

Tema 50. Los impactos ambientales de las actividades humanas. Los grandes impactos globales.

E.S.O. Bloque 9. Los seres humanos principales agentes del cambio. (4º ESO)
2ª Bach. Ciencias de la Tierra y del Medio Ambiente. Bloque I. Tema 2

50.1. Crecimiento de población y deterioro del medio ambiente

50.2. Los impactos ambientales de las actividades humanas

50.2.1. El impacto ambiental. Caracterización de los impactos

50.2.2. Contenido del estudio del impacto ambiental y proyectos a los que debe aplicarse

50.2.3. Métodos de evaluación de impactos

50.2.4. Impacto ambiental sobre el clima

50.2.5. Impacto ambiental sobre la biodiversidad

50.2.6. Impacto ambiental de la energía nuclear

50.2.7. Impacto ambiental sobre los recursos hídricos (Consultar tema 12)

50.2.8. Otros impactos ambientales

50.3. Reflexión final

50.1. Crecimiento de población y deterioro del medio ambiente

La demografía, entendida como el número de seres humanos y su ritmo de crecimiento, es uno de los principales factores del deterioro medioambiental, del agotamiento de recursos poco o nada renovables y de los daños irreversibles infligidos a la biosfera. De ahí que la limitación del crecimiento demográfico humano aparezca como una de las primeras medidas que se suelen proponer.

La progresiva estabilización del número de habitantes es objetivo indiscutible de la comunidad internacional por una amplia variedad de razones. Entre ellas destaca la contradicción entre la inversión económica destinada a mejorar los niveles de bienestar de la población, y la llamada **inversión demográfica**, destinada simplemente a mantener dichos niveles para un número creciente de habitantes.

Suponiendo que la reducción del crecimiento demográfico fuera el remedio para el deterioro medioambiental, aquella sería demasiado lenta ante la gravedad y urgencia de los problemas ecológicos. Aunque se lograra reducir inmediatamente la fecundidad mundial a niveles de reemplazo simple (dos hijos por pareja) y mantener dicho nivel en adelante, la población mundial seguiría creciendo por los efectos de la actual estructura por edades y por los de la esperada mejora de la esperanza de vida antes de estabilizarse en un número de habitantes que casi duplicaría el actual. Parece que no podemos esperar demasiado de esta solución.

Resulta además que no siempre que ha habido una elevada densidad de población, ha dado como resultado el deterioro del medio ambiente. Por el contrario, episodios de predación intensa e incluso exterminio ecológico se han dado y se siguen dando en lugares muy poco poblados, por iniciativa, casi siempre, de promotores externos y no precisamente por motivaciones de supervivencia.

En general, cada sociedad ha perseguido una adaptación entre demografía y recursos; esto ha provocado la modificación radical del paisaje, el agotamiento de determinados recursos y la desaparición de especies a nivel local e incluso global. De hecho, nada de lo que ocurre ahora es totalmente nuevo, sólo lo son la magnitud y velocidad de los factores en juego: es la eficacia y violencia de los medios empleados en la destrucción de la naturaleza, la interconexión entre economías y territorios, la división de los países en ricos y pobres.

Este último factor es totalmente decisivo. No puede hablarse del binomio población-recursos a nivel mundial cuando existen diferencias tan grandes entre distintos países; el desarrollo de los países ricos actualmente se hizo sin trabas conservacionistas. La explosión demográfica de los países pobres (que es también la explosión demográfica mundial), así como buena parte de la degradación ambiental, son resultado de un contacto con los países desarrollados establecido desde la dependencia.

- Baja su mortalidad pero no su fecundidad, generando miseria que empuja a una utilización desesperada e irracional de los recursos naturales.
- Disponen de sofisticados medios técnicos para explotar la naturaleza, pero no controlan su economía.
- Cada vez les es más difícil emigrar a los países ricos.

Las regiones del mundo con mayor tasa de crecimiento demográfico están experimentando rápidos cambios, sobre todo en las tierras agrícolas, y están destruyendo los hábitats naturales.

La presión sobre los recursos naturales es función del consumo global y éste depende del consumo medio y del número de habitantes. Por lo tanto, se puede aliviar la presión actuando sobre el crecimiento de la población o sobre el **crecimiento del consumo**. En los países desarrollados, al revés de lo que sucede en los subdesarrollados, disminuye la población y tienen un consumo elevado y creciente. El sobreconsumo presiona sobre los recursos globales, y genera una gran cantidad de contaminación y desechos.

La rápida industrialización de ciertas zonas favorece grandes flujos migratorios que acentúan los problemas ambientales y sociales. El crecimiento demográfico combinado con el incremento del consumo puede acarrear un desastre económico y ambiental.

El problema de la presión humana sobre los recursos debe pensarse sobre presupuestos no sólo demográficos. Hay que apoyar la reducción desmesurada del incremento de población de algunos países en desarrollo. Hay que tender a una mayor convergencia económica entre países ricos y pobres, cooperando al desarrollo, promoviendo los intercambios sobre bases justas y también reclamando una razonable apertura de fronteras y la admisión de flujos migratorios controlados.

Entre las medidas que a nivel personal pueden emprenderse citamos las siguientes:

- obrar por una sociedad ambiental, social y culturalmente sostenible, a nivel local y global;
- defender el acceso universal a la formación y a la educación;
- formular estrategias destinadas a conservar y mejorar las condiciones de vida y satisfacer las necesidades de personas y de las comunidades;
- fomentar políticas que favorezcan la paternidad responsable y la igualdad de sexos en las responsabilidades domésticas;
- ejercer a diario el derecho de participación en todos los asuntos cotidianos, en el diseño, la realización y el seguimiento de políticas y programas que afecten a la comunidad en la que cada uno vive;
- dar prioridad a las inversiones en los servicios básicos de salud, saneamiento y agua potable;
- reducir el consumo personal de recursos naturales y de productos superfluos.

50.2. Los impactos ambientales de las actividades humanas

Jonathan Weiner, autor del best sellers Planeta Tierra, plantea cinco puntos, a su juicio, más relevantes a considerar a propósito del impacto que la actividad humana está provocando en el planeta.

1. Los elementos de la Tierra se están modificando con mayor rapidez de como lo han hecho durante por lo menos diez mil años, desde el final de la última glaciación.
2. Los elementos de la Tierra que están modificándose con mayor rapidez son la biosfera y la atmósfera que afectan a todo ser vivo de la biosfera, a través de las condiciones meteorológicas y el clima.
3. Nuestra especie desconoce su propia fuerza, ya que le estamos dando un nuevo giro a las condiciones de nuestro planeta.
4. Es cada vez más difícil calibrar, actualmente, si un cambio en nuestra planeta es natural o artificial. Dado el estado actual de nuestros conocimientos resulta complicado aventurar cómo estaría cambiando el mundo si nuestra especie no existiera.
5. El cambio global progresa con más rapidez de la que nosotros estamos aprendiendo a comprenderlo.

Sobre cuáles son las actividades que más dañan nuestro entorno existen muchas valoraciones distintas. El creador de la doctrina Gaia (James Lovelock), las resume en tres palabras: "coches, vacas y sierras mecánicas". Sostiene que la tierra es un organismo vivo en el que todo está interrelacionado.

Vacas

La dieta carnívora de la sociedad occidental está causando graves daños al medio ambiente planetario. Según una organización americana para la investigación ambiental (Worldwatch Institute), la producción de carne se cuadruplicado desde 1950. Este crecimiento ha traído la deforestación, erosión de los suelos, contaminación de las aguas con nitratos, además de la emisión de CH₄, que junto con el CO₂ y los CFC provoca el efecto invernadero.

Sierras mecánicas

Cada árbol que se tala contribuye al cambio climático. Esta contribución es, para Weiner, a perpetuidad. La tala de las selvas tropicales conlleva además la extinción de la diversidad biológica (biodiversidad).

Coches

Se supone que el crecimiento anual de automóviles, al menos hasta el año 2010, será como mínimo de 15 millones de vehículos. La emisión de sus gases puede acelerar los cambios climáticos provocados por el efecto invernadero. El CO puede estar dañando gravemente la estabilidad de la química atmosférica.

Cubos de basura

A mayor grado de desarrollo se genera más basura. Se calcula que la cantidad anual de desechos domésticos de las ciudades equivale entre cinco y diez veces el peso de sus habitantes. Vertederos e incineración están siendo cuestionados por su volumen y contaminación.

Los expertos señalan que por razones de contaminación de las capas freáticas próximas a los puntos de vertido y por las emanaciones atmosféricas de las incineradoras es urgente cambiar de hábitos. Las soluciones apuntan hacia el reciclaje y la sustitución de materiales hacia otros inofensivos para la naturaleza.

Residuos radiactivos

Es una de las peores contaminaciones que ha generado el hombre. Se generan unos 200.000 m³/año de residuos radiactivos en todo el mundo. Los hay de alta, media y baja radiactividad. Los de alta constituyen una amenaza para la vida durante 240.000 años.

Población

La superpoblación puede ser una de las principales causas del caos ecológico. Se estima que para el año 2025 habrá unos 8.500 millones de personas en el mundo. Los países árabes duplicarán su población en menos de 20 años.

CFC

El agujero de ozono y el efecto invernadero son dos caras de la misma moneda. Los CFC (clorofluorocarbonados) no sólo destruyen la capa de ozono, sino que también producen el efecto invernadero. Aunque se haya prohibido su producción, la cantidad de cloro que hay en la atmósfera, según los expertos, es seis veces superior a la que había a comienzos de siglo.

Chimeneas

Los seres humanos producimos cien veces más CO₂ al aire que todos los volcanes del mundo. Por cada persona, actualmente, se emite una tonelada de carbono/año. Esta distribución no es, ni mucho menos, uniforme ya que en los países industrializados se quema el 90 % de todo el combustible. El aire que hay por encima del polo Norte contiene unas pocas partes por millón más de CO₂ que el que se encuentra sobre el polo Sur.

Pesticidas

Estas sustancias químicas se han vuelto en contra nuestra. Para la bióloga Rachel Carson su nombre debería ser el de biocidas.

La habilidad del hombre para alterar el planeta ha sido debidamente comprobada. Nos encontramos ante una oportunidad única de orientar esta habilidad hacia una tarea a gran escala de gestión de las fuentes de la vida en la Tierra, sobre una base sostenible que combine los imperativos de desarrollo y conservación.

50.2.1. El impacto ambiental. Caracterización de los impactos

El **desarrollo sostenido** se refiere a la utilización racional de los recursos para hacer frente a las necesidades básicas de todos los humanos. Si algún proyecto de desarrollo perjudica a los bosques, o el suelo, o el agua, o el aire limpio, no es un verdadero desarrollo. Muy a menudo es la búsqueda del beneficio inmediato en nombre del desarrollo, que no sólo daña los ecosistemas, sino que además afecta especialmente a los más pobres.

La distinción entre riesgos, intervenciones e impactos parece muy clara sobre el papel: los riesgos son naturales, mientras que las intervenciones y los impactos son debidos a la actividad humana. Un análisis más detallado nos obliga a difuminar esta clasificación, ya que los efectos de una catástrofe no suelen guardar una relación exclusiva con la energía liberada por el fenómeno natural. De forma que, si riesgos, intervenciones e impactos son diferentes en sus causas, están profundamente relacionados en sus efectos.

Se entiende por **impacto ambiental** a cualquier tipo de alteración favorable o desfavorable, sobre el medio ambiente o algunos de sus componentes, derivada de una determinada actividad.

La sistematización de los impactos puede recibir distintos calificativos: Directos o Indirectos; a corto o largo plazo; reversible o irreversibles; acumulativos o sinérgicos, etc. Una clasificación sencilla y representativa, aunque básica, es la de calificar a los impactos como positivos y negativos o favorables y desfavorables. Se considera que el impacto es nulo cuando no hay alteración, cosa poco probables.

La primera regla sobre intervenciones e impactos es no llegar nunca a la proximidad de los umbrales de los sistemas geológicos que pueden sufrir transformaciones catastróficas y, a veces, irrecuperables.

La Ley de Política Nacional del Medio Ambiente (NEPA) de 1969 de los EE.UU. de América, es el gran precedente, de referencia obligada y general cuando se trata de la **estimación de impactos ambientales**. La atención prestada al tema por el mundo académico y la Administración Pública en muchos lugares, se ha traducido en multitud de informes y publicaciones con un denominador común, y hasta un título común: **Environmental Impact Assessment (EIA)** o Statement (EIS), tomado de la sección 102 (2) (c) de la NEPA. Algunos califican a la NEPA como la Carta Magna del Medio Ambiente, otros la califican de interferencia con la libre empresa y de obstáculo para el desarrollo.

Además de las críticas sobre la oportunidad de la ley se han hecho muchas observaciones de procedimiento. Pero no cabe duda que es encomiable todo lo que contribuya a mejorar la información disponible en orden a la toma de decisiones. Tampoco cabe duda que, legislaciones de este tipo, cuya trascendencia es mucho mayor de la que puede colegirse en una primera impresión superficial, debe formularse con intención particularmente amplia y constructiva.

Desde 1973 han aparecido a nivel internacional unas **Acciones en Materia de medio ambiente**, cuyos objetivos con los de compaginar el desarrollo de los países con la calidad de vida ambiental haciendo ambos términos sinónimos.

La **Estrategia Mundial para la Conservación** es el documento que la Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza (UICN) elaboró en 1980 a petición del Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA). Enumera las normas básicas de gestión de recursos vivos, así como de cooperación internacional con el fin de lograr sus objetivos básico. Señala como actividades prioritarias a nivel nacional, entre otras, la evaluación anticipada del impacto de toda acción importante.

La **primera directiva de la UE** sobre evaluación de impactos se produjo en el año 1985, aunque sólo afectaba a proyectos de grandes industrias y obras públicas importantes. En España, tras su incorporación a la UE, se publica un R. D. el 28-6-1986, donde se fijan con cierta precisión las actividades que deberán someterse a la evaluación del impacto ambiental, y que amplían las previstas en la normativa comunitaria.

Con posterioridad se han promulgado leyes y reglamentos de ámbito estatal que contemplan esta ley, o que tienen marcado carácter medioambiental, como la Ley de Aguas o la Ley de Costas, así como otras específicas de algunas comunidades autónomas que amplían enormemente el horizonte normativo de nuestro país.

El requisito de redactar un **EIA** (Estudio o estimación de Impacto Ambiental), según la NEPA, queda establecido: "cuando una agencia federal se proponga llevar a cabo una **acción importante**, que tenga un **efecto significativo** sobre la calidad del medio ambiente humano, debe preparar una estimación **detallada** de los efectos ambientales y ponerla a disposición del presidente, del Congreso y de los ciudadanos americanos". Las letras en negrita obedecen al hecho de prestarse estas tres palabras a distintas interpretaciones, como ha sucedido en la práctica.

Es necesario precisar cuando una acción es importante, un efecto es significativo y una estimación es detallada. Los dos primeros puntos afectan a la determinación de los casos en que debe redactarse el informe, y el tercero a la de su contenido. Un cuarto punto, no menos relevante, es el momento de redactarlo.

La NEPA incluye **cinco directrices para el contenido de los EIA**, que deberán comprender:

1. El impacto ambiental de la acción propuesta.
2. La relación de impactos ambientales que no podrían evitarse de llevarse a cabo la acción.
3. Alternativas a la acción propuesta.
4. Una expresión de las relaciones entre los usos locales del entorno humano, a corto plazo, y el mantenimiento y estímulo de la productividad a largo plazo.
5. Las implicaciones de carácter irreversible e irreparable que se desprendería de la realización de la acción.

A estas directrices se le han hecho algunas observaciones, de distintas procedencias y de diferentes grados de concreción, tales como:

- Dentro de lo factible, el análisis debe ser lo más amplio posible.
- Los EIA deben poner de manifiesto los efectos no deseables, mediante consideraciones de irreversibilidad, equidad o coste.
- El estudio no debe limitarse sólo a los efectos sobre la contaminación, sino a todos los aspectos relevantes de la calidad del medio natural (fauna, flora, recarga de acuíferos, aumento de población, transportes, etc.).
- Debe distinguir efectos primarios y secundarios. También los efectos acumulados, cuando la acción sea plural.
- Debe permitir comparaciones.
- Debe esforzarse en encontrar alternativas que mitiguen los efectos adversos.
- No deben imponer costes o restricciones desproporcionados al organismo o empresa que emprende la acción.

La **evaluación del impacto ambiental** debe ser vista como un componente del procedimiento conjunto de planificación, y no como un engorroso aditamento añadido a aquél.

Según el medio donde se produce el efecto los impactos pueden ser:

A. **Impactos ecológicos ambientales indirectos**, que producen modificaciones de los sistemas naturales; su identificación y análisis presuponen una evaluación de los cambios operados y que influyan en el funcionamiento de los sistemas.

B. **Impactos directos o sociales** en sentido amplio que afectan al individuo o a los grupos sociales; su estudio entraría en lo que se ha dado en llamar ecología humana.

El grado de impacto de una actividad depende de las condiciones de fragilidad, **vulnerabilidad** o riesgo del territorio en el que se localice. La vulnerabilidad del territorio presenta múltiples facetas.

Cualquier impacto ambiental, correspondiente a cualquiera de esas facetas, se individualiza por una serie de características que han de evaluarse.

- a) El **carácter**, es decir si es positivo o negativo respecto a la situación previa, si perjudica o no.
- b) La **magnitud** del impacto, informa de la magnitud del efecto producido ("cantidad de impacto"). Ej. Ha. afectadas, número de peces, etc.
- c) El **significado** o importancia relativa ("calidad de impacto"). Ej. significado ecológico o económico de las especies eliminadas, toxicidad del vertido, etc.
- d) El **tipo de acción** sobre otros elementos o características ambientales: Directo o indirecto, sinérgico con otros o no y si el conjunto de varios supera la suma de los individuales.
- e) La **duración**. Si se trata de un efecto a corto plazo y luego cesa, si aparece rápidamente y su culminación es a largo plazo, si existe un efecto intermitente, etc.
- f) La **reversibilidad** del impacto tiene en cuenta la posibilidad, dificultad o imposibilidad de retornar a la situación anterior a la actuación: se habla así de impactos reversibles y terminales o irreversibles.
- g) El **riesgo**.
- h) La **cuenca espacial** tiene en cuenta las características ambientales que hagan más proclive el aumento de la gravedad del impacto. Ej. la acumulación de tóxicos en hondonadas con suelos impermeables.

- i) La **posibilidad de recuperación**, ya que la pérdida ocasionada puede ser recuperable (Ej. Proceso erosivo controlable). o irrecuperable (eliminación de un monumento histórico,...).
- j) La **singularidad de los recursos** afectados (especies protegidas, espacios protegidos, edificios, sitios de interés arqueológico, monumentos histórico-artístico, etc.).
- k) La **sinergia** de los efectos, en algunos casos poco importantes individualmente considerados, que pueden combinarse y dar lugar a otros de más entidad (cambio climático más emisión de cotaminantes); o la inducción de impactos acumulados (industrias en suelos agrícolas que atraen nuevos asentamientos urbanos).

Todas ellas deben intervenir en la correcta evaluación de los impactos ambientales. Los **umbrales de impacto o impactos críticos** son los que marcan los límites a partir de los cuales el deterioro se considera inadmisibles. La expresión de la evaluación, para cada faceta de vulnerabilidad que se contemple, se concreta normalmente con la utilización de alguna escala de niveles de impacto que facilite la utilización de la información recogida en la toma de decisiones. Una escala puede ser la siguiente:

- A) **Impacto compatible**. Carencia de impacto o recuperación inmediata tras el cese de actividad. No se precisan prácticas protectoras.
- B) **Impacto moderado**. La recuperación de las condiciones iniciales requiere cierto tiempo. No se precisan prácticas protectoras.
- C) **Impacto severo**. La recuperación precisa de prácticas protectoras, a pesar de esto la recuperación requiere un tiempo dilatado.
- D) **Impacto crítico**. La magnitud del impacto supera el umbral aceptable. Se producen pérdidas permanentes de calidad de las condiciones ambientales, sin posible recuperación, incluso con la aplicación de prácticas correctoras.

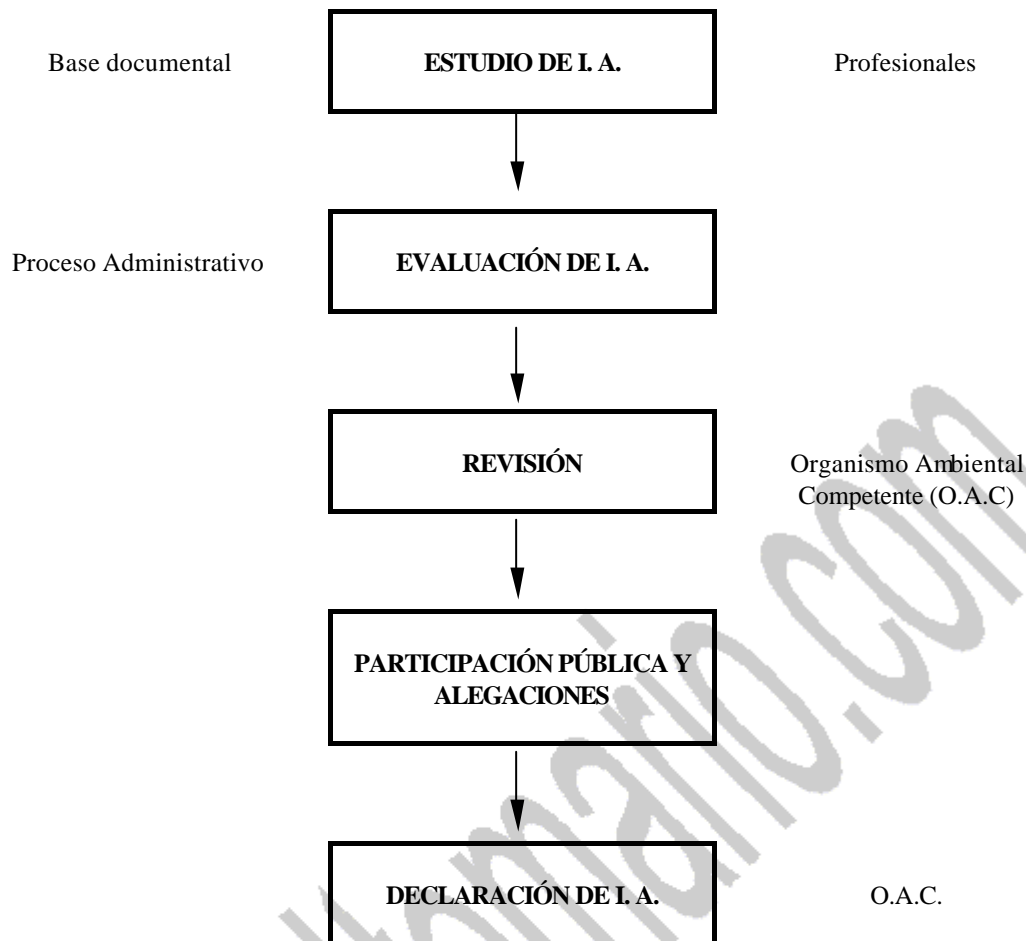
En la legislación española los Proyectos de actividades que están sometidos obligatoriamente a la realización previa de **Estudios de Impacto Ambiental (EIA)**, son los siguientes:

- Refinerías de petróleo.
- Instalaciones de almacenamiento y eliminación de residuos radiactivos o tóxicos peligrosos.
- Centrales térmicas, nucleares.
- Plantas siderúrgicas integrales.
- Construcción de grandes presas.
- Instalaciones químicas integradas.
- Instalaciones destinadas a la extracción y producción de amianto.
- Construcción de autopistas, líneas de ferrocarril y aeropuertos.
- Puertos y vías de navegación.
- Primeras repoblaciones, cuando puedan provocar graves transformaciones ecológicas.
- Extracción a cielo abierto de hulla, lignito y otros minerales.

La **Evaluación de Impacto Ambiental** no es más que la declaración de intenciones por parte del ente que pretende llevar a cabo una determinada actividad. En ella deben figurar las características de la misma para poder realizar, posteriormente, la correspondiente **estimación** de los posibles impactos que ésta pueda causar en el medio en que se ubique.

Para poder llevar a cabo la evaluación se usa como instrumento el “**Estudio de Impacto Ambiental**”. En este trabajo científico-técnico, se hace inventario de la situación antes de la actividad y la previsión de lo que sucederá tras ella. Este estudio lo deben realizar, previo encargo del propietario del Proyecto, profesionales cualificados como biólogos, geólogos, ingenieros, etc.

El estudio es elevado a la Administración correspondiente (las comunidades Autónomas tienen competencias al respecto) para que proceda a su evaluación. Tras someterlo a información pública, emite el dictamen administrativo de Declaración de Impacto Ambiental, mediante el Organismo Ambiental Competente (OAC).



50.2.2. Contenido del estudio del impacto ambiental y proyectos a los que debe aplicarse

El R.D. de 28-6-1986 sobre evaluación de impactos, como hemos dicho, completa la normativa europea. Otras legislaciones estatales y autonómicas la van ampliando. En la actualidad la exigencia de evaluar los efectos en el medio se aplica a la mayor parte de los proyectos, bien de forma abreviada de estimación de impacto, o bien de forma más compleja. Los contenidos que fija el Reglamento son:

1. Relacionados con el proyecto

- **Descripción detallada del proyecto** que se pretende realizar así como su localización y análisis de las posibles alteraciones que pueda producir en el medio, tanto en la fase de ejecución de la obra como en la de explotación, para el caso de obras como los embalses.
- **Examen de alternativas** técnicamente viables y justificación de la solución o soluciones aceptadas. En este examen de alternativas debe figurar cada una de las opciones estudiadas, con sus posibles impactos, así como la intensidad de los mismos, aunque en la práctica suele hacerse al evaluar e identificar los impactos. (ver punto 2)

2. Relacionados con el medio ambiente.

- **Inventario ambiental** y descripción de las interacciones ecológicas o ambientales clave. Deben detallarse los efectos en los distintos apartados en que dividimos el medio ambiente y todos aquellos que puedan verse afectados. Para ello, hay que censar, inventariar, cuantificar y cartografiar todos aquellos aspectos que puedan ser de interés actual y futuro.

- **Identificación y valoración de impactos** tanto en la solución propuesta como en sus alternativas, que incluirá valoración de todos aquellos efectos notables que puedan afectar a cualquiera de los aspectos medioambientales.
- 3. **Medidas de protección y control.** Propuesta de medidas protectoras y correctoras que puedan establecerse para reducir, eliminar o compensar los efectos negativos notables que afecten al medio. Además se establecerá un programa de vigilancia y seguimiento ambiental, de manera que se garantice el cumplimiento de las medidas correctoras contenidas en el estudio.
- 4. **Documentos de síntesis:** En él se recogen las conclusiones relativas a la viabilidad de las actuaciones propuestas y al examen y elección de las distintas alternativas, así como las medidas correctoras propuestas y el programa de vigilancia, tanto en la fase de ejecución de la actividad proyectada como en la de funcionamiento.

50.2.3. Métodos de evaluación de impactos

Estos métodos pretenden relacionar parámetros ambientales (economía, sociedad, paisaje, flora, fauna, procesos geológicos, suelo, agua, clima, aire, etc.) con posibles alteraciones de los mismos, determinando además a priori el grado de alteración que se producirá. Los sistemas más sencillos son los cartográficos y las matrices causa-efecto. No existe una metodología universal, toda vez que es imposible incluir todos los distintos parámetros ni todos los posibles impactos. Por ello existen las guías metodológicas que orientan sobre la determinación de impactos para cada actividad distinta.

➤ **Métodos cartográficos**

Se basan en la elaboración de mapas, primero de mapas de distribución de parámetros ambientales y, después, de áreas afectadas por cada impacto. Son métodos muy intuitivos, ya que la representación gráfica ayuda a reconocer rápidamente la extensión de los posibles problemas, pero no son muy exactos, ya que se debería trabajar con multitud de mapas, tanto de parámetros ambientales como de posibles impactos. Son necesarios otros métodos para completar el estudio.

➤ **Matrices causa-efecto**

Estos métodos se basan en la representación de una matriz con dos entradas, parámetros ambientales y acciones, intentando relacionarlos entre sí. Las matrices estándar sólo son aplicables a casos generales. Para estudiar un caso concreto hay que adaptarlas. Se deben elegir factores ambientales fácilmente identificables y representativos de las características del entorno

- **Matrices de correlación**, qué indican simplemente si cada una de las acciones efectuadas alterará o no un parámetro. No establecen ninguna valoración de los impactos. Una variante son las matrices de compatibilidad, que indican simplemente qué tipo de acciones pueden generarse y en qué tipo de ambientes sin generar grandes cambios.
- **Matrices de valoración**, en las que además de incluir las posibles influencias, se valoran. La más conocida es la matriz de Leopold, uno de los primeros intentos de desarrollar un sistema de referencia para la evaluación para la EIA. Recoge 88 parámetros ambientales distintos y 100 posibles alteraciones (8.800 cuadrículas). En la matriz de Leopold se incluyen, para cada cuadrícula, dos valores que determinan el grado de impacto: su magnitud (de 0 a 10, 0 = ausencia de impacto; positivo o negativo según el signo del impacto) y su intensidad (de 0 a 10). La suma de cada fila determina la fragilidad y la de cada columna la agresividad.

50.2.4. Impacto ambiental sobre el clima

El CO₂, el CH₄, el NO₂, el vapor de agua, entre otros, son moléculas que absorben la radiación de onda larga o infrarroja. Esta propiedad las convierte en gases invernadero, ya que su concentración natural en la atmósfera impide que toda la radiación solar que entra en el planeta vuelva hacia el espacio exterior, retardando su salida. El bloqueo de esa fracción de radiación IR y su reflexión hacia la superficie de la Tierra, es lo que conocemos como efecto invernadero. Ello hace que la temperatura de la Tierra sea adecuada para la vida.

La actividad humana está evolucionando en tal medida que, no sólo influye en el clima local, sino que puede afectar al clima mundial. Entre los efectos a largo plazo se presta atención a dos de ellos. El aumento

del CO₂ atmosférico y las previsiones de un considerable incremento general de la tª (**efecto invernadero**). El otro es la predicción de modificaciones en la capa protectora de ozono de la atmósfera. Otras actividades humanas (agrícolas, pastoreo, deforestación, liberación de CFC, uso de fertilizantes nitrogenados, actividades bélicas, etc.), inciden sobre el clima y sería necesario analizarlas más detenidamente de lo que nos permite este tema.

Es correcto mantener que el clima ha experimentado variaciones desde el origen de la Tierra. También es cierto la falta de evidencias claras de que los cambios climáticos tengan un origen humano. Tampoco lo es que los cambios sean catastróficos para la humanidad. Por eso algunos científicos prefieren no opinar o desconfiar de un pronóstico catastrofistas. Otros prefieren arriesgarse y dar a conocer su opinión, aunque sea un hipótesis.

Pero no se puede esperar saberlo todo para luego actuar científicamente. En el peor de los casos la adopción provisional de la hipótesis no será más que un exceso de prudencia.

Los climatólogos señalan que una aplicación inteligente de los conocimientos, datos y servicios sobre el clima pueden convertir a éste en un valioso recurso y hacer que disminuya la vulnerabilidad de los riesgos climáticos (sequías, inundaciones, olas de frío y calor, etc.), y sus efectos sobre la agricultura, industria petrolera marina, corrientes marinas, etc. El clima seguirá variando y cambiando por causas naturales, que tal vez serán agravadas por las artificiales. La tendencia a un lento enfriamiento que han acusado ciertas zonas del hemisferio norte durante los últimos decenios es semejante a otras de origen natural que se produjeron en el pasado, y se ignora si proseguirá o no. La investigación está revelando características fundamentales de los cambios climáticos y proporcionando bases para la predicción del clima futuro. Cada vez se conocen mejor las causas de las variaciones climáticas, pero seguimos sin poder predecir el clima a largo plazo con la precisión necesaria para formular pronósticos de utilidad práctica.

Las actividades humanas siempre han afectado al clima. Pero con la industrialización de muchas áreas del planeta, los efectos se han multiplicado. Cada año se vierten 20.000 millones de Tm. CO₂, y cientos de millones de Tm. de otros gases invernadero (metano, CFCs), procedente de las actividades industriales.

EL EFECTO INVERNADERO

El aumento de la concentración de CO₂ en la atmósfera puede ser la causa de un cambio climático. Es un gas químicamente estable y persistente que permite el paso de la radiación solar de onda corta hacia la Tierra y detiene, por el contrario, la salida del calor irradiado por la superficie de la Tierra, en medio proporcional a su concentración, produciendo el llamado efecto invernadero, que se traduce en un aumento de tª a ras de suelo.

Desde el comienzo de la revolución industrial, asistimos a un alarmante aumento de la concentración de CO₂ en la atmósfera, el uso de combustibles fósiles contribuye a ello de forma significativa. Hay oscilaciones climáticas de período corto que pueden enmascarar o realzar el efecto invernadero, y cabría interrogarse sobre cuál es la causa y cuál el efecto en el binomio clima-CO₂.

La incertidumbre sobre el alcance real del problema, y hasta de su propia existencia, no excusa de su consideración, que resulta obligada por dos circunstancias: la irreversibilidad del proceso de crecimiento de la concentración y el carácter global, planetario, de sus posibles efectos.

El mencionado aumento de la tª en las regiones polares podría fundir el hielo de los casquetes y, en consecuencia, el ascenso del nivel del mar que inundaría muchas zonas habitadas. Este aumento de tª afectaría mucho a la vegetación acentuando, en muchas zonas, la aridez y los procesos de desertización. Por otro lado, dado que los bosques fijan CO₂ mediante la fotosíntesis y lo expulsan por la respiración, las áreas deforestadas sólo pueden emitirlo, nunca fijarlo.

Se puede considerar al CO₂ como un termostato inerte ya que su función termorreguladora es de sobra conocida. Cuando aumenta la tª, se acentúa la evaporación en los océanos, hay mayor formación de nubes y, por tanto llueve más. La lluvia arrastra hacia el suelo cantidades importantes del gas carbónico, lo que provoca una disminución del índice de este gas en la atmósfera y una reducción del efecto invernadero. Como consecuencia se produce un descenso de la tª, de la evaporación y de la pluviosidad. El efecto invernadero se restablece porque los volcanes enriquecen la atmósfera en gas carbónico, con lo que vuelve a aumentar la tª y se restablece el ciclo.

Según los defensores de la **hipótesis Gaia** (James Lovelock), el termostato terrestre presenta notables modificaciones con respecto al modelo geofísico. Cuando aumenta la tª, el plancton se desarrolla más y consume más CO₂. Como resultado, se debilita el efecto invernadero, bajando la tª. El desarrollo del

plancton se ralentiza y paralelamente disminuye su demanda CO_2 . Los seres vivos, que en este modelo juegan el mismo papel que los volcanes en el anterior, continúan su producción de CO_2 por lo que el efecto invernadero se acentúa otra vez. La t° aumenta de nuevo y así se cierra el ciclo.

PRODUCCIÓN ACTUAL DE GASES DE INVERNADERO		
GAS	FUENTE	% DE CALENTAMIENTO
CO_2	combustiones, incendios bosques	20
	centrales térmicas	10
CH_4	estiércol, campos de arroz	15
CFCs	sprays, frigoríficos, embalajes	17
O_3	Automóviles	12
N_2O	descomposición de humos, abono	6

El CO_2 una vez vertido a la atmósfera, tiene un período de permanencia comprendido entre 50 y 200 años. El CH_4 , en cambio, tienen un período de permanencia de 10 años, pero tiene una capacidad de absorber calor de 20 a 30 veces superior a la de aquel. Detallados análisis científicos indican un aumento de t° de un grado, en los cien últimos años.

Se estima que las contribuciones de las fuentes de emisión en el incremento de t° de la Tierra son: 50 % procedentes de la energía (incluyendo el transporte), 20 % de productos químicos (CFCs), 15 % de la deforestación tropical y 15 % de la agricultura y vertederos.

El CH_4 procede, en parte, de actividades energéticas (extracción y distribución de combustibles fósiles). También la cría de ganado supone una importante emisión de metano, por los productos que genera el curso de su proceso digestivo, así como el cultivo de arroz y los vertederos de residuos urbanos.

La **legislación básica** sobre la contaminación atmosférica española data desde la Ley de Protección del Ambiente Atmosférico del año 1972 y decretos posteriores. Exige la adopción de medidas para reducir los volúmenes de las emisiones, mejorar su dispersión, determina las labores de inspección, obliga a la instalación de aparatos para el control periódico de las emisiones (balance estequiométrico semanales de azufre y halógenos, opacidad), etc. También especifican los niveles de emisión de contaminantes a la atmósfera para las principales actividades industriales potencialmente contaminadoras de la atmósfera como: Centrales térmicas de fuel-oil, instalaciones de combustión industrial, instalaciones que utilizan fuel-oil, Metalurgia no férrea (sobre todo la del plomo), industria de Zinc, refinerías de petróleo, fabricación de cal, fábricas de cementos, cerámica, vidrio y fibras minerales, plantas de aglomerados asfálticos, fábricas de ácido sulfúrico y nítrico, fábricas de fertilizantes, y otras.

Algunos documentos legales:

- Declaración de Principios de la ONU sobre la lucha contra la contaminación del aire.
- Convenio de Ginebra sobre contaminación atmosférica transfronteriza a larga distancia.
- Carta Europea del patrimonio arquitectónico.
- Convenio Internacional de Viena sobre protección de la capa de O_3 .
- Protocolo de Montreal sobre eliminación de las sustancias que destruyen el O_3 .
- La Conferencia Mundial de las Naciones Unidas sobre Medio Ambiente y Desarrollo, en Río de Janeiro (Brasil), en la que se aprobaron el convenio sobre cambio climático y el programa 21, sobre la contaminación atmosférica.
- La UE ha propuesto el pago de ecotasa, o impuestos sobre la emisión de determinados contaminantes, y tratar de fijar unos límites en las emisiones de CO_2 permitidas a cada país, con el fin de reducir las emisiones para el año 2000 a los niveles de 1990.
- En la convención sobre el cambio climático, celebrado en Kioto en diciembre de 1997, se aprobó un protocolo de mínimos en el que se prevé que los 39 países más desarrollados reducirán en una media del 5,2 % sus emisiones de gases de efecto invernadero antes del 2010. Este pacto se aleja de los deseos de la U.E., ya que su propuesta fue del 15 %.

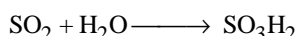
Para estabilizar la concentración de CO₂ a los niveles de 1990, hay que reducir en un 60-80 % su emisión procedente de fuentes humanas. En 1991 empezaron las negociaciones de las Naciones Unidas para una Concepción sobre el Cambio Climático. El tratado firmado en la cumbre de Río en 1992 estableció un compromiso vinculante para un **crecimiento económico sostenible**, a la vez que simplemente perfilaba una opción no vinculante para los países de la OCDE de reducir, en el año 2000, las emisiones CO₂ al nivel de 1990. Con lo que, en vez de introducir una solución parece consolidarse la causa del cambio climático.

Las posibles soluciones para disminuir la concentración de gases invernadero, pasan por:

- reducir el consumo de energía y mejorar su eficiencia (evitar el uso de energía de origen térmico),
- aislar bien los hogares y edificios para reducir los gastos energéticos de climatización,
- prescindir de electrodomésticos superfluos,
- utilizar energías renovables,
- reducir los transportes industriales de mercancías y utilizar transportes públicos para los desplazamientos privados,
- aumentar el consumo de proteínas vegetales en detrimento de las de origen animal,
- estabilización de la población,
- reducir la producción de basuras, practicar la recogida selectiva y el reciclaje,
- controlar la quema de leña y rastrojos, etc.

LA LLUVIA ÁCIDA

Las emisiones gaseosas de derivados del S y del N₂, entran en el aire y se convierten, parcialmente, en ácidos que caen al suelo arrastrados por la lluvia y por la nieve, o incluidos en partículas sólidas.



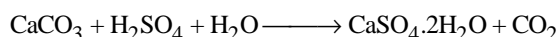
Este efecto se descubrió en 1965. Su efecto depende del pH del suelo (en los suelos ácidos se acentúa el problema)¹. Dado que los lagos, los árboles y otros seres vivos se ven afectados negativamente, resulta deseable reducir la cantidad que se deposita. En los lagos y embalses prácticamente desaparece todo tipo de vida. Los primeros en desaparecer, al aumentar la acidez, son los moluscos y después los peces. Grandes superficies de terreno y miles de lagos en Escandinavia y Canadá, han sido contaminados. La Selva Negra (Alemania) es una de las más castigadas.

También, en las ciudades, deteriora puentes, monumentos. Sólo en el uso de energías alternativas (eólica, solar, etc.) se puede confiar para evitar este grave problema.

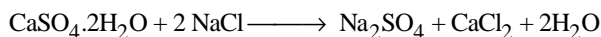
Constituyen, junto con otros procesos contaminantes (emisión de partículas sólidas, líquidas o gaseosas, radiaciones ionizantes, etc.), un caso típico de **contaminación transfrontera**.

A fin de evitar esta crítica situación, 21 países industrializados suscribieron en 1985 un protocolo con el objetivo de haber rebajado, en 1993, sus emisiones de SO₂ un 30 % con respecto a las de 1980. Pero España no lo suscribió ya que ello hubiese supuesto limitar sensiblemente la producción de centrales térmicas españolas. Las de Puertos de García Rodríguez (La Coruña), y la de Andorra (Teruel), emiten un millón de Tm. de SO₂ anuales. Los efectos de la lluvia ácida producida por las emanaciones de la central del Andorra (utiliza el lignito de la zona que posee un alto contenido de azufre), se dejan sentir en los bosques de la comarca castellonense de Els Ports (distante 50 km).

Otra de las consecuencias de la lluvia ácida es el **mal de piedra**, que afecta a monumentos construidos, fundamentalmente, con rocas calizas (Esfinge de Gizé, monumentos atenienses, catedrales, Alhambra), o tienen cemento calcáreo (areniscas del templo de Debod). La actuación de la lluvia ácida produce yeso:



Este yeso se disuelve o, si el monumento está construido cerca del mar, es atacado por el ClNa traído por el viento, produciéndose sulfato sódico, que es muy corrosivo:



¹ En los suelos calcáreos (básicos) los ácidos se convierten en sales.

Los tratamientos básicos consisten en sanear e impermeabilizar la roca, en general con resinas sintéticas inertes.

El SO_2 rara vez llega a 50 partes por mil millones de la atmósfera, aun cuando las emisiones del mismo sean las mayores, y, pese a ello, contribuye a la lluvia ácida, a la corrosión de las piedras y metales y a la reducción de la visibilidad.

La **combustión de biomasa** es la responsable de la mayor parte de las emisiones de NO_2 a la atmósfera, aparte de las erupciones volcánicas. También lo son los procesos de combustión a altas t° (motores de los automóviles), fertilizantes (abonos químicos, estiércol).

Conviene evitar el uso indiscriminado de fertilizantes y reducir la ganadería intensiva, que provoca acumulaciones y focos emisores de gases. Por contra hay que estimular los cultivos de legumbres, fijadores de nitrógeno y respetar el ciclo del nitrógeno.

Los óxidos de nitrógeno contribuyen a la lluvia ácida y a la formación de bruma fotoquímica o Smog.

EL SMOG o BRUMA FOTOQUÍMICA

Es un tipo de contaminación atmosférica caracterizada por la formación de nieblas de sustancias agresivas para la salud y el medio ambiente.

La formación de smog es un proceso en el que intervienen factores geográficos y meteorológicos, junto a características propias de los contaminantes emitidos en la atmósfera. Los fenómenos atmosféricos de inversión térmica, estacionales o debidos a peculiaridades geográficas (valles encajonados), impiden la difusión de los humos contaminantes, que pueden provocar la saturación del aire formando nieblas:

Smog ácido. Más frecuente en invierno, se provoca por la aparición de SO_2 y cenizas en el aire procedente, generalmente, de la combustión de carbones y combustibles de elevado contenido en azufre. El proceso de formación de smog ácido se inicia cuando las cenizas y otras partículas en suspensión, sirven como núcleos de condensación de vapor de agua, que junto al SO_2 existente forman aerosoles de ácido sulfúrico.

El smog ácido provoca molestias respiratorias, irritación ocular y afecciones crónicas de pulmón y corazón.

Smog oxidante o fotoquímico. Más frecuente en los meses de verano, cuando la luz y la t° son más elevadas; se debe a la abundancia de oxidantes fotoquímicos en la atmósfera, se manifiesta en forma de neblina sobre las ciudades. Procede de la concentración de NO_2 y de componentes orgánicos insaturados, provenientes de la combustión incompleta de combustibles líquidos en los motores de explosión, que por acción de los rayos solares reaccionan fotoquímicamente con los componentes del aire produciendo un conjunto de contaminantes (secundarios) de naturaleza oxidante. Típicamente el smog oxidante se compone de: ozono, formol, ácido fórmico, etc.

También provocan la irritación de las mucosas oculares, nasales, faringitis, bronquitis, sinusitis, etc. En los vegetales lesionan el parénquima en empalizada, provocando fenómenos de plasmolisis y decoloración. Corroe metales, altera la fachada de los edificios, descompone cauchos y plásticos, etc.

Las reacciones atmosféricas responsables de la producción de los oxidantes fotoquímicos son numerosas, muy complejas y no conocidas en su totalidad.

- **Formación de ozono a partir del ciclo fotolítico de NO_2 .**

$\text{NO}_2 + \text{luz} = \text{NO} + \text{O}$; $\text{O} + \text{O}_2 = \text{O}_3$ Si no están presentes los hidrocarburos, el O_3 reacciona con el NO y da de nuevo NO_2 . No se desequilibra el ciclo y no se acumula O_3 .

- **Formación de radicales libres activos a partir de radicales de hidrocarburos, que producen la oxidación de NO a NO_2 .**



Si existen hidrocarburos (HC), el ciclo fotolítico se desequilibra al reaccionar sus radicales con el NO , oxidándolo y originando los radicales activos. Así aumenta la concentración de ozono, puesto que no participa en la oxidación del NO a NO_2 .

- **Formación de PAN** (nitrato de peroxiacetileno). Los radicales libres reaccionan entre sí, con contaminantes primarios u otros constituyentes del aire, formando una mezcla compleja de oxidantes, entre los que destacan el PAN y los aldehídos.

Paralelamente disminuye la concentración de hidrocarburos (como consecuencia de su participación en el proceso oxidativo) y la de NO y aumenta la de NO₂. El resultado final es la concentración en la atmósfera de sustancias muy oxidantes (O₃). Este fenómeno va en aumento en ciudades con mucha industria y gran densidad de tráfico.

La capa de ozono.

La destrucción parcial de la capa de ozono es uno de los últimos problemas derivados de la contaminación atmosférica. Aunque algunos científicos niegan la conveniencia del término agujero de ozono argumentando que lo que se produce es el debilitamiento del O₃ en un nivel de 1 o 2 km. de la capa situada a unos 16 km de altura, y no una desaparición de la ozonósfera, lo cierto es que el nombre es demasiado popular para sustituirlo.

Desde el punto de vista ambiental parece demostrado que la capa de ozono puede disminuir de espesor a causa de:

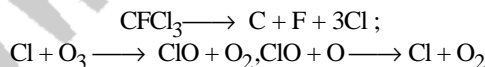
- **El papel de los óxidos de nitrógeno (NO_x).** Éstos se producen en grandes cantidades durante las tormentas. El N₂O liberado junto con los NO_x en las combustiones y procedentes de la desnitrificación de los suelos agrícolas (incrementada actualmente por el uso excesivo de abonos nitrogenados), es un compuesto poco reactivo que puede ascender hasta la estratosfera, donde se transforma en NO_x mediante fotólisis. Su reacción con el ozono es la siguiente: NO + O₃ = NO₂ + O₂; NO₂ + O = NO + O₂, sumando ambas reacciones tenemos que **O₃ + O = 2 O₂ (1)**.

Como podemos ver, los NO_x estratosféricos participan como catalizadores (no se consumen) en la reacción de destrucción del ozono, pudiendo repetirse una y otra vez.

Si estas reacciones fueran las únicas existentes, supondrían una rebaja en los niveles de O₃; pero esto no es así, ya que los NO₂ pueden reaccionar de otras múltiples maneras, entre otras con grupos OH para formar NO₃.

- **Algunos agentes propulsores licuados** (tricloromonofluórometano ó CCl₃F y el diclorofluórometano ó CCl₂F₂). Se les conoce como CFC. Se encuentran en aerosoles y aparatos de refrigeración de aire (gas freón). Estos hidrocarburos halogenados, expulsados a la atmósfera, llegan a la estratosfera donde se descomponen por acción de la radiación UV liberando átomos de cloro. Estos átomos contribuyen a la destrucción del ozono (el Cl libre actúa como catalizador destruyendo al ozono, un átomo de Cl puede destruir 100.000 moléculas de O₃) que, como se sabe, nos protege de la radiación UV (Ver tema 50). Los hidrocarburos halogenados, cuanto menos hidrógeno contengan, más perjudiciales son.

Se han detectado "**agujeros en la capa de ozono**" (disminución de espesor), tanto en el círculo boreal como austral. Esta mayor pérdida en las inmediaciones de los polos se debe a las bajas t^a (-80 °C), ya que los óxidos de nitrógeno que pueden capturar el Cloro se inactiva al helarse, formando nubes en cuyos cristales de hielo, además, la liberación de cloro de los CFCs se produce con gran eficacia.



La suma de estas dos reacciones nos da que **O₃ + O = 2 O₂ (2)**

Por último puede tener lugar otra reacción mezcla de los procesos (1) y (2), NO_x + ClO = ClONO₂. Al formarse nitrato de cloro se protege al ozono de la acción del cloro. Así los NO₂ de la estratosfera desempeñan el importantísimo papel de atrapar al cloro, inactivándolo.

50.2.5. Impacto ambiental sobre la biodiversidad

Se calcula que los siguientes 20 ó 30 años, el mundo podría perder mas de un millón de especies de plantas y de animales, debido principalmente, a cambios ambientales causados por el hombre. Esta tasa de extinción sobrepasa en más de mil veces la tasa "normal" de extinción estimada. Alrededor de un 10 % de las especies de plantas de las regiones templadas y un 11 % de las 9000 especies de aves en el mundo corren algún riesgo de extinción. En los trópicos, la destrucción de los bosques amenaza a 130.000 especies que sólo pueden vivir en ese hábitat.

Esta alarmante tasa de extinción se ha convertido en el problema universal que ha concitado el interés mundial sobre la diversidad biológica o **biodiversidad**. Este concepto implica mucho más que el **número de especies** que habitan en nuestro planeta. Las **interacciones ecológicas** entre las diversas especies y los factores abióticos conforman los ecosistemas de los que dependemos para nuestra supervivencia. El concepto de biodiversidad, además incluye la **variabilidad genética** de la vida en el planeta. Sin **variabilidad genética**, la vida pierde su capacidad para sobrevivir a los cambios (**adaptación**).

El problema radica en la pérdida de la biodiversidad; la **biología de la conservación** es la ciencia que explica el problema y propone soluciones. La **educación ambiental** constituye el medio para lograr la aplicación de las soluciones.

La diversidad biológica se refiere generalmente a **tres niveles de variabilidad de la vida: los diferentes tipos de ecosistemas, las diferentes especies y, la diversidad de estructura genética** tanto dentro como entre las especies. Su importancia para los seres humanos es obvia, ya que les provee, entre otros, de alimentos, medicamentos y materiales industriales.

□ Diversidad de especies

El número de especies se puede contar en cualquier lugar en que se tomen muestras, en particular si la atención se concentra en organismos conocidos (como mamíferos o aves); también es posible estimar este número en una región o un país (aunque el error aumenta con la extensión del territorio). Esta medida, llamada *riqueza de especies*, constituye una posible medida de la biodiversidad del lugar y una base de comparación entre zonas. Es la medida general más inmediata y, en muchos aspectos, más útil de la biodiversidad.

La riqueza de especies varía geográficamente: las áreas más cálidas tienden a mantener más especies que las más frías, y las más húmedas son más ricas que las más secas; las zonas con menores variaciones estacionales suelen ser más ricas que aquellas con estaciones muy marcadas; por último, las zonas con topografía y clima variados mantienen más especies que las uniformes.

Según los ecólogos la diversidad de las especies terrestres aumenta desde los polos hacia el Ecuador, pero este patrón no se refleja en la biodiversidad marina.

El número o riqueza de especies, aunque es un concepto práctico y sencillo de evaluar, sigue constituyendo una medida incompleta de la diversidad y presenta limitaciones cuando se trata de comparar la diversidad entre lugares, áreas o países.

Especies endémicas

Cualquier área contribuye a la diversidad mundial, tanto por el número de especies presentes en ella como por la proporción de especies únicas de esa zona. Estas especies únicas se llaman *endémicas*. Se dice que una especie es endémica de una zona determinada si su área de distribución está enteramente confinada a esa zona. Así, las islas suelen tener menos especies que las zonas continentales de superficie equivalente, pero también suelen albergar más especies que no se encuentran en ningún otro lugar. En otras palabras: a igualdad de otras circunstancias, tienen menor riqueza de especies, pero mayor proporción de especies endémicas. Evaluar la importancia relativa de estos dos factores y, por tanto, comparar la importancia de la biodiversidad de las áreas isleñas y continentales no es cosa sencilla.

Las áreas ricas en especies endémicas pueden ser lugares de especiación activa o de refugio de especies muy antiguas; sea cual sea su interés teórico, es importante para la gestión práctica de la biodiversidad identificar estas áreas discretas con proporciones elevadas de **endemismos**. Por definición, las especies endémicas de un lugar determinado no se encuentran en ningún otro. Cuanto menor es el área de endemismo, mayor es el riesgo de que las especies endémicas sufran cambios de población de origen determinista o aleatorio.

Los endemismos pueden también definirse en términos de límites nacionales. Esto tiene una importancia enorme para la conservación de la diversidad biológica, porque, casi sin excepción, las acciones de conservación y gestión se aplican y mantienen a escala de política nacional. Esto es así con independencia del origen del asesoramiento científico o el apoyo financiero de las medidas adoptadas.

La importancia ecológica de la especie puede ser también considerable, pues algunas especies *clave* desempeñan una importante función en el mantenimiento de la diversidad de una comunidad de otras especies. Estas especies clave agrupan los organismos descomponedores, los depredadores de nivel más alto, los polinizadores, entre otros. En general, los árboles grandes aumentan la biodiversidad local porque proporcionan numerosos recursos naturales para otras especies (aves nidificadoras, epifitos, parásitos,

herbívoros que se alimentan de frutos, y muchos otros organismos). Pero todavía no hay forma de cuantificar esta clase de función de sostenimiento ni de comparar su magnitud para distintos grupos.

❑ **Diversidad genética**

Las diferencias entre organismos individuales tienen dos causas: las variaciones del material genético que todos los organismos poseen y que pasa de generación en generación y las variaciones debidas a la influencia que el medio ambiente ejerce sobre cada individuo. La variación heredable es la materia prima de la evolución y la selección natural y, por tanto, constituye en última instancia el fundamento de toda la biodiversidad observable actualmente. Los individuos adquieren nuevas variaciones genéticas por mutación de genes y cromosomas; en organismos que se reproducen sexualmente, estos cambios se difunden a la población por recombinación del material genético durante la división celular que antecede a la reproducción sexual.

Las poblaciones que forman una especie comparten una reserva de diversidad genética, aunque la herencia de algunas de tales poblaciones puede diferir sustancialmente de la de otras, en especial cuando se trata de poblaciones alejadas de especies muy extendidas. Si se extinguen poblaciones que albergan una proporción considerable de esta variación genética, aunque persista la especie, la selección natural cuenta con un espectro de variedad genética menor sobre el que actuar, y las oportunidades de cambio evolutivo pueden verse relativamente mermadas. La pérdida de diversidad genética dentro de una especie se llama *erosión genética*, y muchos científicos se muestran cada vez más preocupados por la necesidad de neutralizar este fenómeno.

La diversidad genética es particularmente importante para la productividad y el desarrollo agrícolas. Durante siglos, la agricultura se ha basado en un número reducido de especies vegetales y animales, pero, sobre todo en el caso de las plantas, se ha desarrollado un número extraordinariamente elevado de variedades locales. Esta diversidad de recursos genéticos vegetales tiene en muchos casos ventajas prácticas reales; si un agricultor de subsistencia, por ejemplo, planta cierto número de variedades de una especie, quedará en cierto modo asegurado frente al riesgo de perder toda la cosecha, pues es poco común que las condiciones climatológicas adversas o los parásitos afecten por igual a todas ellas. A medida que los hábitats naturales se han visto desplazados por otros usos del suelo, con la consiguiente destrucción de formas silvestres de plantas cultivadas que podrían ser necesarias con fines de selección, y a medida que los modernos sistemas de cultivo intensivo se han ido concentrando en un número muy reducido de variedades comerciales, se hace más urgente la necesidad de identificar y conservar los recursos genéticos vegetales y animales. Aunque, en este ámbito particular, es posible localizar y medir aspectos de diversidad genética, no hay forma práctica de responder a la pregunta general de cuál es la diversidad genética presente en una zona determinada, y mucho menos a escala global; por tanto, la pregunta no tiene sentido a este nivel.

Actualmente, aproximadamente un 80 % de los alimentos mundiales provienen de menos de dos docenas de especies de plantas y animales. En este proceso de dependencia de un número tan reducido de especies estamos a la vez:

- (1) reduciendo la diversidad genética de los cultivos de los cuales dependemos,
- (2) cambiando diversas áreas naturales por monocultivos,
- (3) disminuyendo el número de ancestros reales y potenciales de los cultivos y de los animales domésticos que podrían proporcionar diversidad genética para desarrollar nuevas cepas y razas, y
- (4) debilitando la seguridad alimenticia de una población en constante aumento.

La mayoría de los actuales cultivos han sido seleccionados para una determinada zona geográfica. Éstos pueden no ser tan productivos o hasta no viables si cambia el clima y si aparecen nuevas plagas o enfermedades. Esto enfatiza aún más la necesidad de preservar la diversidad genética necesaria para encontrar especies para alimentos adaptables a nuevas condiciones.

❑ **Diversidad de los ecosistemas**

Éste es sin duda el peor definido de todos los aspectos cubiertos por el término biodiversidad. Evaluar la diversidad de ecosistemas, es decir, la diversidad a escala de hábitat o comunidad, sigue siendo un asunto

problemático. No hay una forma única de clasificar ecosistemas y hábitats. Las unidades principales que actualmente se reconocen representan distintas partes de un continuo natural muy variable.

La diversidad de los ecosistemas puede evaluarse en términos de distribución mundial o continental de tipos de ecosistemas definidos con carácter general, o bien en términos de diversidad de especies dentro de los ecosistemas. Hay varios esquemas de clasificación mundial, que hacen mayor o menor hincapié en el clima, la vegetación, la biogeografía, la vegetación potencial o la vegetación modificada por el hombre. Estos esquemas pueden aportar una visión general de la diversidad mundial de tipos de ecosistemas, pero proporcionan relativamente poca información sobre diversidad comparativa dentro de los ecosistemas y entre ellos. La diversidad de ecosistemas suele evaluarse en términos de diversidad de especies. Esto puede abarcar la evaluación de su abundancia relativa; desde este punto de vista, un sistema formado por especies presentes con una abundancia más uniforme se considera más diverso que otro con valores de abundancia extremos.

Las especies y los ecosistemas no están distribuidos uniformemente ni en los continentes ni en los océanos, aún cuando existan algunos patrones de distribución.

Las selvas tropicales húmedas, que cubren gran parte de las tierras bajas tropicales, conforman alrededor de un 7 % de la superficie normal y pueden contener la mitad de las especies terrestres del mundo. Pese a lo cual la situación de los ecosistemas menos ricos es igualmente crítica.

Los diferentes alimentos, medicamentos, fuentes de energía y productos industriales utilizados por los humanos han provenido virtualmente de todos los ecosistemas de cada rincón del mundo. Muchas de estas fuentes no han sido utilizadas en su plena capacidad. La pérdida de estos recursos puede afectar a nuestra calidad de vida, y en algunos casos, la supervivencia humana.

Se calcula que más del 25 % de todos los medicamentos disponibles en la actualidad derivan de las plantas tropicales. Cuatro quintas partes de la población humana de los países en desarrollo dependen de medicamentos tradicionales, mucho de los cuales son extraídos de las plantas tropicales. Más del 40 % de los fármacos disponibles en los EE.UU. dependen de fuentes naturales.

Los tres niveles de biodiversidad constituyen los factores fundamentales para la adaptación a un medio ambiente en permanente evolución. A medida que disminuimos la biodiversidad, reducimos la capacidad que tienen la vida en el planeta para adaptarse a los cambios. Mientras que la mayoría de las especies animales y vegetales se adaptan a los cambios ambientales principalmente a partir de lentos cambios genéticos de naturaleza fisiológica, estructural o instintiva, los humanos prevalecemos como especie que se adapta esencialmente mediante el **aprendizaje**, en corto lapso de tiempo.

Los países desarrollados, relativamente más pobres en biodiversidad, han alcanzado su actual calidad de vida a expensas de ésta y, en la mayoría de los casos, también a expensas de la biodiversidad de los países en desarrollo. No parece muy equitativo exigirles a los países en desarrollo que renuncien a la explotación de su biodiversidad. Los esfuerzos para conservarla (locales, regionales, nacionales y/o internacionales) deben contar con el apoyo de los ciudadanos. Es preciso estudiar formas alternativas para utilizar el medio ambiente que nos permitan alcanzar una calidad de vida aceptable. Los responsables de la toma de decisiones, a todos los niveles, deben tomar conciencia de la necesidad de encontrar alternativas de gestión que permitan poner en práctica medidas adecuadas de conservación, así como estar capacitados para realizar esa tarea.

El adecuado manejo de la biodiversidad significa mucho más que un mero deseo estético, constituye una necesidad de apoyo a la vida. Puede o no visualizarse como una obligación moral con nuestro medio ambiente, pero es sin lugar a dudas una obligación moral con nosotros mismos y con las generaciones futuras.

Existe un **Instituto Nacional de Biodiversidad (Inbio)** en Costa Rica, institución pública costarricense, dependiente del Ministerio de Recursos Naturales, Energía y Minas, fundada en 1989 con la intención de proteger, inventariar e investigar la fauna y la flora de Costa Rica.

Los gobiernos han expresado su deseo de que la UNESCO asuma el liderazgo respecto a tres importantes áreas de acción incluidas en la Agenda 21 (Ver tema siguiente Conferencia de Río'92). Dichas áreas son:

- promover la educación, la conciencia pública y la capacitación;
- promover una preocupación científica crítica relacionada con los océanos mundiales y mares regionales, y la protección del medio ambiente marino e insular, y

- conservación in situ e investigación sobre la biodiversidad.

En el acuerdo sobre biodiversidad firmado en Río. El papel de la UNESCO es el de movilizar a la comunidad científica para que de respuesta a preguntas tales con:

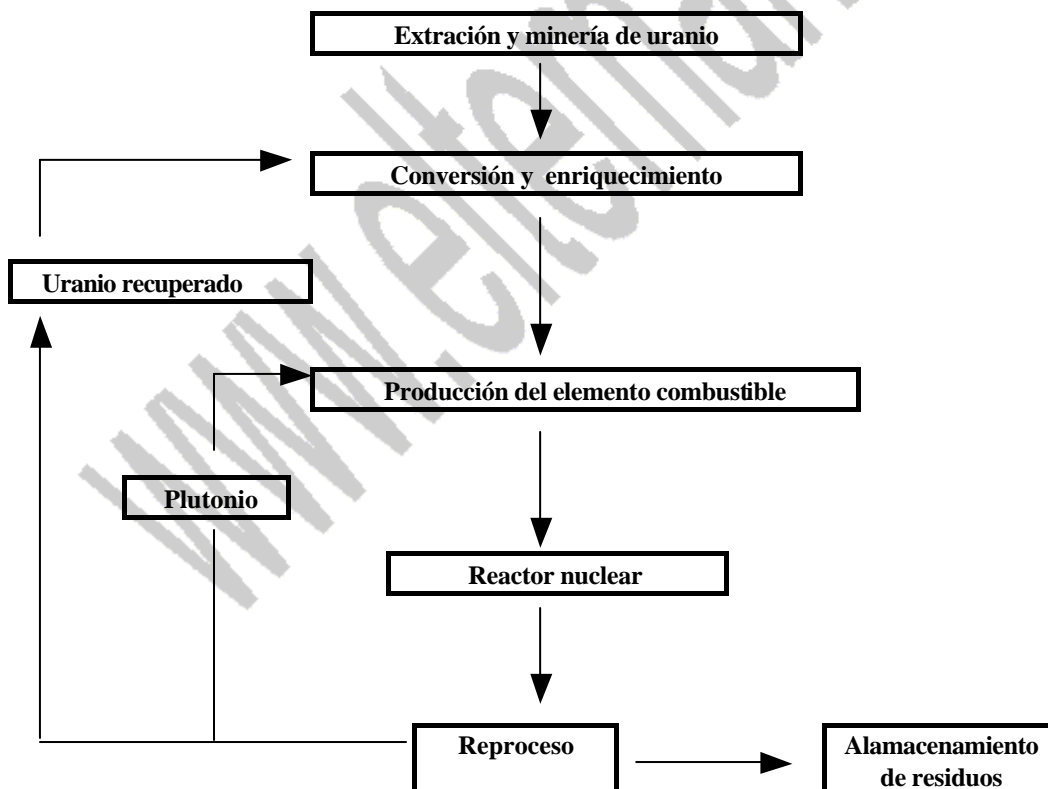
- ¿Necesitamos todas las especies para el adecuado funcionamiento de la biosfera?
- ¿Qué papel desempeña la biodiversidad en el funcionamiento e los ecosistemas y, por tanto, en la sustentabilidad?
- ¿Cuáles son los orígenes de la biodiversidad y de qué manera se pierde dicha diversidad?
- ¿Dónde y cuán rápidamente estamos perdiendo al biodiversidad?

Igualmente la UNESCO desempeña un papel en la consolidación del desarrollo de las **reservas de la biosfera** como un instrumento multifuncional excepcional en la intensificación in situ de la conservación de la diversidad biológica.

50.2.6. Impacto ambiental de la energía nuclear

La generación de calor en los reactores nucleares procede de la fisión de elementos radiactivos (U, Pu, Th), según reacciones en cadena altamente exotérmicas. Los combustibles nucleares de estos reactores son los óxidos de los citados elementos radiactivos; en realidad sólo del Uranio ya que los de los otros dos elementos están en fase experimental. El Uranio utilizado puede ser natural (0'71 % del isótopo 235), o el enriquecido (3 % del mismo isótopo) que es el más utilizado.

El esquema siguiente representamos el llamado ciclo de combustión nuclear:



En la prospección el mineral extraído (pechblenda) solo contiene un uno por mil de uranio, por lo que debe concentrarse y enriquecerse (conversión de los óxidos de uranio en hexafluoruro de uranio, gas rico en el isótopo 235), dando lugar al **elemento combustible** tras su transformación en barras cilíndricas sólidas (el

diseño del elemento combustible depende del tipo de reactor). Cada reactor puede tener entre 150 y 200 elementos combustibles; por término medio, cada año se recarga una tercera parte de éstos.

Los elementos combustibles agotados que se extraen del reactor son aún muy reactivos y generan mucho calor. Para reducir esta actividad residual se guardan, al menos tres meses, en unas piscinas, hasta su posterior envío a la planta de **reproceso**, donde se recupera el isótopo no consumido y óxido de plutonio.

La última etapa del ciclo consiste en el **almacenamiento de los residuos**: en las piscinas desactivadas de las centrales, en lugares adecuados (contenedores de hormigón instalados en lugares refrigerados por aire), en espera de las decisiones políticas sobre su futura reelaboración o eliminación, o, por último, su almacenamiento en formaciones geológicas estables. Las tres formas más conocidas de almacenamiento definitivo o evacuación son: la inmersión en fosas oceánicas (bajo control internacional aunque muchos gobiernos, entre otros el español, se oponen); enterramiento o almacenamiento en minas abandonadas (con ausencia de agua y baja permeabilidad, como las minas de sal); y el almacenamiento en zonas geológicas profundas (R. F. Alemania). Para inmovilizar los residuos se mezclan con hormigón, asfalto, polímeros orgánicos (resinas sintéticas) o con materiales cerámicos.

En el caso de España, el desarrollo del ciclo del combustible nuclear corresponde a la compañía del sector público ENUSA.

Aunque los elementos radiactivos están universalmente presentes en nuestro entorno, procedentes de la radiactividad natural (en mares y ríos procedentes de la erosión, por acción de los rayos cósmicos, etc.); la mayor fuente de radiactividad en las aguas es de origen artificial. Los elementos radiactivos de mayor interés son el Sr^{90} , el Cs^{137} y el C^{14} , aunque el número total de radioisótopos es muy elevado. Las descargas procedentes de los reactores nucleares constituyen la mayor fuente potencial de **contaminación radiactiva**, particularmente de las aguas superficiales. Actualmente es de menor importancia en promedio que la precipitación radiactiva procedente de pruebas nucleares, incluso aunque hayan dejado de producirse.

Ya en la primera fase de minería de los óxidos de uranio y torio se producen residuos radiactivos. La preparación y fabricación de los elementos combustibles no supone riesgo contaminante, tampoco, salvo accidentes, la combustión en el reactor nuclear.

Puesto que todas las plantas nucleares utilizan circuitos cerrados de refrigeración, la radiactividad emitida proviene de los productos de corrosión activados y de los productos químicos de acondicionamiento de aguas, y de las pérdidas de los elementos combustibles. La mayor parte de las descargas se producen durante los intercambios, mantenimiento y limpieza en el núcleo del reactor, el control químico del refrigerante primario, las tomas de muestras, la descontaminación de ropas, herramientas y superficies y la regeneración de resinas desmineralizadoras. Entre los isótopos emitidos, el más abundante es el tritio.

Las condiciones de almacenamiento de los residuos determinan la otra posible fuente de radiactividad. Este asunto es uno de los que más polémica despierta en los distintos países. Treinta y seis años después de que el primer reactor nuclear comercial empezara a funcionar, sigue sin existir una solución aceptable al problema de los residuos. El proceso de reciclado de las varillas sigue dejando residuos altamente radiactivos, a los que hay que añadir los de las centrales nucleares que han sido cerradas o "clausuradas". Los efectos concretos que la radiactividad tiene sobre el hombre se tratan en el tema siguiente.

La situación económica mundial (inflación, elevados tipos de interés), junto a una reglamentación cada vez más estricta se han combinado para atenuar los programas de construcción de centrales nucleares. Aunque el verdadero problema es de naturaleza social y política: los pueblos simplemente no creen que podamos controlar los impactos de mayor alcance de la tecnología nuclear.

50.2.7. Impacto ambiental sobre los recursos hídricos (Consultar tema 12)

El futuro de la especie humana y de otras muchas puede verse comprometido, si no se produce una sensible mejora en la gestión de los recursos hídricos de la Tierra.

El agua dulce sólo representa el 0'01 % de la reserva total de agua del planeta. Esta cantidad se repone incesantemente mediante la lluvia y la nieve. Por desgracia muchas de estas precipitaciones ya llegan contaminadas a la Tierra.

El agua dulce que fluye por la tierra va cargándose de partículas y material disuelto (natural o residuos). Si la densidad de población, en el área de drenaje, es baja, los vertidos pueden degradarse por microorganismos (autopurificación natural). Cuando esta capacidad de autopurificación se supera, las sustancias de desecho pueden llegar a acumularse hasta en los océanos.

Según estimaciones, el ciclo del agua, dejaría agua suficiente para 20.000 millones de personas. Pero su distribución es muy irregular. El balance entre precipitación y evapotranspiración no deja duda al dividir el mundo en, países ricos y pobres en agua.

La agricultura es la actividad que requiere un mayor consumo de agua (73 % del volumen total). La carencia de agua se resuelve mediante la construcción de presas en los ríos o mediante la explotación del agua subterránea. A pesar de todo el agua escasea cada vez más, mientras aumenta la población. La sobreirrigación plantea un problema adicional, la salinización de los suelos por acúmulo de residuos salinos cuando el agua se evapora.

El problema principal no sólo es el de asegurar el suficiente suministro de agua, sino que ésta reúna las suficientes condiciones de calidad; esta circunstancia requiere, por lo tanto, su correcta depuración tanto de residuos orgánicos (biodegradables aunque, a veces, patógenos), como industriales (tóxico y más persistentes). Estas aguas contaminadas no sólo afectan a los ríos, lagos y océanos, sino también a los suelos (por lixiviación).

Algunos contaminantes del agua son de procedencia atmosférica (gases de óxidos de nitrógeno y de azufre); otros proceden del amoníaco procedente de explotaciones ganaderas intensivas que, mediante microorganismos, se transforma en nitratos (quimiosíntesis) que son los principales contaminantes de los acuíferos subterráneos. La acumulación de metales pesados, nutrientes y productos químicos tóxicos constituyen otra fuente notable de contaminación en los países industrializados (Rhén).

La calidad de las aguas no sólo depende de la cantidad de productos de desecho generados, sino también de las medidas descontaminantes adoptadas. La eficacia de estas medidas varía mucho de un país a otro. En la mayoría de los países que se van incorporando al mundo industrializado, la contaminación orgánica y fabril de los ríos va en aumento. En los países retrasados, donde crece la demografía, el tratamiento de los residuos es virtualmente inexistente, la contaminación del agua por residuos orgánicos es un fenómeno generalizado.

Si la contaminación de los ríos y lagos es potencialmente reversible, no lo es en el caso de las aguas subterráneas. Al no estar en contacto directo con el oxígeno atmosférico su capacidad de autodepuración es baja.

La prevención de la contaminación constituye el único método racional para abordar el problema, de manera especial en los países en vías de desarrollo, donde es probable un aumento de la dependencia de las reservas de aguas subterráneas.

La responsabilidad de la contaminación de los océanos y mares no recae en ningún país concreto y por tanto no resulta fácil salvaguardarla. Según sean las actividades específicas agrícolas e industriales de cada área de drenaje, la zona litoral se verá fertilizada y contaminada por los materiales detríticos y en disolución que recibe. Además en esta zona, además de ser la de máxima productividad, es en donde tienen lugar importantes reacciones físicoquímicas entre el agua marina y dulce.

Los caudales de los ríos, la escorrentía, el transporte atmosférico, el vertido o la incineración de residuos en el mar, la minería en la plataforma continental y los accidentes en el transporte marítimo son las principales vías por las que los 20.000 millones de Tm. de materiales disueltos y en suspensión llegan al océano; pero donde primero comienzan a afectar es en la zona costera.

La actividad humana es la responsable del daño generalizado infligido a los ecosistemas marinos. No sabemos bien cuál es la velocidad de acumulación de las sustancias tóxicas en los organismos marinos y si tal acumulación es reversible. Faltan datos para determinar con precisión los efectos del transporte de los productos químicos sintéticos a través de los océanos, así como la probabilidad de que las sustancias tóxicas acumuladas en los sedimentos de los fondos se introduzcan en la alimentación humana. Hemos de tener en cuenta que la recuperación de los océanos es mucho más difícil que la de los lagos y mares interiores.

Los resultados de la gestión de los recursos hídricos, tanto en cantidad como en calidad, no han sido adecuados. Todos los síntomas a un creciente deterioro de la calidad de las aguas dulces y marinas. El problema ha de abordarse de forma integrada con estrecha cooperación gubernamental e intergubernamental (en muchos países la gestión del agua y su depuración dependen de departamentos ministeriales distintos).

Los proyectos de gestión hídrica deben tender hacia un consumo eficaz del agua más que a un mayor suministro (ésta es la solución más costosa), que sólo conseguiría posponer los problemas. La explotación

de las aguas subterráneas para incrementar el suministro debería evitarse, a toda costa, a menos que se tengan garantías de que el acuífero se recargará de nuevo.

Se ha demostrado que las medidas de prevención de la contaminación y rehabilitación de las masas de agua que ya están contaminadas debería ir por delante del desarrollo de técnicas de purificación. Los remedios de "boca de desagüe" contra la contaminación por aguas industriales deberían sustituirse por el reciclaje y la reutilización del agua.

50.2.8. Otros impacto ambientales

A) La deforestación de los bosques tropicales

Considerados por largo tiempo como un recurso inagotable, los bosques de la Tierra y sobre todo los bosques tropicales húmedos están siendo rápidamente agotados y degradados debido a las diversas interacciones humanas tales como la agricultura, la explotación forestal, la ganadería, la recolección de leña, etc. En 1950, un 30 % de la masa terrestre estaba cubierta con bosques tropicales húmedos en comparación con un 12 % en 1975. La consecuente pérdida de fertilidad del suelo, la extinción de miles de especies animales y de plantas, los cambios climáticos que traen consigo sequías e inundaciones, el aumento de los gases del efecto invernadero, etc., han desempeñado un papel clave en el desplazamiento humano con dramáticas consecuencias.

B) El consumo energético

Desde 1900, el consumo mundial de combustibles fósiles (alrededor del 85 % del consumo mundial de energía) ha aumentado aproximadamente cuatro veces más aceleradamente que la población mundial. Se prevé que las principales fuentes de combustión fósil (petróleo, gas natural y carbón) durarán entre 35-50, 60-80 y hasta 200 años, respectivamente. Sin embargo, no es únicamente el agotamiento de estas fuentes de energía no renovable la causa de preocupación sino, también, la elaboración de subproductos dañinos debido a su uso excesivo (smog, lluvia ácida, derramamiento de petróleo, o el calentamiento global).

C) El uso del suelo a nivel global

De los 13.000 millones de Ha. de tierra en el mundo, el 31 % está constituida por bosques, 25 % por tierra de pastoreo y 11 % es cultivables, un 33 % se clasifican como tierras áridas.

Como las primeras tres categorías proporcionan gran parte de los recursos utilizados por el hombre y debido a que desde los orígenes de la humanidad, el control y uso de la tierra ha constituido un aspecto esencial de la supervivencia de la humanidad, el rápido crecimiento tanto de la población humana como del consumo no sólo ha incrementado la variedad de sus usos sino también la gravedad del impacto de su utilización, lo que trae como consecuencia la llamada, **degradación del suelo**, debido a la cual la superficie de tierra utilizables va disminuyendo.

En 1984, se estimaba que un 35 % de la superficie del suelo mundial se encontraba en peligro y que se destruía anualmente alrededor de 6 millones de ha. de tierra, siendo la principal causa de su degradación el sobrepastoreo, el sobrecultivo, la salinización y la deforestación que genera erosión del suelo, inundaciones, pérdida de vegetación, sequía, desertificación, pobreza,...

D) Impactos ambientales de la minería

La minería moderna da lugar a impactos ambientales considerables, de los más graves causados por la actividad humana. Aunque los más aparentes se concentran en la zona minera propiamente dicha, suelen afectar a los lugares adyacentes (cambio de la morfología local por las excavaciones, vibraciones que pueden verse acompañadas de hundimientos, erosión, ruidos) y pueden alcanzar regiones muy lejanas (contaminación de las aguas superficiales y/o subterráneas y marinas, contaminación del aire, e incluso la totalidad del planeta.

De cara al futuro hay motivos para temer que los impactos sean mayores (mayor demanda, proliferación de explotaciones a cielo abierto, las leyes menores de los minerales, etc.). Sería posible disminuir los impactos, aunque se tradujera en un alza importante de los precios.

A más largo plazo no es posible conocer con certeza cuál será la situación que dependerá, además de los precios, de los avances tecnológicos (por ejemplo la gasificación de carbones en profundidad, o el impacto de la minería de los fondos oceánicos).

50.3. Reflexión final

No hemos pretendido ser exhaustivos en la enumeración de todos los impactos ambientales que la actividad del hombre ha tenido y tiene sobre nuestro planeta. Podíamos también haber tomado en consideración otros tales como los derivados de:

Obtención de alimento (caza de animales con el empleo de fuego, cultivos fijos y móviles, irrigación, sobrepastoreo del ganado doméstico, nomadismo, desecación de zonas húmedas, sobrecaza de especies selectas, o los problemas derivados de un desarrollo acelerado (modificaciones a gran escala de los ecosistemas tropicales, migraciones, urbanizaciones caóticas, etc.

Para que todos estos problemas del cambio global sean tratados de forma efectiva, se requiere el esfuerzo concertado de todas las naciones, ya que el fenómeno del cambio global trasciende todas las fronteras. Diversas razones (económicas, políticas, culturales, religiosas) dificultan lograr una acción mundial sustentable y armoniosa al respecto. Si se enfocan estas cuestiones de manera de producir resultados educativos orientados a un cambio de comportamiento humano, en los próximos años estos cambios de comportamiento podrían conducir a una solución, aunque sea parcial, de dichos problemas.

Siendo la formación de ciudadanos ambientalmente responsables el objetivo ineludible de la **educación ambiental**, ésta constituye uno de los principales mecanismos para impartir instrucción sobre el cambio global ya que, como se ha mencionado antes, la solución (parcial) de los problemas relativos al cambio global depende en gran medida de los cambios de comportamiento humano producidos por una adecuada educación.

Es necesario no perder de vista el hecho de que traducir estos objetivos en una realidad educativa no es tarea fácil para el educador, ya que aunque sabemos que "**el conocimiento proporciona comprensión cuya consecuencia es la acción**", las investigaciones revelan que el proceso que conduce a un comportamiento responsable no es tan directo ni transparente y que existen muchas variables que merecen consideración, tales como el curso que toman las acciones disponibles más efectivas, la capacidad para aplicar el conocimiento a los asuntos tratados, el deseo de actuar, sin mencionar factores coyunturales tales como las dificultades económicas, las presiones sociales, etc.

Además, en el caso específico de la capacitación en el campo del cambio global mediante la educación ambiental, los educadores nos enfrentamos a un desafío adicional: capacitarnos para visualizar el cambio global holísticamente y al mismo tiempo ser capaces de analizar problemas individuales a nivel local y regional. Existe, además, un cierto número de problemas que surgen por:

- Falta de información suficiente en diversas áreas;
- dudas en relación a la exactitud y significado de la información existente, y
- distintas interpretaciones sobre ciertos fenómenos debido a las diferencias que prevalecen respecto a los valores políticos, económicos, sociales y religiosos.