactivo) a través de las rocas que contienen el uranio.

En la evaluación del impacto de las actividades del ciclo de combustible nuclear pre-reactor, la atención se ha centrado principalmente en cualquier riesgo para la salud derivado de la manipulación de compuestos de uranio progresivamente más puros y en la presencia de cualquier

núclido hijo natural. Se asume que el uranio natural como U_3O_8 en cualquier forma mineral, es esencialmente tóxico sólo por su forma química una vez que los radionucleidos hijos de vida corta (Tabla 1) han sido eliminados.

do a su concentración que recibe el nombre de «milling» —molienda— (Cuadro 4). Partiendo de un proceso de trituración y molido de la roca para liberar los minerales de uranio, el refinamiento del uranio se realiza a través de

TABLA 1
SECUENCIA PRINCIPAL DE LAS SERIES DE DECAIMIENTO RADIATIVO DESDE U-238 A PB-200.
TOMADO DE EICHHOLZ (1976).

NOMBRE COMUN	ISOTOPO	VIDA MEDIA	RADIACION PRINCIPAL	ENERGIA (MeV)
URANIO I	U-238	4,49x10E9 años	Alfa	4.18
URANIO X1	Th-234	24,1 días	Beta	
URANIO X2	Pa-234	1,17 minutos	Beta	
URANIO II	U-234	248.000 años	Alfa	4,76
IONIO	Th-230	80.000 años	Alfa	4,68
RADIO	Ra-226	1.620 años	Alfa	4,78
RADON	Rn-222	3,825 días	Alfa	5.48
RADIO A	Po-218	3,05 minutos	Alfa	5.99
RADIO B	Pb-214	26,8 minutos	Beta	
			Gamma	0,295
RADIO C	Bi-214	19,7 minutos	Beta	
			Gamma	1.050
RADIO C'	Po-214	164 microsegundos	Alfa	7,68
RADIO D	Pb-210	22 años	Beta	
			Gamma	0,047
RADIO E	Bi-210	5,02 días	Beta	
RADIO F	Po-210	132,2 días	Alfa	5,298
RADIO G	Pb-206	Estable	Estable	

Desde un punto de vista puramente medioambiental, la exposición de los mineros a los radionucleidos hijos del ^{222}Rn es principalmente un problema de salud ocupacional. Sin embargo, se discute con cierto detalle porque es el principal componente en la evaluación de los costes humanos del ciclo de combustible nuclear. No existe duda de que en el pasado, mineros del uranio murieron de cáncer en el sistema respiratorio como resultado de la inhalación de radionucleidos en minas con poca ventilación. La minería del uranio a cielo abierto minimiza esta situación.

Otros factores que producen impactos más convencionales dependen del tipo de mina (a cielo abierto o subterránea), de los principales usos del suelo relacionados con la actividad minera y alteraciones asociadas, y de los vertidos de efluentes contaminados y drenajes de agua de la mina. Los impactos de la minería a cielo abierto pueden ser reducidos con una restauración cuidadosa, la excavación puede llenarse con agua y formar un lago artificial de posibilidades recreativas. Los residuos gaseosos, derivados de la combustión de carburantes en las zonas mineras, raramente suponen un problema de contaminación. Las aguas residuales deben ser depuradas, filtradas y neutralizadas antes de su vertido.

2.2. Trituración y concentración del mineral

Para extraer las bajas concentraciones de mineral de uranio contenidas en la mena, comienza un ciclo destina-

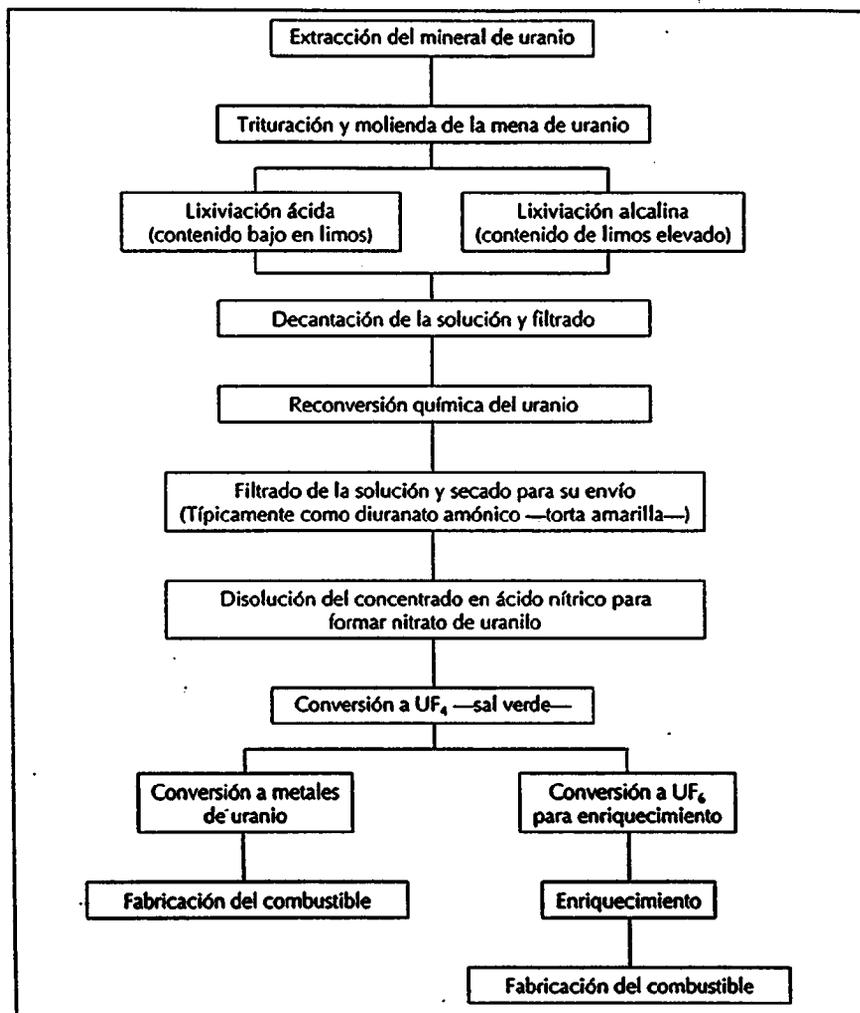
dos métodos de separación física (decantación o flotación, floculación), disolución y lixiviado. El método de lixiviado generalmente depende del contenido de limo en la mena. Este proceso culmina con un proceso de recuperación conseguido por precipitación química, intercambio iónico o extracción de la disolución. El resultado es un polvo seco (generalmente sales de sodio) que contiene entre el 70 y el 90% de óxido de uranio (U_3O_8). Cuando el uranio se encuentra en forma de diuranato amónico recibe el sobrenombre de «torta amarilla».

La masa de los hijos radiativos del uranio permanece en la pulpa de la cual se ha extraído el uranio. Esta pulpa se traslada hacia un sistema de retención (escombreras) las cuales contienen dos tipos de material: 1) residuos filtrados y limos; y 2) una solución de estériles colados. En estas escombreras se asientan los sólidos, la actividad de vida corta decae y los líquidos o bien se purifican, filtran y neutralizan antes de su vertido a los ríos locales, o se permite que el agua se evapore. El residuo final de este proceso contiene, inevitablemente, una gran cantidad de radio y sus hijos radiativos. La tasa de emanación dependerá tanto del área de exposición superficial como de las condiciones meteorológicas, especialmente de la velocidad del viento.

Si los materiales de estas escombreras son posteriormente empleados como materiales de construcción (carreteras, edificios, como ocurrió por cierto, en el suroeste del estado norteamericano de Colorado), pueden presentarse

CUADRO 4

ETAPAS EN EL TRATAMIENTO DEL URANIO HASTA LA FABRICACION DEL COMBUSTIBLE NUCLEAR.
(Traducido de R. J. Pentreath, 1980)



graves problemas adicionales de contaminación. Por ello muchos países han desarrollado una legislación específica para la estabilización de las escombreras con capas de suelo, láminas de hormigón, asfalto, u otras capas de protección, e incluso la consideración de almacenar estos materiales en el interior de minas secas.

2.2.1. Conversión a hexafluoruro de uranio (UF_6): proceso de purificación.

El uranio del combustible del reactor debe estar especialmente libre de impurezas (Si, Fe, S, Co, Th, V y otros) y reducir todos los elementos que posean una alta capacidad para absorber neutrones (cadmio, boro, etc.), por ello los concentrados de uranio son químicamente purificados (generalmente mediante disolución en ácido nítrico), obteniéndose nitrato de uranio, el cual es posteriormente convertido a tetrafluoruro de uranio (comercialmente conocido como «sal verde»). Los tratamientos subsiguientes dependen del tipo de combustible que haya que fabricar (Cuadro 4). Esta «sal verde» puede ser reducida a metales de uranio o convertida en óxidos de uranio o hexafluoruro de uranio (UF_6) que es la forma de entrada al proceso de enriquecimiento posterior.

En España no existen industrias de conversión del óxido de uranio en hexafluoruro de uranio (purificación), el óxido de uranio extraído en las minas se lleva a Francia o Inglaterra para su conversión a hexafluoruro. Cabe decir que todo este proceso aunque no difiere de cualquier otro proceso químico, tiene asociados sus riesgos ya que el UF_6 es un gas extremadamente reactivo y altamente corrosivo, que sublima a una temperatura por encima de los 56,4 grados centígrados.

2.2.2. Enriquecimiento isotópico del UF_6

Aunque existen algunos reactores que funcionan con uranio natural (aquellos refrigerados por agua pesada) el mayor número de reactores funciona con un 2 a 4% de uranio enriquecido. El enriquecimiento consiste en aumentar artificialmente la proporción del isótopo U-235 (cuya abundancia natural es el 0,07%) a partir del U-238, constituyente mucho más abundante en la corteza terrestre. Al igual que en el caso de la conversión de UF_6 , este proceso se lleva a cabo en una planta de enriquecimiento (por difusión gaseosa o centrifugación gaseosa). Sobre este proceso no se considera oportuno insistir más, al no existir en España instalaciones de este tipo.

2.2.3. Fabricación del combustible del reactor nuclear

El proceso tecnológico empleado para la fabricación del combustible se divide en dos operaciones básicas:

1. Conversión química del UF_6 en UO_2 .
2. Proceso mecánico que incluye la fabricación de las pastillas de uranio y del elemento combustible (encapsulado en barras y ensamblaje de los elementos combustibles).

De estas dos operaciones sólo la segunda se lleva a cabo en España. En la primera, el uranio enriquecido es convertido en dióxido de uranio para su uso en reactores PWR y BWR. Consiste en un proceso húmedo que implica el uso del hidróxido de amonio para formar un diuranato amónico intermedio, que a su vez da lugar al óxido de uranio (UO_2). Existe una alternativa a través de procesos secos.

El segundo proceso consiste en la elaboración de los elementos combustibles. El óxido combustible es sinterizado (compresión bajo calor) en rodajas o en forma de pequeñas pastillas o pequeñas esferas rodeadas de carbón. Existe una amplia variedad de técnicas para elaborar las pastillas de uranio, las cuales deben ser tan densas como sea posible. Estas pastillas de combustible son revestidas por finas vainas metálicas comúnmente hechas de Zircaloy-4 o en ocasiones de acero inoxidable. Los elementos combustibles son ensamblados dentro de una estructura que permite una configuración cuidadosamente diseñada y que suele ser específica para cada tipo de reactor nuclear.

Ninguna de esas operaciones difiere en su impacto ambiental de cualquier otra planta metalúrgica especializada de complejidad comparable, excepto que el proceso de control de calidad y los procedimientos de recolección del polvo son superiores. Uno de los principales peligros del uranio es su toxicidad química (similar a la del plomo). Debe tenerse un cuidado especial en evitar que sea almacenado en cantidades suficientes como para alcanzar la criticidad. Precauciones especiales se aplican cuando se incorpora plutonio en el combustible, ya que la alta toxicidad de éste implica cuidados muy específicos en el manejo por control remoto y purificación de los efluentes.

2.2.4. Generación de energía y quemado en el reactor nuclear

El uso del combustible en el reactor nuclear supone la única fase productiva del ciclo del combustible nuclear. La central nuclear, como la mayoría de los centros de producción de energía eléctrica, está distante de los lugares de consumo (ciudades, industrias, etc.). Como la energía eléctrica no puede ser almacenada en grandes cantidades (como ocurre con otros productos energéticos, carbón, gas natural, petróleo), debe ser consumida en el mismo momento en el que se produce. La forma de llevar la energía eléctrica de los centros de producción a los centros de consumo es mediante una red eléctrica. Esta red también puede producir ciertos efectos ambientales. Los efectos ambientales de las centrales nucleares han sido objeto de la clase precedente.

Del resto de las actividades del ciclo de combustible:

- REPROCESAMIENTO DEL COMBUSTIBLE IRI DIADO
- CONVERSION DEL URANIO EN UF_6 PARA RE CLARLO en una planta de difusión gaseosa para enriquecimiento posterior.
- GESTION DE RESIDUOS RADIATIVOS de alta baja actividad, incluyendo almacenamientos a l. go plazo.
- ACTIVIDADES DE TRANSPORTE asociadas con movimiento de materiales radiactivos desde y hacia cualquiera de las actividades señaladas.

Sólo las dos últimas se llevan a cabo en España.

El transporte del combustible a los reactores es objeto de las legislaciones y regulaciones específicas que se aplican al transporte de todas las sustancias radiactivas. Estas regulaciones, aunque suelen estar basadas en las recomendaciones del OIEA (Organización Internacional para la Energía Atómica), difieren entre un país y otro, son inevitablemente muy complejas debido a la variedad de sustancias radiactivas que se emplean en nuestros días, y está siendo objeto de actualizaciones constantes. La legislación española al respecto se encuentra en el Decreto 1754/76, Decreto 2101/76, Real Decreto 1999/79, Real Decreto 1677/80, Real Decreto 2619/81 y Real Decreto 1723/84 para el transporte por carretera. El transporte por ferrocarril se regula por Real Decreto 881/84, y el transporte vía aérea por Real Decreto 1749/84, y Orden de 28 de diciembre de 1990.

3. CLASIFICACION DE LOS RESIDUOS RADIATIVOS

En teoría existen muchas maneras de clasificar los residuos radiactivos:

1. Por su estado físico
2. Por su forma química
3. Por su contenido radiactivo
4. Por el tipo de radiación emitida (alfa, beta, gamma, ...)
5. Por su período de semidesintegración o vida media, etc.

En España se ha optado por clasificarlos según su estado físico (sólido, líquido o gaseoso) y su radiactividad (alta, media o baja).

Los residuos radiactivos de alta actividad consisten en los elementos combustibles gastados de las centrales nucleares, y residuos procedentes del reprocesamiento de dicho combustible. Entre una tercera y una cuarta parte del combustible de un reactor nuclear debe ser reemplazado cada año. El combustible gastado es altamente radiactivo y consecuentemente muy caliente. En su manejo son necesarias técnicas de control remoto. El combustible gastado sin reprocesar permanecerá siendo más tóxico que la mena de uranio original durante tres millones de años (Pollack, 1986; OTA, 1985).

Los residuos radiactivos de media y baja actividad se originan en todas las etapas del ciclo del combustible nuclear.

clear y en las aplicaciones con isótopos radiactivos (médicas, industriales, de investigación, etc.).

4. VOLUMENES DE RESIDUOS RADIATIVOS GENERADOS EN LAS DIVERSAS ACTIVIDADES DEL CICLO DE COMBUSTIBLE NUCLEAR

Varían básicamente según:

- grado de enriquecimiento del combustible
- porcentaje de recuperación
- tipo de reactor
- técnicas de tratamiento y acondicionamiento de los residuos empleadas.

Como referencia: por cada 1000 Mwe/año en reactores LWR, y sin reproceso, incluyendo el desmantelamiento y clausura de los reactores nucleares se generan en España aproximadamente:

- 59.000 metros cúbicos de estériles y fabricación de concentrados
- 500 metros cúbicos de residuos de media y baja actividad
- 45 metros cúbicos de residuos de alta actividad.

En el Tercer Plan General de Residuos Radiactivos elaborado por ENRESA en 1991 (MIE, 1991), se ofrecían las siguientes cifras (en metros cúbicos) sobre la cantidad de residuos que se generan en todo el programa nuclear:

- Estériles de minería - 400 millones de toneladas.
- Estériles de planta de tratamiento - 34 millones de toneladas.
- RR de baja y media actividad - 212.410 metros cúbicos (la mitad procedería del desmantelamiento de centrales nucleares, y un 3% de las aplicaciones de isótopos).
- RR de alta actividad - 11.680 metros cúbicos.

5. FASES DE LA GESTION DE RESIDUOS RADIATIVOS

El objetivo final de la gestión de residuos radiactivos se define en el Segundo Plan General de Residuos Radiactivos (MIE, 1989) como «... su inmovilización y aislamiento del entorno humano, por un período de tiempo y en condiciones tales que cualquier liberación de los radionucleidos contenidos en los mismos no suponga un riesgo radiológico inaceptable para las personas ni para el medio ambiente. Por otra parte, esta gestión debe garantizar que las cargas de todo tipo para las generaciones futuras sean mínimas».

La consecución de este objetivo se ha basado en una serie de estrategias técnicas que impidan o retarden la llegada de radionucleidos al medio ambiente hasta que haya perdido su actividad. Dichas estrategias consisten en la interposición de una serie de barreras entre el residuo y el ambiente.

La gestión de los residuos radiactivos se inicia con el tratamiento.

1. **TRATAMIENTO.** Su objetivo es separar la fase activa contenida en el residuo, reduciéndola al menor volumen posible. La fase inactiva se dispersa en el medio ambiente.
2. **ACONDICIONAMIENTO.** Consiste en la inmovilización de la parte activa en una matriz sólida:

La matriz sólida empleada difiere de unos residuos a otros. Para los residuos radiactivos de baja y media actividad se emplean cemento, asfalto y polímeros. Los residuos radiactivos de alta actividad se inmovilizan mediante vidrios o estructuras cerámicas.

Se considera que este proceso de acondicionamiento interpone una primera barrera («barrera química») entre el residuo y el ambiente exterior.

3. **AISLAMIENTO.** Mediante estructuras de ingeniería diseñadas y localizadas de forma que se garantice su confinamiento durante el tiempo suficiente.

El aislamiento del residuo se intenta producir empleando una serie de barretas de confinamiento:

Una primera barrera o barrera física consiste en inmovilizar el residuo en contenedores para evitar su contacto con los elementos del medio exterior y evitar su dispersión.

Objetivo: Retener la radiactividad en el residuo, impidiendo su movilización.

Opción técnica más frecuente: Hormigonado del residuo en bidones metálicos normalizados para los de baja actividad, y recipientes metálicos especiales para los residuos de alta actividad.

La segunda barrera (también artificial) está constituida por la instalación donde se colocan los residuos.

Objetivo: Impedir el acceso del agua a los residuos, y su liberación al terreno.

Opción técnica más frecuente: Construcción de una instalación de almacenamiento en la cual introducir los bultos. Las estructuras, blindajes y sistemas diversos de dicha instalación se diseñan en función de las características de los residuos que van a ser almacenados.

La tercera barrera o barrera geológica (natural) la constituye el medio de la corteza terrestre donde se construye la instalación. Su misión es retener o retardar el acceso de los radionucleidos al hombre en el caso de que las barreras anteriores fallen o se deterioren.

Objetivo: Impedir la migración de radionucleidos liberados del almacenamiento a través del terreno.

Opción técnica: Situar la instalación del almacenamiento en formaciones geológicas favorables, por sus características de retención.

6. FASES DE LICENCIAMIENTO DE UNA INSTALACION DE ALMACENAMIENTO DE RESIDUOS RADIATIVOS

Las fases de licenciamiento de una instalación de almacenamiento de residuos radiactivos se encuentran recogidas en el Reglamento de Instalaciones Nucleares y Radiactivas (Real Decreto 2869/1972 y se desarrollan con

mayor detalle en el borrador de la nueva revisión de dicho reglamento.

1. Las instalaciones temporales de almacenamiento permanente de residuos radiactivos pueden requerir las siguientes autorizaciones:
 - Autorización de emplazamiento.
 - Autorización de construcción.
 - Autorización de verificación preoperacional.
 - Autorización de puesta en marcha.
 - Autorización de clausura.
 - Seguimiento Institucional.
2. Las instalaciones definitivas de almacenamiento permanente de residuos radiactivos pueden requerir las siguientes autorizaciones:
 - Autorización de emplazamiento potencial.
 - Autorización de emplazamiento.
 - Autorización de construcción.
 - Autorización de verificación preoperacional.
 - Autorización de puesta en marcha.
 - Autorización de cierre y sellado.
3. Para que una instalación de almacenamiento de residuos radiactivos pueda ser considerada de carácter temporal, el sistema de almacenamiento previsto deberá posibilitar la retirada total de los residuos, durante el funcionamiento de la instalación si fuera necesario, y en todo caso en el momento de la clausura.
4. Los criterios para el almacenamiento de residuos, y las definiciones, clasificaciones, y características de los diferentes tipos de residuos radiactivos, mientras no haya una legislación específica en España, seguirán los criterios y recomendaciones establecidas por el Organismo Internacional para la Energía Atómica (OIEA).

7. CLASIFICACION LEGAL DE LAS INSTALACIONES QUE CONTIENEN SUSTANCIAS RADIATIVAS

A. INSTALACIONES NUCLEARES.

- Centrales y reactores nucleares (estructuras que puedan producir fisión)
- Fábricas que empleen combustible nuclear para producir sustancias nucleares
- Instalaciones de almacenamiento de residuos.

B. INSTALACIONES RADIATIVAS.

- Cualquiera que contenga una fuente de radiación ionizante.
 - a) De primera categoría:
 - Fábricas de producción de U, Th y sus compuestos.
 - Fábricas de producción de elementos combustibles.
 - Instalaciones industriales de irradiación.

b) De segunda categoría:

- Instalaciones donde se manipulen o almacenen nucleidos radiactivos de un determinado valor.
- Instalaciones que utilicen aparatos de rayos X con tensión pico superior a 200 KV.
- Aceleraciones de partículas.
- Instalaciones donde se utilicen fuentes de neutrones.

c) De tercera categoría:

- Instalaciones donde se manipulen sustancias radiactivas por debajo de los valores que especifican las leyes.
- Instalaciones de rayos X cuya tensión pico sea inferior a 200 KV.

8. RESIDUOS RADIATIVOS DE MEDIA Y BAJA ACTIVIDAD: CRITERIOS DE SELECCION DE EMPLAZAMIENTOS PARA SU EMPLAZAMIENTO

Existen básicamente dos opciones:

A. ALMACENAMIENTOS POCO PROFUNDOS (Según OIEA, 1981).

B. CAVIDADES ROCOSAS (Según OIEA, 1983).

Los criterios empleados para la selección de emplazamientos de estos dos tipos se contemplan a continuación indicando si se trata de criterios para almacenamientos poco profundos (A) o en cavidades rocosas (B).

1. Criterios Generales.

Debe ser posible caracterizar las propiedades receptoras del medio geológico en la proximidad del emplazamiento para que pueda predecirse su comportamiento (B).

2. Hidrogeología.

El almacenamiento estará construido de manera que no quede comprometido el aislamiento hidrogeológico de los residuos (B).

El tiempo de residencia de los radionucleidos en el agua subterránea será lo bastante largo como para que se produzca un suficiente decaimiento radiactivo. Las condiciones hidrogeológicas serán suficientemente sencillas para que la predicción del tiempo de residencia sea fiable (A).

Las características hidrogeológicas de la roca receptora y el régimen hidrogeológico del medio deben favorecer el aislamiento de los residuos (B).

La circulación del agua subterránea no debe conducir rápidamente a vías públicas de agua o acuíferos de uso potencial o áreas muy permeables de roca fracturada (A).

La capa freática a su más alto nivel estará por debajo del almacenamiento al menos unos cuantos metros. La unidad hidrogeológica será tal que las variaciones importantes del nivel freático sean poco probables (A).

3. Geoquímica.

Es ventajoso que la roca receptora y las barreras geológicas retrasen la migración de radionucleidos (B).

Las características físico-químicas y químicas del medio geológico deben limitar el transporte de los radionucleidos (A).

4. Geomorfología y fenómenos de superficie.

Los residuos estarán situados a suficiente profundidad para que no queden expuestos a la biosfera antes de haber decaído suficientemente (B).

La superficie del emplazamiento debe estar libre de agua superficial y será estable en relación con la geomorfología. No debe estar sujeto a inundaciones (A).

5. Sociales y ecológicos.

La aceptabilidad de una formación debe basarse en su frecuencia y su valor económico (B).

Deben analizarse las repercusiones sobre el uso del suelo (A).

Deben predecirse, estimarse y evaluarse los efectos sobre el medio (químicos, físicos y biológicos). (A)

El emplazamiento debe ser propiedad del Gobierno para asegurar el control de su uso a largo plazo. (A)

9. RESIDUOS RADIATIVOS DE ALTA ACTIVIDAD

9.1. Objetivos fundamentales de la disposición final de residuos de alta actividad

Aislar los residuos de la biosfera el tiempo requerido, de manera que no transmita a las generaciones futuras la responsabilidad de mantener la integridad del sistema de almacenamiento y sin imponer restricciones significativas debido a la existencia del mismo.

Asegurar en todo momento el cumplimiento de los requisitos de protección radiológica a nivel internacional, tanto para el hombre como para el medio ambiente.

9.2. Opciones técnicas para su almacenamiento

1. FORMACIONES GEOLOGICAS FAVORABLES:

- Evaporíticas (formaciones salinas)
- Sedimentarias (formaciones arcillosas)
- Cristalinas (formaciones graníticas, tobas volcánicas, otras)

Formaciones geológicas submarinas, bajo los sedimentos de fondos marinos profundos.

2. TIPOS DE ALMACENAMIENTO CONSIDERADOS:

Formaciones continentales:

- Galerías de mina a uno o varios niveles (de 500 a 1.000 metros de profundidad)
- Profundos agujeros hechos desde superficie (varios kilómetros de profundidad)

Formaciones marinas:

- Depósito por caída libre de un contenedor especialmente diseñado
- Depósito en agujeros hechos en el fondo marino desde la superficie

3. OTRAS OPCIONES DE LA GESTION DE RR

- Lanzamiento al espacio exterior.
- Disposición bajo los casquetes polares.
- Transmutación nuclear.

9.3. Criterios de selección de emplazamientos para el almacenamiento de residuos radiactivos en formaciones geológicas profundas

Según OIEA: 1983 Safety Series 60.

1. Criterios Generales.

Debe evaluarse todo el marco geológico, lo que incluye la litología, estratigrafía, hidrogeología, geoquímica y recursos naturales.

2. Litología - estratigrafía.

El emplazamiento debe situarse en una formación suficientemente grande para contener las instalaciones de almacenamiento, un volumen de resguardo bajo la superficie y un área de exclusión sobre ella, de dimensiones adecuadas.

El emplazamiento debe estar situado en un medio geológico, con una litología y una profundidad adecuadas para las categorías y cantidades de residuos previstas.

3. Sismología - tectónica.

Debe demostrarse que los terremotos potenciales no tienen impacto inaceptable sobre el aislamiento de los residuos.

El almacenamiento debe estar situado en áreas de baja actividad sísmica y tectónica, suficientemente alejadas de áreas de alta actividad para asegurar que la integridad del almacenamiento no corre peligro.

Deben evitarse áreas con alto gradiente geotérmico o con evidencias de actividad volcánica reciente.

4. Hidrogeología.

El almacenamiento estará construido de manera que no quede comprometido el aislamiento hidrogeológico de los residuos.

Las condiciones del medio hidrogeológico deben tender a restringir la circulación de agua en el almacenamiento.

5. Geomorfología y fenómenos de superficie.

Debe asegurarse que los medios geomorfológicamente inestables, las condiciones climáticas extremas y otros procesos que puedan afectar a la superficie, no influirán significativamente en el comportamiento de las barreras de ingeniería.

6. Sociales y ecológicos.

Debe considerarse la localización de recursos geológicos valiosos actuales o potencialidades futuras. La necesidad del emplazamiento debe contrastarse con la disponibilidad de los recursos en el presente y en el futuro.

La localización de almacenamiento debe tener en cuenta la presencia de características naturales y artificiales que puedan generar inestabilidad estructural.

La localización debe optimarse para que los efectos adversos sobre el medio sean tan bajos como sea razonable.

10. ESTRATEGIA ACTUAL DE ENRESA

ESTERILES : Se mantendrán en sus lugares actuales aisándose en lo posible mediante recubrimientos y revegetación.

Estériles de minería, se acumulan a pie de mina. Su gestión deberá formar parte de las actividades de restauración a llevar a cabo cuando finalice la actividad minera.

Estériles de tratamiento de minerales, tratamiento por:

Procesos físicos : eras de lixiviación, suelen estar cercanas a la mina.

Procesos químicos: los estériles y limos se acumulan en las inmediaciones de la planta de tratamiento.

BAJA Y MEDIA : Almacenamientos definitivos, con vigilancia institucional de unos 100 años. El sistema seleccionado por ENRESA para el almacenamiento de estos residuos es el almacenamiento a poca profundidad con barreras de ingeniería interpuestas (1).

ALTA:

— Almacenamientos temporales centralizados durante 20 a 30 años. Esta opción contempla una combinación entre almacenamiento en seco (contenedores metálicos) y almacenamiento en piscina.

— Almacenamientos definitivos, con vigilancia institucional de unos 50 años.

REFERENCIAS

- ALONSO, J. (1989): *Los almacenamientos de residuos de actividad específica baja y media: soluciones técnicas y criterios de seguridad*. Curso sobre gestión de residuos radiactivos. Organizan Universidad Politécnica de Madrid, CIEMAT e Instituto J.A. Artigas.
- CSN (1985): *Criterios objetivos para la selección de emplazamientos para el almacenamiento definitivo de residuos radiactivos*. Informe del CSN al Congreso de los Diputados, segundo semestre 1985.
- DECRETO 1754/76, de 6 de febrero. Reglamento Nacional para el Transporte de Mercancías Peligrosas por Carretera. B.O.E. 26 de Julio y S.S..
- DECRETO 2101/76, de 10 de agosto. Aplicación del Reglamento del 6 de Febrero-1976. B.O.E. de 9 de Septiembre.
- EICHHOLZ, G.G. (1976): Environmental aspects of nuclear power. *Ann Arbor Science*.
- MIE (1989): *Segundo Plan General de Residuos Radiactivos*. Texto aprobado en Consejo de Ministros el día 13 de enero de 1989. Ministerio de Industria y Energía. Madrid.
- MIE (1991): *Tercer Plan General de Residuos*. Anexo 2 al Plan Energético Nacional 1991-2000. Ministerio de Industria y Energía. Madrid.
- OIEA (1981): Shallow ground disposal of radioactive wastes. *Safety Series*. Num. 53.
- OIEA (1983): Disposal of low and intermediate level solid radioactive wastes in rock cavities. *Safety Series*. Num. 59.
- OIEA (1983): Criteria for underground disposal of solid radioactive wastes. *Safety Series*. Num. 60.
- ORDEN de 28 de diciembre de 1990. Actualización del Reglamento Nacional para el Transporte sin Riesgos de Mercancías Peligrosas por Vía Aérea. B.O.E. del 23 de enero de 1991.
- OTA (1985): Office of Technology Assessment (OTA), U.S. Congress. *Managing the Nation's Commercial High-Level Radioactive Waste*. Washington, D.C.: U.S. Government Printing Office.
- PENTREATH, R.J. (1980): *Nuclear power, man and the environment*. Taylor & Francis LTD. London.
- POLLOCK, C. (1986): *Decommissioning nuclear power plants*.
- En: Brown, L. y otros (1986) State of the world, 1986. A. Worldwatch Institute Report on Progress Toward a Sustainable Society. W.W. Pp.: 119-138. Norton & Company.
- REAL DECRETO 1522/1984, de 4 de julio por el que se autoriza la constitución de la «Empresa Nacional de Residuos Radiactivos, S.A.» (ENRESA). B.O.E. de 22 de agosto.
- REAL DECRETO 1999/79, de 29 de junio. Modifica Reglamento de 6 de febrero de 1976 (B.O.E. 22 de agosto y S.S.) sobre Transporte de Mercancías Peligrosas por Carretera.
- REAL DECRETO 1677/80, de 29 de agosto. Modifica Reglamento de 29 de junio de 1979. B.O.E. de 1 de septiembre.
- REAL DECRETO 2619/81, de 19 de junio. Determina Autoridades Competentes y crea Comisión Interministerial de Coordinación en materia de Transporte de Mercancías Peligrosas por Carretera. B.O.E. de 6 de noviembre.
- REAL DECRETO 1723/84, de 20 de junio. Modifica el Reglamento de 29 de junio de 1979. B.O.E. de 25 de septiembre.

(1) La autorización de la instalación de almacenamiento de El Cabril es una Autorización de almacenamiento temporal.

REAL DECRETO 881/84, de 5 de marzo. Reglamento Nacional de Transporte de Mercancías Peligrosas por Ferrocarril. B.O.E. de 24 de mayo.

REAL DECRETO 1749/84, de 1 de agosto. Reglamento Nacional de Instrucciones Técnicas para el Transporte sin Riesgos de Mercancías Peligrosas por Vía Aérea. B.O.E. de 31 de diciembre.

REAL DECRETO 2869/1972, Reglamento de Instalaciones Nucleares y Radiactivas. B.O.E. de 21 de julio de 1972.