

Ciencias de la Tierra y del Medio Ambiente

Material curricular para su aplicación en el aula

G. T. Jimeno (dir.) y M. Herrero



FUNDACION
ARGENTARIA

VISOR
(dis., S.A.)

GASPAR T. JIMENO DIESTRO (DIR.)
MARIANO HERRERO CID

CIENCIAS DE LA TIERRA
Y DEL MEDIO AMBIENTE
Material curricular para su aplicación en el aula

COLECCIÓN
ECONOMÍA Y NATURALEZA
SERIE «TEXTOS APLICADOS»

CIENCIAS DE LA TIERRA
Y DEL MEDIO AMBIENTE
Material curricular para su aplicación en el aula

JIMENO DIESTRO, GASPAR T. (DIR.)
HERRERO CID, MARIANO



FUNDACION
ARGENTINARIA

VISER
(dis., s.a.)

Colección «Economía y Naturaleza». Volumen X
Serie «Textos Aplicados»

Diseño portada: Aitor Méndez y Raquel de la Fuente

© Fundación Argentaria - Visor Dis., 1998
Tomás Bretón, 55 - 28045 Madrid

ISBN: 84-7774-980-9
Depósito Legal: M-29 662-1998

Visor Fotocomposición
Impreso en España - *Printed in Spain*
Gráficas Rógar. Navalcarnero (Madrid)

ÍNDICE

PRESENTACIÓN	9
INTRODUCCIÓN	11
CARACTERÍSTICAS GENERALES	13
CONTENIDOS GENERALES	21
– Objetivos	23
– Bloque temático 1: Medio Ambiente	27
<i>Unidad Didáctica 1: Sistemas ambientales terrestres (transparencias 1-3)</i>	28
<i>Unidad Didáctica 2: Evolución de las relaciones hombre-naturaleza (transparencias 4-5)</i>	34
– Bloque temático 2: Sistemas Terrestres. Funcionamiento y Problemática Ambiental	39
<i>Unidad Didáctica 3: Las capas fluidas: la Atmósfera (transparencias 6-14)</i>	40
<i>Unidad Didáctica 4: Problemática Ambiental asociada a la estructura y dinámica de la Atmósfera (transparencias 15-36)</i>	58
<i>Unidad Didáctica 5: Las capas fluidas: la Hidrosfera (transparencias 37-41)</i>	102
<i>Unidad Didáctica 6: Problemática Ambiental asociada a la Hidrosfera (transparencias 42-60)</i>	112
<i>Unidad Didáctica 7: Las capas sólidas: la Geosfera (transparencias 61-64)</i>	150
– Bloque temático 3: Relaciones Ambientales entre el Hombre y la Geosfera	159
<i>Unidad Didáctica 8: Los Recursos Naturales (transparencias 65-86)</i>	160
<i>Unidad Didáctica 9: Los Impactos Ambientales (transparencias 87-94)</i>	204
<i>Unidad Didáctica 10: Los Riesgos Naturales (transparencias 95-107)</i>	220
– Bloque temático 4: La Biosfera	247
<i>Unidad Didáctica 11: Ecosistemas. Estructura y función (transparencias 108-115)</i>	248
– Bloque temático 5: Medio Ambiente y Desarrollo Sostenible	265
<i>Unidad Didáctica 12: Medio Ambiente y Desarrollo (transparencias 116-117)</i>	266
ANEXO	271
BIBLIOGRAFÍA	285

PRESENTACIÓN

La presente publicación está basada en un trabajo premiado en la XIV convocatoria de los *Premios Francisco Giner de los Ríos*, que conceden el Ministerio de Educación y Cultura y la Fundación Argentaria. Su título, *Ciencias de la Tierra y del Medio Ambiente, material curricular para su aplicación en el aula*, es el mismo que el del proyecto premiado. Su autor, Gaspar T. Jimeno Diestro, Catedrático Numerario de Bachillerato de Ciencias Naturales, se ha encargado, además, del diseño artístico de los esquemas utilizados como base fundamental de la obra, de la producción, realización técnica, edición y montaje de las fotografías, del desarrollo del material de apoyo escrito que acompaña al estrictamente audiovisual, del diseño de la metodología y de la posible aplicación didáctica y pedagógica en el aula.

También se ha contado con la colaboración de Mariano Herrero Cid, que ha participado en las áreas de producción, de la realización tecnológica de los materiales, del diseño gráfico de los esquemas utilizados como base fundamental de la obra, de la composición y maquetación del texto, así como de la realización técnica, edición y montaje de las fotografías incluidas.

INTRODUCCIÓN

La Ley Orgánica 1/1990, de 30 de octubre, de Ordenación del Sistema Educativo (LOGSE), considera la calidad de la enseñanza como un reto de futuro en la educación de nuestros alumnos, destacando como factores que más inciden y favorecen su mejora, la innovación y la investigación educativa.

Por otro lado, uno de sus objetivos generales es: «Dar respuesta a la necesidad de adecuar nuestro sistema (educativo), a una sociedad en acelerado proceso de modernización (con continuos cambios culturales, tecnológicos y productivos) que camina hacia un horizonte común para Europa».

En su base legal, el RD 1007/1991, del 14 de junio, «BOE» del 26-6-91, desarrolla las enseñanzas mínimas de la Enseñanza Secundaria Obligatoria (ESO). Mientras que el RD 1178/1992 del 2-10-92, y RD1179/1992 del mismo día, lo hacen del Bachillerato. En estos últimos reales decretos y para los niveles de Bachillerato aparecen las enseñanzas mínimas y los currículos de una asignatura: Las Ciencias de la Tierra y del Medio Ambiente, que pretende integrar y aplicar la base científica de las Ciencias de la Tierra en el conocimiento, análisis y resolución de los problemas ambientales planteados en el planeta por diversas causas, fundamentalmente las antrópicas.

Con este marco de referencia inmediata, este trabajo ha sido coeditado por la FUNDACIÓN ARGENTARIA y VISOR DIS., en colaboración con el MINISTERIO DE EDUCACIÓN Y CULTURA, para la divulgación y aprovechamiento del mismo.

El trabajo pretendía entonces, y pretende ahora, en su modestia, contribuir tanto a la mejora de la calidad de la enseñanza de los alumnos como a la adecuación del sistema educativo a las exigencias del horizonte común europeo. Todo ello, a través de la investigación curricular y metodológica, que queda plasmada aquí en un conjunto de materiales gráficos audiovisuales acompañados del correspondiente material escrito, que explican las bases científicas de la asignatura en cuestión, y que en el trabajo completo se desarrollan en forma de programación didáctica de la asignatura citada, las Ciencias de la Tierra y del Medio Ambiente, aportando más material gráfico y escrito para el cumplimiento de los objetivos de la asignatura en el convencimiento de que *«sin un material básico que sirva de apoyo, al menos inicialmente, no es posible el cumplimiento de los objetivos de la educación»*.

Para justificar el acierto que supone la introducción en el sistema educativo de una materia como la que este trabajo desarrolla, sólo habría que pensar en la progresiva implicación del ciudadano en la temática que nos ocupa, en la gestión social que éste debe desarrollar en el control de la política medioambiental o en las acciones contra el medio que el ciudadano debe juzgar.

Por lo que posiblemente sea la concienciación de los alumnos (los futuros ciudadanos) la única vía en definitiva que nos queda para alcanzar la solución a los problemas ambientales planteados en el planeta a diferentes escalas espaciales y temporales, y por eso las recomendaciones de las conferencias internacionales desde Estocolmo 72, Tblissi 77, Río 92, etc., van en el sentido de que ése sea el mejor método, más rentable a medio y largo plazo, frente a otras alternativas menos viables como pueden ser la concienciación y modificación de la voluntad de los políticos, desbordados en su «sensibilidad ambiental» (la mayoría de las veces folclórica) por los ciclos, normalmente cortos, de sus mandatos y por sus ambiciones de poder.

Por tanto, las preguntas inmediatas que nos podemos hacer son: ¿dónde, cuándo, cómo educar al ciudadano? Indudablemente las respuestas a estas preguntas serán: en la escuela, en los niveles no universitarios fundamentalmente y a través de programas de educación en temas de Medio Ambiente y de Educación Ambiental.

CARACTERÍSTICAS GENERALES

El objetivo fundamental del presente trabajo y para lo que está concebido es *para su aplicación práctica en el aula*, puesto que pretende «*facilitar el aprendizaje de los alumnos a partir de la utilización de los medios audiovisuales, por los profesores y por los propios alumnos*».

Pretende constituir un «germen inicial», con el que el profesorado pueda trabajar, si así lo desea, en el nuevo sistema educativo y que le sirva, a modo de sugerencia, para nuevos planteamientos y actividades personales o de grupo en el progreso del aprendizaje de los alumnos.

Porque la programación general en su conjunto —que estos materiales curriculares apoyan— y que va desde el establecimiento de los objetivos de concepto en primera instancia, hasta la evaluación final, suponen toda ella un modelo de aprendizaje basado en su aplicación práctica. Si bien en este caso, como es fácil comprender por la extensión primitiva de la obra original, se recogen exclusivamente aquellos materiales de aplicación práctica con medios audiovisuales, así como los materiales gráficos e impresos de desarrollo conceptual-teórico que explican la base científica de la asignatura ajustada al nivel correspondiente, así como los objetivos que se pretenden conseguir. La experiencia de los profesores les debe permitir programar, a partir de los materiales que se acompañan, la totalidad de la asignatura.

En cualquier caso la metodología que se utiliza y se sugiere a lo largo del mismo es una metodología activa, de participación, basada en la investigación en el marco:

- **Didáctico:** por lo que supone ser un trabajo que intenta, al menos para nuestro ámbito de trabajo, adaptar el proyecto curricular del área de Ciencias a las nuevas exigencias derivadas de la Reforma de las Enseñanzas Medias en el entorno.

Presentado en forma de *recursos didácticos* de fácil aplicación en el aula; dentro del sistema educativo en el nivel oportuno, facilita el aprendizaje del ciudadano futuro y adecúa su formación a la línea educativa presente y futura de los países europeos, máxime teniendo en cuenta la recomendación de la Unión Europea —a posteriori de la evaluación del grado de comprensión de los conceptos de *desarrollo sostenible* y *responsabilidad ambiental* entre los agentes sociales— de momento mínima. Por eso, se recomienda la introducción de esos conceptos, entre otros a través de la educación.

- **Curricular:** puesto que su elaboración ha requerido una investigación bibliográfica actualizada (la comprendida entre los años 1985-1995), de su análisis y de su posterior síntesis para construir los materiales y donde se fijan las bases conceptuales de la asignatura en cuestión para el nivel considerado, procurando adaptar el nuevo currículo a las directrices educativas de la Unión Europea.

- **Metodológico:** porque aquí, con el trabajo del profesor permite la aplicación de contenidos, procedimientos, temporalización, evaluación, etc.

- **Tecnológico:** por estar concebido para la utilización racional de los recursos técnicos audiovisuales, de uso actual en cada centro y por su posible transformación para uso con técnicas más sofisticadas de aplicación en un futuro inmediato.

- **Organizativo:** por la propia estructura elegida en su conjunto, que supone una enseñanza reglada de fácil aplicación. (Ver apartado de metodología.)

Orientaciones didácticas para la elaboración del currículo

Las orientaciones didácticas para la elaboración del currículo que en este trabajo se tratan, se recogen de diversas fuentes:

- La base legal desarrollada en el RD 1178 y 1179/1992.
- Las orientaciones didácticas publicadas por el propio Ministerio de Educación y Cultura.
- Las orientaciones sugeridas en los currículos de los países desarrollados.
- Las recomendaciones de la Unión Europea en relación con la educación para los niveles no universitarios de Enseñanza basada en: la ética, la internacionalización y la ambientalización de los currículos.
- La experiencia personal y la interpretación del RD citado.

Destinatarios, área, nivel y curso de aplicación

Los materiales de investigación curricular con aplicación en el aula que se presentan, están pensados para ser utilizados indistintamente por los profesores y los alumnos. Aquéllos, por ser los encargados de impartir la asignatura del currículo de Bachillerato denominada Ciencias de la Tierra y del Medio Ambiente, éstos al estar matriculados en ella.

Se pretende facilitar el trabajo del profesorado con un material original, que le sirva, cuando menos, de punto de apoyo en su labor diaria y que le permita abrir, a través de la sugerencia, nuevos caminos gracias a la aportación personal de su trabajo diario en el aprendizaje de sus alumnos en esta materia.

Este trabajo, en función de la estructura elegida, tiene una ubicación y aplicación natural en el área de Ciencias de la Naturaleza y Salud, en concreto en el nivel de Bachillerato.

También se han tenido en cuenta la posibilidad de dar al trabajo la suficiente versatilidad para que, además de utilizarse en el nivel apuntado, pudiera hacerse en otros del mismo área o de áreas próximas, dado su carácter interdisciplinar.

Algunos de los aspectos tratados pueden utilizarse en asignaturas próximas del área y nivel, como la biología y geología, así como, debidamente tratados sus contenidos, adaptarlos a otros niveles.

Especificaciones técnicas y metodología de uso

Los materiales de desarrollo curricular que se presentan –y que sirven para la aplicación práctica de la asignatura de Ciencias de la Tierra y del Medio Ambiente, correspondiente al nivel del segundo curso del bachillerato en la modalidad de nueva implantación derivada de la aplicación de la Ley Orgánica General del Sistema Educativo– pretende ser *«un recurso relevante para el profesorado que contribuya a su autoformación»*.

Aunque en parte sea titulado recurso, su planteamiento, desarrollo y diseño pretende *integrar en el propio recurso, la totalidad del currículo general considerado de la asignatura*. Más adelante se apuntará la programación general de contenidos mínimos tratados que los materiales curriculares ofrecen.

El diseño y la concepción original de los mismos se ha hecho, pensando en darle una utilización que fuera lo suficientemente versátil para usarlo principalmente como *material para los medios audiovisuales*, cuya recomendación de uso en la enseñanza está fuera de toda duda, al estar contrastados los resultados.

Pero en ningún momento se recurre a medios audiovisuales sofisticados, ni aquellos especiales que requieran desembolsos extraordinarios para el centro. Únicamente se aplican los que componen la dotación habitual de origen en un centro docente como son el retroproyector, para el que ~~es~~ pensado fundamentalmente este trabajo, el proyector de opacos y el proyector de diapositivas, si bien en este caso no se edita material para opacos ni las diapositivas que acompañaban la obra original, que deben ser sustituidas por las de la dotación de cada profesor y cada centro en relación con el tema.

Material didáctico para retroproyector. Transparencias

Constituyen la base fundamental del trabajo, el núcleo del trabajo original con mayor transcendencia volumétrica. En un número de 117 trans-

parencias, presentan como características fundamentales reseñables sus dos modalidades de elaboración: Unas, se montan en base a los llamados «Puntos de Interés Medio Ambiental», o PIMA en abreviatura.

Con esta estructura se pretende conseguir un aprendizaje basado en el estudio de aspectos concretos, al dibujar, sobre el material del PIMA que después configurará la transparencia, aquellos aspectos que se han considerado interesantes para la explicación lógica de los conceptos incluidos en el currículo general, que siendo teóricos son estudiados ahora sobre un caso real. En el texto, en un anexo al mismo, se incluye la interpretación que se hace sobre el punto de interés medio ambiental considerado. Además con esa metodología de trabajo se consigue, por un lado, la utilización individual de la transparencia, pero también el conocimiento geográfico donde se da el proceso explicado y el aprendizaje sobre una situación real, lo cual permite la extrapolación inmediata, en su caso, a otras regiones geográficas donde se puedan dar procesos semejantes, es decir, la generalización. Es evidente que la combinación de uso del material en otro orden diferente es posible, por lo que la aplicación metodológica varía, controlándose perfectamente la circunstancia que se da en cada caso.

En otras transparencias, que por su temática escasa o por su complejidad no requieren el diseño sobre casos reales, o los mismos resultan difíciles de obtener por imposibilidad técnica u otras razones, se ha elegido para su elaboración, bien un esquema o un modelo original idealizado. En ambos casos se ha procurado buscar la concreción después de la investigación curricular, para su adaptación al nivel correspondiente y para que después, con una técnica gráfica sencilla, claramente ejecutada, el alumno pueda alcanzar mediante la visualización de procesos que permite el uso de los medios audiovisuales el «conocimiento lógico de la ciencia» a través de la consecución de los objetivos conceptuales que se buscan. A veces, los gráficos que conforman la transparencia llevan incluidas las bases conceptuales, evitándose así la descripción en texto.

Tanto en un caso como en el otro las transparencias, según la temática que contienen, conceptualizan los contenidos, como se ha explicado más arriba, unas veces desde el punto de vista teórico-formal, y descriptivo; otras, desde la contemplación de los aspectos físico-químicos que ocurren en la naturaleza; y las más, desde los procesos fenomenológicos, o desde la incidencia geográfica, la evolución de los parámetros medio-ambientales, las circunstancias sociales que rodean los procesos naturales, las económicas, de salud, etc.

Lógicamente, la edición de este trabajo se hace sobre papel para facilitar su archivo unitario y evitar la degradación de las transparencias con el manejo. Para su uso práctico en el aula como transparencia, hay que fotocopiarla en papel acetato antitérmico en cualquier fotocopiadora, ya sea en blanco y negro o en color.

Las transparencias se han editado con un máximo de información. Si los profesores para su uso en el aula eliminan los conceptos desarrollados en ella y las reproducen sin la información, su rendimiento se rentabiliza en otros aspectos metodológicos, ya que en este caso sirven para el análisis de los *preconceptos del alumno* (muy útiles para el profesor), en la *autoevaluación* (utilizable de forma conjunta por los profesores y los alumnos), o en la *evaluación* general del conjunto, (del alumno por el profesor), *prueba de conocimientos* (alumnos), etc.

Con cada transparencia se edita su material de apoyo correspondiente, que facilita su utilización, en idéntico número al que hay de transparencias. En él, se desarrollan de forma escrita los conceptos definidos gráficamente y explicados en ellas, los procesos físico-químicos, los planteamientos ambientales y/o las conclusiones, o todas las circunstancias relacionadas con la transparencia.

Este material gráfico y escrito constituye *la base científica de la asignatura* y le puede servir al profesor como guía, orientación, núcleo de enseñanza, etc., según su criterio, *además de posibilitar la diversidad de la clase y adaptarlo a las peculiaridades de la misma*. Con lo cual se consigue como primer objetivo ofertar «Materia concreta, específica, desarrollada en sus objetivos conceptuales, de procedimiento y actitud, así como una metodología experimentada, para su aplicación directa».

Se ha pretendido, en definitiva, pasar del fundamento teórico al práctico, para que antes de plantearnos otros objetivos procurar conseguir lo que suele faltar en los trabajos sobre el medio ambiente y la educación ambiental, «*un cuerpo de doctrina estructurado*», que permita «*estabilizar la asignatura en cuestión, como tal*» dentro del área y nivel específico para el que se pensó.

A partir de aquí, surge como segundo objetivo, el de la «ambientalización del currículo». Se ha elegido para hacerlo la vía de la «*elaboración curricular ambiental específica*», frente a la inclusión de temas concretos en algunas asignaturas con afinidad clara en estos temas.

El desarrollo de los materiales que se presentan, tanto en el plano gráfico, para su observación visual-general, como en el conceptual, de estudio, pretende dar «*la suficiente consistencia pedagógica a la materia*», en el nivel y área en el que está pensada (algo que sin duda es mejorable desde muchos aspectos con sucesivos trabajos), para evitar que, como ocurre o ha ocurrido el algún país europeo, al buscar un tratamiento en estos temas exclusivamente transversal e interdisciplinar a ultranza, se acabe por dispersar el núcleo central del trabajo, sobre todo si no existe la suficiente coordinación temática entre las áreas de los centros (algo absolutamente habitual).

Una vez conseguido esto, ya sería posible exportar la ambientalización, objetivo que en el trabajo se ha procurado plasmar al desarrollarlos, de forma y manera que los materiales puedan ser utilizados además de para lo

que fueron concebidos, en otras asignaturas del área o áreas próximas a ellas.

Como ejemplo de lo anterior puede servir el conjunto de materiales que describen el desarrollo de los procesos físicos-químicos que ocurren en la naturaleza, ya sean de forma natural directa, debidos a la propia dinámica de ésta, ya sean inducidos por la propia actividad humana. Aquéllos deben y pueden ser utilizados para el aprendizaje en el cuerpo doctrinal de algunas asignaturas como física, química, geología, biología; éstos, con el toque transversal de la ambientalización. Por tanto, de esta manera además de ambientalizar, se está consiguiendo un tercer objetivo, *la búsqueda de relación interdisciplinar*.

La necesidad de la conservación sincrónica del medio ambiente, de la utilización de forma sostenible para el uso y disfrute de las generaciones actuales, no debe estar separada de la obligación de conservación diacrónica, para legarlo a las generaciones futuras. Surge entonces la necesidad de considerar la incidencia que todas las actividades naturales, o las inducidas por los seres humanos, tienen tanto en los sistemas naturales, como en aquéllos semitransformados o en los urbanos, así como en sus habitantes, en su patrimonio histórico artístico, etc. *Se está haciendo, y así se recoge en el trabajo por tanto, una relación entre aspectos de la Ciencia y la Sociedad, o entre Ciencia y Salud.*

Tampoco faltan en el trabajo los materiales que pretenden al menos apuntar algunos aspectos técnicos concretos, en relación con algún proceso netamente industrial, o geotécnicos, práctico en definitiva, relacionable con la tecnología que se utiliza en la actualidad en estos campos. *Relaciones Ciencia-Tecnología.*

En la mayoría de los casos, las bases de conocimiento se desarrollan de forma práctica a través de: «La investigación del entorno inmediato», siguiendo las recomendaciones didácticas pertinentes que, desde la Conferencia Internacional de Tblissi 1977, aconsejan la elaboración de programas educativos basados en el estudio de las condiciones locales, y como posteriormente recogen las directivas de los países de la OCDE en relación con los temas medioambientales.

Para ello se eligen modelos reales, y no teóricos. Ilustrados gráficamente, *«tomando el país como modelo de aprendizaje de los problemas generales»*, por varias razones: *por la necesidad de conocer la peculiaridad ambiental nacional, porque no es necesario recurrir a situaciones ajenas a nuestro entorno, en tanto en cuanto que los alumnos tienen un conocimiento directo inmediato de que en España, globalmente «se tiene», aunque a veces es mejor decir se padece, una gama de situaciones ambientales donde concretar su estudio, analizar y extraer conclusiones.* Aunque la problemática ambiental es mucho más, se es consciente de ello, y es evidente que no están todos los ejemplos que son, por lo que el profesorado puede incorporar otros

muchos de los dispersos por el país. Como ejemplos pueden servir los siguientes: la biodiversidad peculiar, las inundaciones, las avalanchas, las riadas, la «pertinaz sequía», la erosión de los suelos, los problemas de desertificación, los terremotos que esporádicamente suceden, el riesgo volcánico, etc., entre otras, dentro de una amplia panoplia. *La elección de modelos reales y su desarrollo de forma audiovisual obedece al reto que supone la crítica que desde el propio Tblisi 1977 hasta hoy, se hace en el sentido que «el material audiovisual raramente es utilizado en las actividades educativas».*

Esto se hace, y se recomienda hacer como ocurre en algunos ejemplos, mediante la elección de lo que se ha venido en llamar «puntos de interés medio ambiental» (PIMA), que pueden ser clasificados en: naturales, semi-transformados o urbanos, todos ellos de la geografía nacional, y que han sido elegidos sin otra causa de selección razonada que pretender la concreción al mostrar algún aspecto medioambiental, que sirva para *conseguir los objetivos científicos y didácticos, conocer el problema puntual localizado en un lugar determinado, sugerir la misma aplicación metodológica para idénticas o similares situaciones en el entorno próximo de las personas que utilicen el material.*

Y sobre todo generalizar, romper con la tendencia aislacionista, cada vez más marcada, de olvidar lo que sucede fuera del ámbito más cercano. Esto, de alguna manera y salvando la lógica escala, asume la recomendación de internacionalización que más arriba se hacía desde los sistemas educativos europeos.

El estudio práctico de las bases científicas conlleva como objetivo «*la resolución de problemas concretos*» a diversas escalas: la macroescala, en problemas ambientales generales y globales; la mesoescala y la microescala en la problemática más local, *para que al final el alumno a través del aprendizaje progresivo «basado en un programa organizado», consiga adquirir conocimientos, una metodología de trabajo y unos valores éticos en Educación Ambiental, útiles y del tipo de respeto al medio, de modificación de actitudes, de actuación en la mejora del medio, de recuperar espacios, etc.*

CONTENIDOS GENERALES

Independientemente del desarrollo detallado que más adelante se hace, hay que apuntar aquí que el trabajo está estructurado en cinco bloques temáticos, cuyos epígrafes más generales están próximos, como por otro lado es lógico, a los de la base legal que desarrollan los contenidos mínimos de la asignatura de Ciencias de la Tierra y del Medio Ambiente publicados en el «BOE» referenciado. Estos bloques temáticos son los siguientes:

1. Medio Ambiente.
2. Bases científicas de los principales sistemas terrestres inanimados.
3. Relaciones ambientales entre el hombre y la Geosfera.
4. La Biosfera.
5. La gestión ambiental. Medio Ambiente y desarrollo sostenible.

El desarrollo de detalle de una programación de contenidos tan amplia como ésta permite conseguir con el bloque temático 1 la concepción actual de Medio Ambiente, su evolución en el tiempo desde un punto de vista natural como desde el inducido por la acción antrópica, así como la estructuración sistémica del Medio Ambiente en: los sistemas naturales y en los sistemas antrópicos, y las relaciones conflictivas que se dan entre ellos.

Se desarrolla a través de las dos Unidades Didácticas, que en este caso coinciden también con dos temas, uno en cada una. El primero estudia la evolución del concepto de medio ambiente en el tiempo, la clasificación y descripción de los sistemas ambientales naturales y su evolución catastrófica natural y normal en el tiempo, así como a la contribución de los sistemas orgánicos a esta evolución.

El segundo tema analiza las relaciones entre el hombre y la naturaleza desde el punto de vista de los sistemas antrópicos, de las características de los mismos y de los efectos que en los sistemas ambientales naturales generan, como son las crisis ambientales. Los sistemas antrópicos definidos, del tipo Tecnosfera sobre todo, Sociosfera y la Noosfera, o sistema de ideas que gobiernan el comportamiento humano en las relaciones hombre-medio, se plantean para su estudio desde la visión meramente conceptual físico-química o fenomenológica, siendo conscientes que para su estudio integrado debe abordarse desde una perspectiva interdisciplinar.

El segundo bloque temático, Los Sistemas Ambientales Terrestres, pasa revista, en un primer lugar, al funcionamiento físico-químico de los sistemas naturales, así como a la problemática ambiental que en ellos se plantea a las distintas escalas de estudio en la actualidad, como consecuencia de la actividad humana. Pretende recoger, desde la perspectiva educativa y formativa, las preocupaciones plasmadas en los reglamentos y directivas de la Unión Europea en relación con: protección de bosques, frente a la contaminación atmosférica, la lluvia ácida, etc...; la contaminación marina; la disminución de la emisión de CO₂, etc.

Estudia el funcionamiento global de los principales sistemas ambientales no orgánicos. Al comienzo de cada uno se introduce una unidad didáctica con un tema que analiza los aspectos científicos y técnicos del sistema en cuestión: Atmósfera, Hidrosfera, Geosfera, con distintas variables según los casos: *la Genética*, por la importancia que el origen de cada sistema puede tener en la posterior modificación ambiental de sus parámetros; *el Dinámico*, porque el fin ambiental que se da al trabajo trasciende más allá de lo puntual a mayores escalas, y eso es consecuencia de la propia dinámica de los sistemas; *la Físico-química*, por las múltiples reacciones y relaciones que se dan en su interior.

A continuación, y para los sistemas ambientales fluidos, la Atmósfera y la Hidrosfera, se establecen sendas unidades didácticas que contienen diversos temas cada una, donde se estudian de forma detallada «*la problemática ambiental asociada a la estructura y dinámica de cada sistema*».

Es indudable que la prioridad se da a los aspectos ambientales como hilo conductor del trabajo y como medio educativo de modificación de actitudes. Aunque en algunos casos se estudia, pudiéndose ampliar su análisis bajo la perspectiva de la incidencia económica, la social, o los aspectos legislativos y preventivos de los mismos.

Para el estudio de la problemática ambiental ligada a las capas fluidas se han considerado diferentes escalas de trabajo; por un lado, se abordan los grandes problemas ambientales globales causados y que afectan al medio en su conjunto y a la humanidad en particular, y, por otro, problemas más puntuales y específicos que pueden albergar diversas escalas de trabajo tanto espaciales como temporales: locales, regionales, comunitarias, nacional. Las de menor escala permiten el diseño de actividades concretas de aprendizaje en el aula, no señaladas aquí.

Como ejemplo de lo dicho valgan los siguientes: el agujero de la capa de ozono, el efecto invernadero, la lluvia ácida, como problemas a mayor escala; o la contaminación de medios hipertransformados como los urbanos entre el segundo caso, a menor escala. Para la modelización de los problemas ambientales locales de contaminación urbana o de las aguas se han utilizado ejemplos significativos reales.

El bloque temático tercero, concebido como un núcleo independiente, estudia las relaciones entre la humanidad y la Geosfera a través de tres aspectos fundamentales: el aprovechamiento de los recursos con el fomento de energías limpias y renovables (directrices de la Unión Europea), los impactos ambientales derivados de esta actividad, gestión y vigilancia de residuos (reglamento de la Unión Europea) y de los riesgos naturales e inducidos que este sistema provoca, haciendo hincapié en la predicción y prevención de los mismos, así como las bases generales de Ordenación del Territorio.

Estas tres directrices, dan pie a las tres unidades didácticas correspondientes, que contienen varios temas que estudian los aspectos conceptuales, los técnico-ambientales, los económicos, los sociales, dando importancia en su caso a los hechos predictivos, de restauración de espacios, etc., y que hacen de este bloque un núcleo cuantitativo muy importante dentro del trabajo.

El bloque temático cuarto, la Biosfera, estudia el sistema exclusivamente orgánico en dos direcciones, por un lado, su distribución, estructura más general y funciones principales de la Biosfera en sus diferentes niveles de organización y por otro de su problemática ambiental, a gran escala, sobre todo de la causada por la acción antrópica y sus consecuencias predictivas futuras.

Por último, el bloque temático 5 recapitula y reflexiona sobre todo lo anterior, desde la perspectiva general de la necesidad de búsqueda de soluciones sincrónicas y diacrónicas para solucionar la problemática ambiental existente. No obstante, se ha considerado que, más que plantear el estudio sistemático del bloque como uno más con exclusivos contenidos teóricos, es preferible hacerlo desde el planteamiento de actividades prácticas en cada uno de los bloques anteriores como se hace en la obra original, encaminados a que el alumno muestre y practique sus ideas de aplicación en desarrollo sostenible sobre los modelos reales del trabajo, buscando una gestión medioambiental correcta y favoreciendo la «internacionalización del concepto de Desarrollo Sostenible en el ciudadano futuro».

Los contenidos concretos que se desarrollan en cada una de las 117 transparencias, pueden leerse en el material escrito que describe las bases conceptuales tratadas en cada una de ellas.

Objetivos

Los objetivos didácticos que se persiguen, con una programación de contenidos como la que este trabajo desarrolla, deben servir para alcanzar como objetivos globales los siguientes:

Objetivos globales

- Comprender la naturaleza básica de la Ciencia que nos ocupa.

- Entender la aplicación práctica del conocimiento de las Ciencias Ambientales en un entorno geográfico general como España.
- Contribuir en la medida de lo posible a un nuevo desarrollo metodológico en educación.
- Favorecer el pensamiento formal del alumno/a.
- Servir de base sólida para afrontar estudios superiores.

Objetivos generales

Los objetivos generales deben formularse con dos vertientes de aplicación. La primera, la de tratar de conseguir una utilidad real por el propio trabajo en sí, en cuyo caso los objetivos deben formularse así:

- Constituir una síntesis, siempre parcial, de la investigación y experimentación con la tecnología audiovisual en el aula.
- Convertirse en un material didáctico útil, de fácil aplicación en el aula o fuera de ella.
- Contribuir a la autoformación del profesorado por sí mismo, y como sugerencia de nuevas variables al trabajo ya impreso.
- Ocupar un espacio habitualmente vacío en la producción de material didáctico práctico para su utilización con medios audiovisuales.
- Aportar, como material de apoyo exclusivamente audiovisual, la síntesis adaptada al nivel correspondiente, de la investigación medioambiental actual.
- Aprovechar racionalmente el tiempo dedicado al aprendizaje de los alumnos, gracias a la ayuda y al apoyo que el material gráfico puede aportar a la clase diaria.
- Facilitar la comprensión de un temario absolutamente nuevo gracias a un material de uso práctico.
- Ayudar a conseguir los objetivos conceptuales, de procedimiento y actitud que se plantean.
- Elevar el nivel de actitud responsable frente al medio.
- Desarrollar un mecanismo metodológico basado en la utilización contrastada, por la propia experimentación del método con medios audiovisuales.
- Posibilitar el trabajo en problemas medioambientales a través del estudio de los postulados iniciales y finales del propio alumno.
- Servir de base para la evaluación de contenidos de todo tipo.

Y la segunda vertiente sería la de formular unos objetivos generales en relación con el propio currículo de la asignatura y cuyos objetivos publicados en el «BOE», con las matizaciones que los complementan, se asumen en sus planteamientos globales con la peculiaridad de aplicarlos en un

entorno geográfico como es el español en el caso de usarlos a meso y microescala.

La formulación de los mismos quedaría:

- Comprender el funcionamiento de los sistemas naturales terrestres.
- Conocer sus interrelaciones a diversas escalas, la local, la regional, la nacional y la global.
- Estudiar las bases científicas de los sistemas naturales y transformados del entorno inmediato.
- Resolver problemas que pudieran plantearse sobre Medio Ambiente en el entorno inmediato.
- Entender las relaciones plurales que se establecen dentro de la asignatura entre la Ciencia y la Sociedad desde los apartados que las relaciona como son: los Riesgos Naturales, los Impactos Ambientales y los Recursos Naturales.
- Saber las posibilidades de predicción de los distintos riesgos naturales.
- Comprender los diferentes mecanismos de prevención de riesgos.
- Aplicar las técnicas que evitan los riesgos geotécnicos inducidos.
- Planificar básicamente el territorio.
- Investigar los problemas ambientales utilizando la metodología científica, sociológica, histórica, etc.
- Recopilar técnicas de análisis y su aplicación a los problemas ambientales.
- Concienciar sobre las limitaciones de la naturaleza.
- Valorar críticamente las informaciones recibidas.
- Adquirir valores que posibiliten el biocentrismo, o la integración del hombre en los sistemas naturales, frente a las concepciones antropocéntricas, como concepto tradicionalmente utilizado en las relaciones hombre-naturaleza.
- Mostrar actitudes para proteger el medio ambiente escolar, familiar, local, criticando razonadamente medidas inadecuadas y apoyando propuestas de mejora.

Por último, en el trabajo completo, hay unos objetivos concretos, específicos de cada uno de los capítulos en los que se divide el trabajo, cuya descripción y formulación se hace en la programación de los mismos para no hacer demasiado prolijo este apartado.

Todos los objetivos que aquí se citan, más aquellos que se destacan como específicos en cada capítulo, unidad didáctica, etc., son los que se pretenden alcanzar para unos contenidos como los que se señalan más arriba.



Bloque Temático 1: Medio Ambiente

Unidad Didáctica 1

Sistemas ambientales terrestres

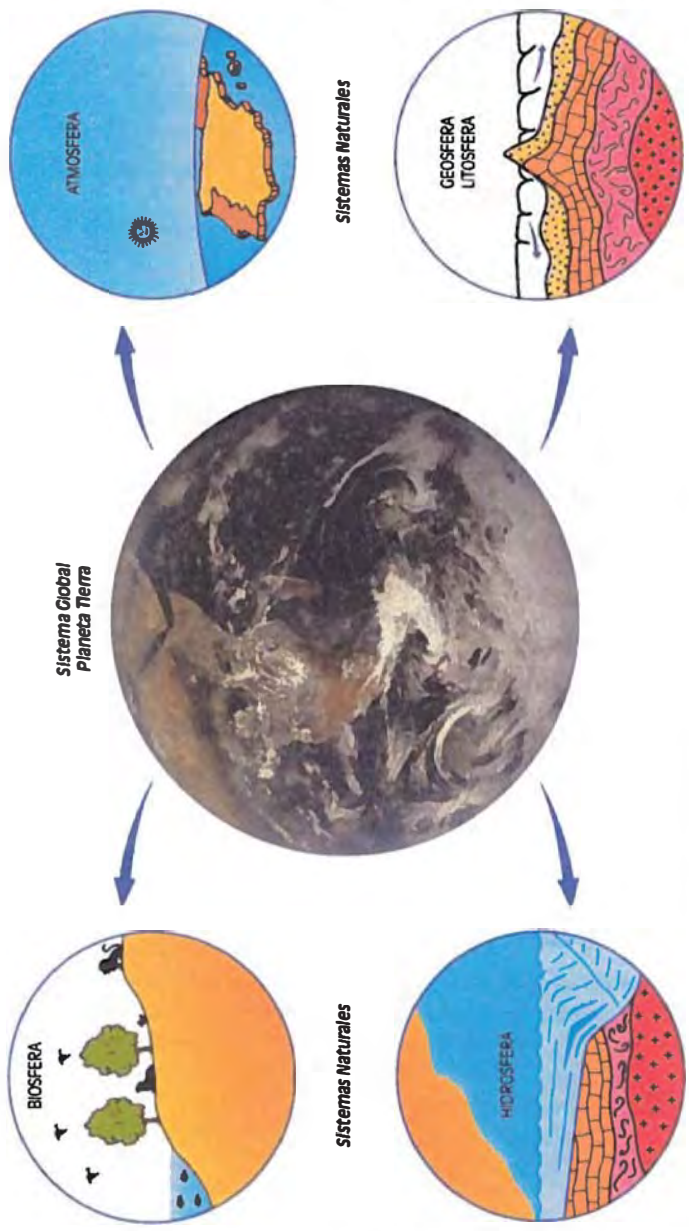
Unidad Didáctica 2

Evolución de las relaciones hombre-naturaleza

Materiales que la desarrollan:

Transparencias: 1 a 5

MEDIO AMBIENTE. PRINCIPALES SISTEMAS TERRESTRES CON GENESIS NATURAL



Concepto de Medio Ambiente

Las primeras concepciones del Medio Ambiente definían éste como: «el conjunto de factores y aspectos físicos naturales que rodean a los seres vivos condicionando su existencia». Esta primera definición es eminentemente naturalista, y trata de fijar la importancia de los factores naturales para la vida. La concepción del Medio Ambiente se ha ido ampliando sucesivamente cuando hemos sido conscientes de las transformaciones y modificaciones del entorno, provocadas por una sola de las especies de la Biosfera: la humana.

Esta especie posee unas capacidades, que además de permitirle percibir el medio en toda su extensión, le ha llevado a la interferencia en el mismo. Por eso desde nuestra perspectiva, el concepto de Medio Ambiente se ha ido modificando con el tiempo, para dejarlo como «todo lo que rodea al hombre, ya sea natural semitransformado o hipertransformado». Por tanto, en la definición coexisten ahora los aspectos naturales estructurados en sistemas (los ecosistemas), con otros sistemas de génesis antrópica, que pueden recoger aspectos de tipo: tecnológicos, sociales, estéticos, éticos o de cualquier otro origen.

Teniendo en cuenta lo dicho, otra definición de Medio Ambiente podría ser: «sistema constituido por los factores naturales, culturales, tecnológicos, sociales o de cualquier otro tipo, interrelacionados entre sí y que condicionan la vida del hombre, a la vez que constantemente son modificados por él».

Esta definición, ajustada al pensamiento actual, está condicionada por la visión antropocéntrica del Medio Ambiente, derivada de la consideración del mismo como algo sometido a la voluntad humana, y que ha estado presente en las diferentes corrientes de los pensamientos filosóficos a lo largo del tiempo. Si se trata de eliminar el componente antropocéntrico, la definición quedaría como sigue: «sistema constituido por un conjunto de elementos interrelacionados entre sí, característicos de un determinado nivel de organización, o subsistemas, que interactúan en un marco de referencia más amplio».

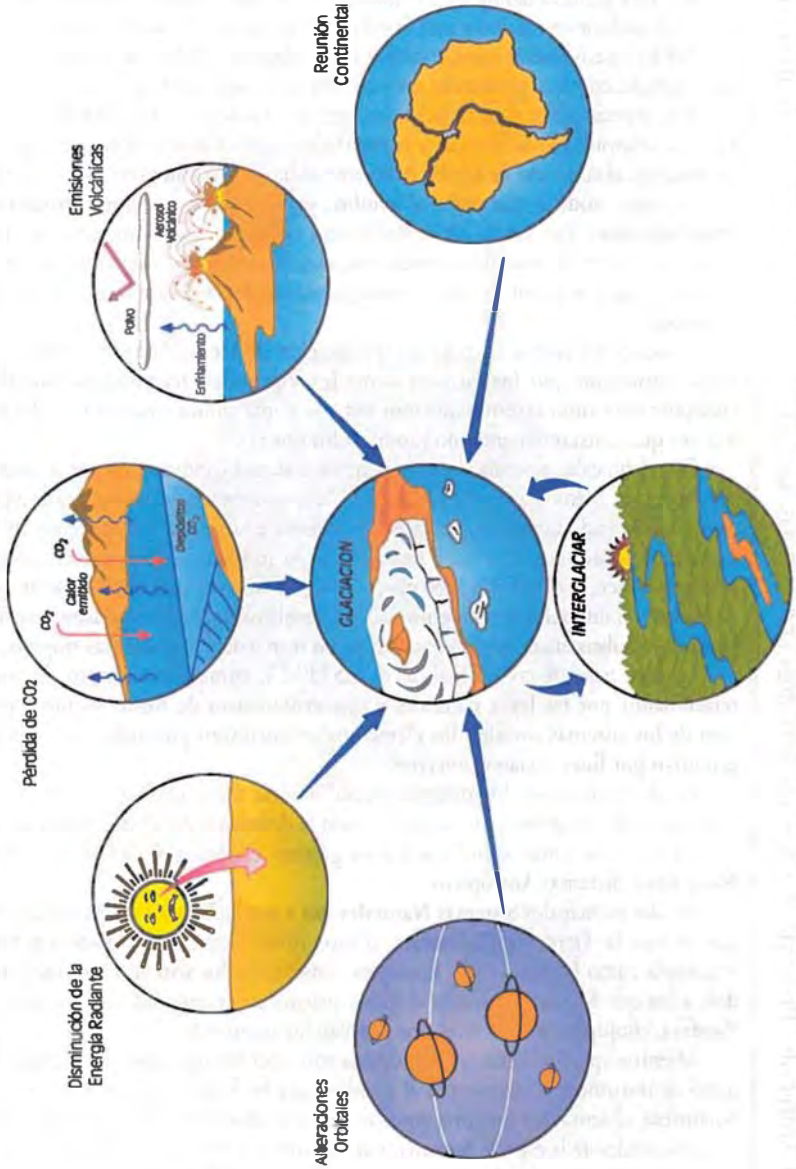
Lo cual permite conceptualizar el SISTEMA, como un conjunto de elementos relacionados por las leyes naturales y que evolucionan de forma común, que en el caso de los sistemas sociales, los elementos se sustituyen por individuos y el proceso evolutivo por fines sociales concretos.

La clasificación de los sistemas puede hacerse atendiendo a múltiples criterios, como la escala, su génesis, etc. Considerando la definición de Medio Ambiente se van a clasificar los sistemas atendiendo a su génesis en dos grandes grupos: **Sistemas Naturales** y **Sistemas Antrópicos**.

Así, los principales **Sistemas Naturales** van a ser: la **Atmósfera**, o conjunto de gases que rodean la Tierra, la **Hidrosfera**, o capa fluida líquida, la **Geosfera** o **Litosfera**, entendida como la capa sólida. Estos tres constituirán los **sistemas naturales inanimados**, a los que habría que añadir el único sistema con capacidad de autorreplicarse, la **Biosfera**, conjunto de seres vivos que pueblan los anteriores.

Mientras que los **Sistemas Antrópicos** van a ser los siguientes: la **Tecnosfera**, conjunto de instrumentos ideados por el hombre para facilitar inicialmente su desarrollo, la **Sociosfera**, sistema que incluiría aquellos aspectos socioculturales y creativos debidos a las capacidades de la especie humana, y la **Noosfera**, conjunto de conocimientos e ideas que rigen, controlan y gobiernan las relaciones entre el hombre y el medio, o entre los sistemas antrópicos entre sí. En conjunto, los sistemas naturales y antrópicos, como subsistemas dentro del sistema global Tierra, evolucionan interfiriéndose mutuamente.

EVOLUCION DE LOS SISTEMAS TERRESTRES NATURALES



Relaciones entre los diferentes sistemas ambientales naturales

Las relaciones que se establecen entre los distintos sistemas ambientales naturales son directas en el sentido que cualquier variación de los parámetros físico-químicos, mecánicos, estructurales, morfológicos o de otro tipo en alguno de ellos influye en los demás. Como ejemplo puede considerarse la Atmósfera. Las variaciones, unas veces debidas a causas inorgánicas, y, otras, por acción directa de los seres vivos gracias a su capacidad de obtener materia orgánica a partir de materia inorgánica, es decir por el proceso fotosintético, consiguieron cambiar la composición de la atmósfera primitiva, desde una Atmósfera sin oxígeno libre a otra con él. O cómo la formación del ozono estratosférico, mediante la fotólisis del oxígeno molecular en cantidad suficiente para permitir la absorción de la radiación ultravioleta del Sol, contribuyó a la radiación de los seres vivos durante el período de tiempo llamado Cámbrico.

La Atmósfera está caracterizada por los denominados factores atmosféricos, como son la temperatura, la presión, la humedad, las precipitaciones, etc., que en cada lugar del planeta tienen unos valores medios que permiten definir el clima local; clima que, partiendo de los parámetros originales, puede evolucionar hacia estados más fríos o más cálidos. En el primer caso se hablaría de glaciaciones, con períodos cálidos interglaciares entre los más fríos. Estas variaciones climáticas deben considerarse como naturales en la evolución del sistema, y no dar carácter excepcional a la glaciación frente a la normalidad interglaciar.

Causas de las variaciones climáticas

Las causas que pueden modificar el clima del planeta, en lapsos de tiempo relativamente cortos, son las siguientes:

- Solares, cuando por circunstancias ligadas a la propia fuente de energía como es la estrella del sistema, disminuye la producción de la misma. La menor emisión de energía radiada permite el enfriamiento del planeta.
- Orbitales. A veces, de forma más o menos periódica, se producen alteraciones naturales en la inclinación del eje de rotación del planeta. La inclinación incide en la diferente distribución de la insolación, con la consiguiente variación de las temperaturas.
- Terrestres. En ocasiones, se producen variaciones climáticas como consecuencia del aumento del calor de emisión terrestre por disminución del CO₂ atmosférico. La disminución del denominado efecto invernadero natural lleva al enfriamiento del planeta.

También es posible la variación: por efecto del incremento del albedo; la reflexión natural de la radiación solar en situaciones de grandes emisiones de material volcánico a la Atmósfera, que impide la llegada y el calentamiento de los niveles inferiores; por variaciones del campo magnético; por desplazamientos continentales que reagrupen éstos en torno a una posición polar y por el incremento de altitud de las áreas continentales. Estas variaciones alteran los demás sistemas.

Una de las alteraciones más evidentes, derivadas de las modificaciones climáticas, es la oscilación del nivel de los océanos y mares en períodos climáticos fríos y cálidos. Pero la regresión y transgresión marina, según los casos, afecta a su vez a otros sistemas como, por ejemplo, el sistema fluvial, que al variar su nivel de base general alterará los ciclos de erosión-sedimentación en un tercer sistema, la Geosfera. Por las mismas razones, la circulación de los océanos se verá alterada, como se verá alterada la composición química de los mismos y por ende la de los ecosistemas marinos que controlan la distribución de los seres vivos.

EVOLUCION CATASTROFICA DE LOS SISTEMAS AMBIENTALES NATURALES. CONSECUENCIAS



Impactos
Meteoríticos

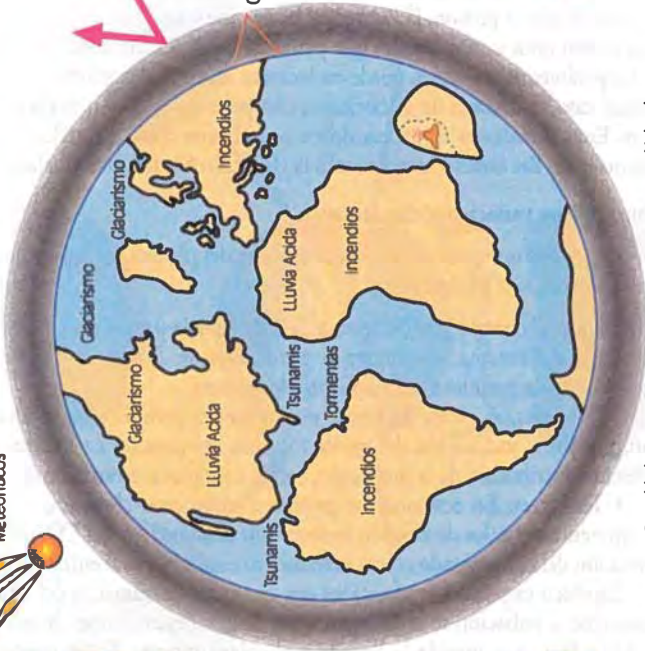


Extinción de
los Dinosaurios
100%

Extinción de
los Ammonites
100%



Efecto invernadero
Calentamiento Global



Extinción de Plantas
y Animales Terrestres: 50%
Algas y Protozoos: 90%



Volcanismo
Intenso

Oscuridad

Los sistemas ambientales terrestres han evolucionado de dos formas diferentes: una, mediante la modificación gradual de los parámetros (Evolución gradualista), y otra gracias a acontecimientos catastróficos (Evolución catastrófica).

A lo largo del tiempo geológico, varios han sido los eventos de este último tipo que han dejado pruebas fehacientes de su realidad. Quizá una de las más significativas sea la hipótesis de impacto meteorítico que produjo la extinción de los dinosaurios durante el tránsito entre el Mesozoico-Cenozoico. Al final del período Mesozoico y comienzos del Cenozoico se supone la existencia de un acontecimiento violento en la historia de la Tierra, identificado en las rocas de esa edad, por el denominado límite K-T, un nivel de arcillas con una concentración de iridio anormalmente alta en los niveles corticales, para su explicación por génesis diferente a las dos que pugnan por justificarla: el **impacto meteorítico** y los **episodios volcánicos intensos**.

Los defensores de la primera hipótesis se fundamentan en que la concentración de iridio se debe al impacto de un meteorito rico en ese elemento, o de un núcleo cometario contra la Tierra. Por tanto, el iridio sería extraterrestre, se liberaría en el choque, para sedimentarse junto con los sedimentos de ese nivel. Aunque la hipótesis tiene en su contra la ausencia (no encontrado aún), del cráter de impacto que sin duda debió producir contra la superficie rocosa y que debía conservar restos indubitables, salvo que éste se hubiera producido: en zonas actualmente ocupadas por los hielos, en zonas sumergidas, o que la zona de impacto haya sido reciclada en los procesos de subducción de la Litósfera en los 65.10^6 años transcurridos.

Otra hipótesis aboga por acontecimientos volcánicos intensos durante ese tránsito, y que explicarían la anomalía de iridio como aporte de la propia Tierra, desde los niveles profundos del manto, en el denominado «nivel D²» de la Tierra. Según los defensores de esta hipótesis, la manifestación de tales acontecimientos son las **plataformas volcánicas basálticas del Deccán, India**. En los dos casos, los efectos son los mismos: la inyección de ingentes cantidades de material en la Atmósfera, que trastoca las condiciones ambientales de los sistemas inanimados, afectando sobre todo a la Biosfera.

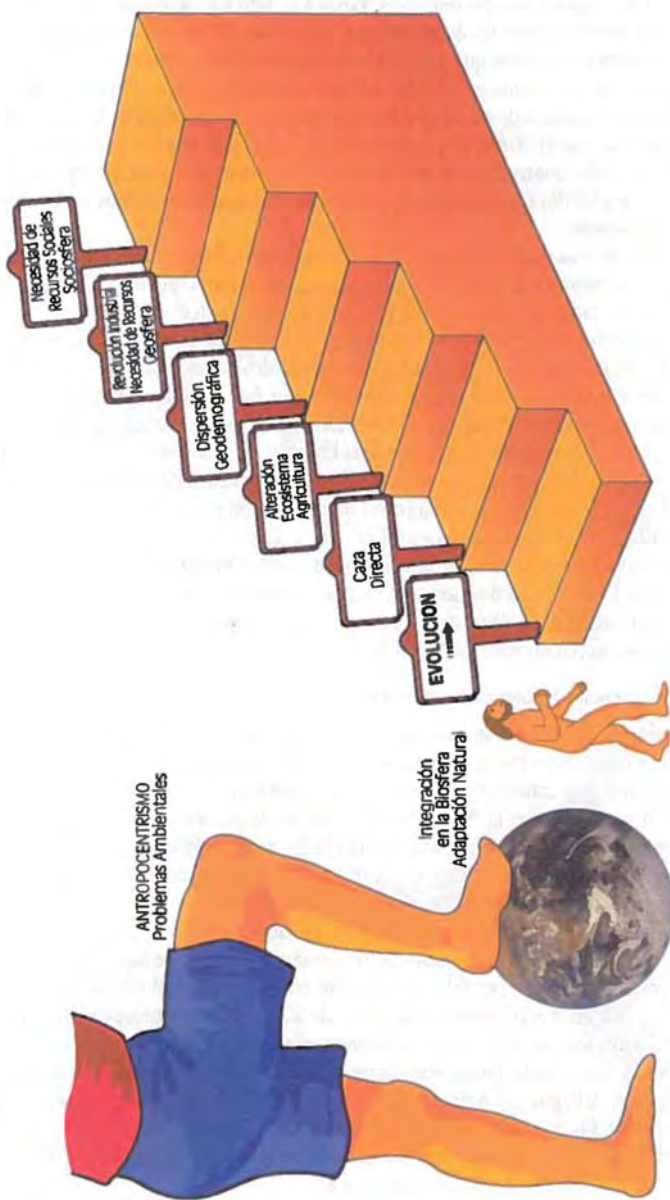
Consecuencias ambientales generales

Las consecuencias ambientales de ámbos procesos son paradójicamente coincidentes: en primer lugar tanto en un caso como en otro, los incendios debieron ser importantes, lo que produciría gran cantidad de cenizas asociadas también en el nivel K-T. El impacto y el volcanismo inyectarían en la Atmósfera tal cantidad de partículas, que producirían un oscurecimiento generalizado que impidió la entrada de la radiación solar. En el caso particular de un choque cometario, el cuadro se complicaría con la inyección además de NO, óxidos de nitrógeno, que tardarían varios meses en disiparse.

La imposibilidad de penetración de la radiación solar provocaría un enfriamiento climático y la disminución de la actividad fotosintética. A partir de aquí el colapso de las cadenas tróficas es inmediato por falta de actividad en el primer escalón. La incorporación de NO, NO₂, N₂O, en mecanismos de impacto o de SO, SO₂, en los procesos volcánicos, daría lugar a la formación en altitud de contaminantes secundarios, que acabarían por precipitar en forma de lluvia ácida, provocando la muerte de las plantas y la asfixia de los animales. La acidificación del agua del océano, impide la disolución de los carbonatos y por ende la liberación del CO₂ a la Atmósfera. El aumento de la concentración de CO₂ en la Atmósfera aumenta el efecto invernadero subiendo la temperatura hasta niveles incompatibles para algunas especies (los dinosaurios entre ellas).

Los acontecimientos ambientales descritos permiten definir una situación de invierno, meteorítico o volcánico, persistente en el tiempo y equivalente al acontecimiento predictivo de los modelos realizados para explicar una catástrofe de tipo nuclear.

EVOLUCION DE LAS RELACIONES HOMBRE-NATURALEZA



Concepto de crisis ambiental

Se entiende por crisis ambiental «Los desequilibrios profundos entre la Tierra, como sistema global (con sus sistemas Atmósfera, Hidrosfera, y Geosfera) y sus habitantes (Biosfera), y que conviene solucionar de inmediato para evitar la generalización de los desequilibrios y la destrucción del mismo».

Se acaba de apuntar en la transparencia anterior que a veces las causas de las crisis ambientales son naturales y siguen unas pautas determinadas sin control externo ni posible. Sin embargo, actualmente todo el mundo es consciente de la existencia de los suficientes desequilibrios para considerar que la Tierra está en un período de su ciclo evolutivo clasificable como de crisis ambiental generalizada que afecta a todos los sistemas.

Si se pasa revista mentalmente de cuáles son los acontecimientos causales de la actual crisis ambiental, deberíamos concluir que no parece haber ninguna de tipo natural como las vistas hasta ahora. Por tanto, solamente cabe preguntarse: ¿quiénes son los responsables de la actual crisis ambiental?

Relaciones hombre-Naturaleza

Es indudable que, entre los diferentes sistemas naturales existen unas relaciones primitivas enraizadas que podrían definirse como relaciones adaptativas naturales, mediante las cuales se produciría la evolución de las especies en función de la capacidad de adaptación de éstas a la variación lenta o brusca de los parámetros del medio, serían, por tanto, ecodependientes o con dependencia compartida, en relaciones biunívocas.

Sin embargo, entre las especies que pueblan el planeta, y dentro del mecanismo evolutivo natural, una de ellas adquirió unas capacidades que son las que la caracterizan en la actualidad, como son la percepción integral del entorno, la capacidad de comunicación, la capacidad de creación artística y tecnológica, etc., y que desembocan en una conciencia de su poder, y lo que es peor para el ambiente, la capacidad de alterar.

Por tanto, lo que deberían ser relaciones de adaptación al medio se convierten en relaciones de adaptación del medio a sus necesidades. Esta visión antropocéntrica del mundo, incrementada por las distintas corrientes filosóficas que son tales desde que se estructura el pensamiento lógico, desembocan en conflictos ambientales, problemas cada vez más graves, con un futuro incierto.

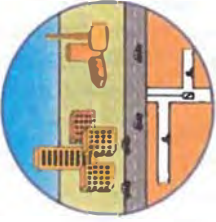
Primeros impactos ambientales con génesis antrópica

Los impactos ambientales provocados por el hombre surgen desde los primeros momentos de la aparición de éste sobre la Tierra, y están íntimamente ligados a su actividad principal en cada momento. Así, en los primeros momentos de su desarrollo, el hombre cazador ya parece apuntarse en el debe de las extinciones inducidas a alguna de las especies de su tiempo. (¿Quizá el mamut sea una de ellas?) Su expansión por los diferentes continentes llevan aparejadas diversas desapariciones de especies coincidentes en el tiempo con su avance geográfico.

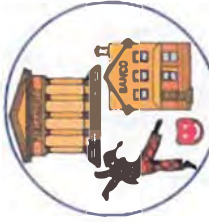
Cuando modifica sus hábitos y pasa a la actividad sedentaria, comienza a modificar los ecosistemas terrestres a través de la agricultura, incrementándose las acciones cada vez más con la colonización de todos los ambientes y la multiplicación geométrica de su número. El salto cualitativo se produjo en el siglo XVIII, coincidiendo con la revolución industrial hasta hoy, en que se sitúa en un punto de no retorno.

MEDIO AMBIENTE. PRINCIPALES SISTEMAS ANTROPICOS ACTUALES

SISTEMA GLOBAL. PLANETA TIERRA



TECNOSFERA



SOCIOSFERA



NOOSFERA

Concepto de Sistema Antrópico

Además de los sistemas naturales, el concepto de Medio Ambiente es lo suficientemente amplio como para acoger en su definición los aspectos relacionados con las actividades humanas. El conjunto de actividades humanas, complejas, se pueden estructurar también en sistemas, en este caso **sistemas antrópicos**, construidos por el hombre a lo largo de su existencia y que se insertan en los sistemas naturales modificándolos.

Principales sistemas antrópicos

Los principales sistemas antrópicos son: la **Tecnosfera**, entendible como: «el conjunto de elementos físicos, o de cualquier otro tipo, ideados por el hombre para facilitar su desarrollo como especie a lo largo del tiempo». Clasificar los elementos de la Tecnosfera sería una tarea impropia, pero dentro de este sistema deben incluirse fábricas, infraestructuras e ingenios para la obtención de energía, etc.

La **Sociosfera**, sistema ambiental antrópico constituido por: «todas aquellas instituciones de tipo político, cultural, económico, o aquellas estructuras sociales, que regulan la actividad individual del hombre, del grupo reducido o de la sociedad en general».

La **Noosfera**, o «conjunto de conocimientos, informaciones, convicciones y en definitiva ideas aplicables a la relación del hombre entre sí, y con los sistemas ambientales naturales considerados».

Relaciones entre los sistemas antrópicos y el Medio Ambiente

Aparentemente, podrían ponerse en duda las relaciones entre los sistemas antrópicos y el Medio Ambiente. Sin embargo, la más mínima reflexión permitiría establecer como relaciones generales las siguientes: los sistemas antrópicos necesitan para su funcionamiento recursos, que salen de los sistemas naturales. Así, la Tecnosfera necesita energía, que debe obtenerse de los recursos renovables o no renovables que aporta la Tierra. Pero lo que antiguamente eran actividades tecnológicas para alivio del trabajo, ahora trasciende ese límite cualitativo para convertirse en agresión física del medio. Los ecosistemas funcionan como conjuntos integrados de factores, a los que no pueden ofertarse más que soluciones parciales desde la tecnología.

La Sociosfera debe procurar cubrir la necesidad de recursos sociales a disposición del individuo para, como objetivo final, incrementar la calidad de vida, algo que se convierte en necesidad prioritaria en el tercer mundo. Aunque, la calidad de vida, es un concepto difícil de definir por los múltiples factores que lo caracterizan y por las diferentes escalas utilizadas para su concreción: individual, de grupo, o social, algunos de ellos hacen referencia a los aspectos de tipo natural que rodean al individuo y que sirven para medir entre otras cosas el grado de concienciación de la sociedad hacia los valores naturales. Las necesidades de ocio, recreo, espacios verdes, suelos, bosques, utilizan la naturaleza directamente o sus recursos también. Por tanto, a través de la Sociosfera, también se encuentran relaciones con el Medio Ambiente y los sistemas ambientales antrópicos.

Por último, es posible que las relaciones menos claras pero también las más efectivas para el Medio Ambiente sean las que puedan establecerse para conseguir modificar las ideas actuales preconcebidas y alimentadas por las corrientes filosóficas, de considerar el medio como algo propio, al que hay que dominar para beneficio de la humanidad, por ideas más biocéntricas, que consideren la posibilidad de una **neointegración** del hombre en la Biosfera. En definitiva la relación Noosfera-Medio Ambiente debe pasar por la modificación de las actitudes de la humanidad en relación con el medio. (Modificación a través de la Educación Ambiental.)

*Bloque Temático 2: Sistemas Terrestres.
Funcionamiento y Problemática Ambiental*

Unidad Didáctica 3

Las capas fluidas: La Atmósfera

Unidad Didáctica 4

*Problemática Ambiental asociada a la estructura
y dinámica de la Atmósfera*

Unidad Didáctica 5

Las capas fluidas: La Hidrosfera

Unidad Didáctica 6

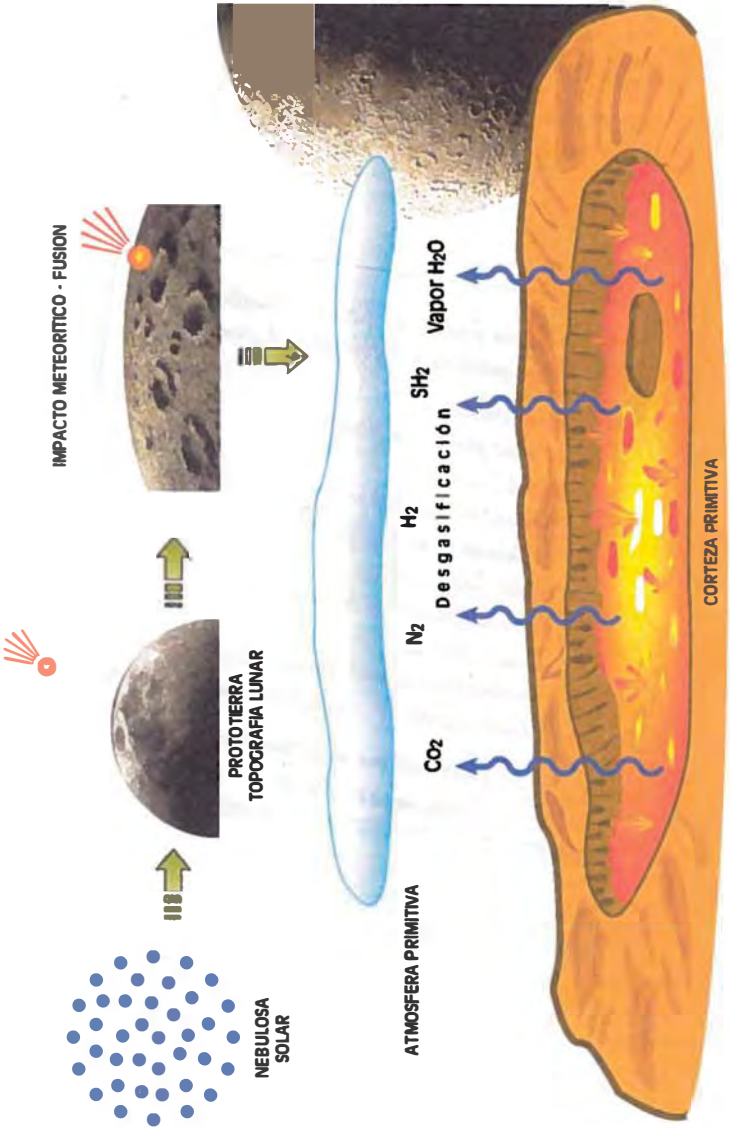
Problemática Ambiental asociada a la Hidrosfera

Unidad Didáctica 7. Las capas sólidas: La Geosfera

Materiales que la desarrollan:

Transparencias: 6 a 64

ORIGEN Y COMPOSICION DE LA ATMOSFERA (I)



Génesis y características de la Tierra

Una vez constituida la Tierra como planeta individualizado, o protoplaneta, por un mecanismo de acreción generalizada de materia a expensas de la que existía en la nebulosa solar; sus características generales estarían más próximas a las de un cuerpo como la Luna actual que a las de una Tierra como la que conocemos hoy, con unas capas fluidas, la Atmósfera y la Hidrosfera como sistemas fundamentales diferenciados.

Tendría una morfología lunar, con una topografía profundamente craterizada por los impactos meteoríticos, sin Atmósfera ni océanos. Los choques producidos de esta manera se hacían con cuerpos progresivamente mayores, del tamaño de grandes asteroides o planetoides, lo que ocasionaría la liberación de una energía tan tremenda que fundiría, por un lado, el área del impacto, y, por otro, el cuerpo impactante por volatilización. La masa de éste se integraría en la de la futura Tierra (mecanismo de acreción).

La generalización del proceso provocaría la fusión total del protoplaneta, a la que seguiría la diferenciación gravitatoria en capas, para determinar su estructura heterogénea y lo que es más importante, para la futura evolución del cuerpo y la desgasificación de sus componentes volátiles, que posteriormente formarían la Atmósfera y los primitivos océanos.

Composición de la Atmósfera primitiva

Los gases liberados de los magmas primitivos (equivalentes a los que se desprenden en la actualidad en los volcanes activos), tendrían una composición mezcla de: dióxido de carbono, así como el monóxido del mismo compuesto, nitrógeno molecular, hidrógeno, sulfídrico, monóxido de azufre, dióxido de azufre, fluorhídrico, vapor de agua, etc. Estos gases tratarían de escapar al espacio, aunque quedarían retenidos por la fuerza de atracción gravitatoria alrededor de la Tierra, de esta manera se formaría la Atmósfera primitiva.

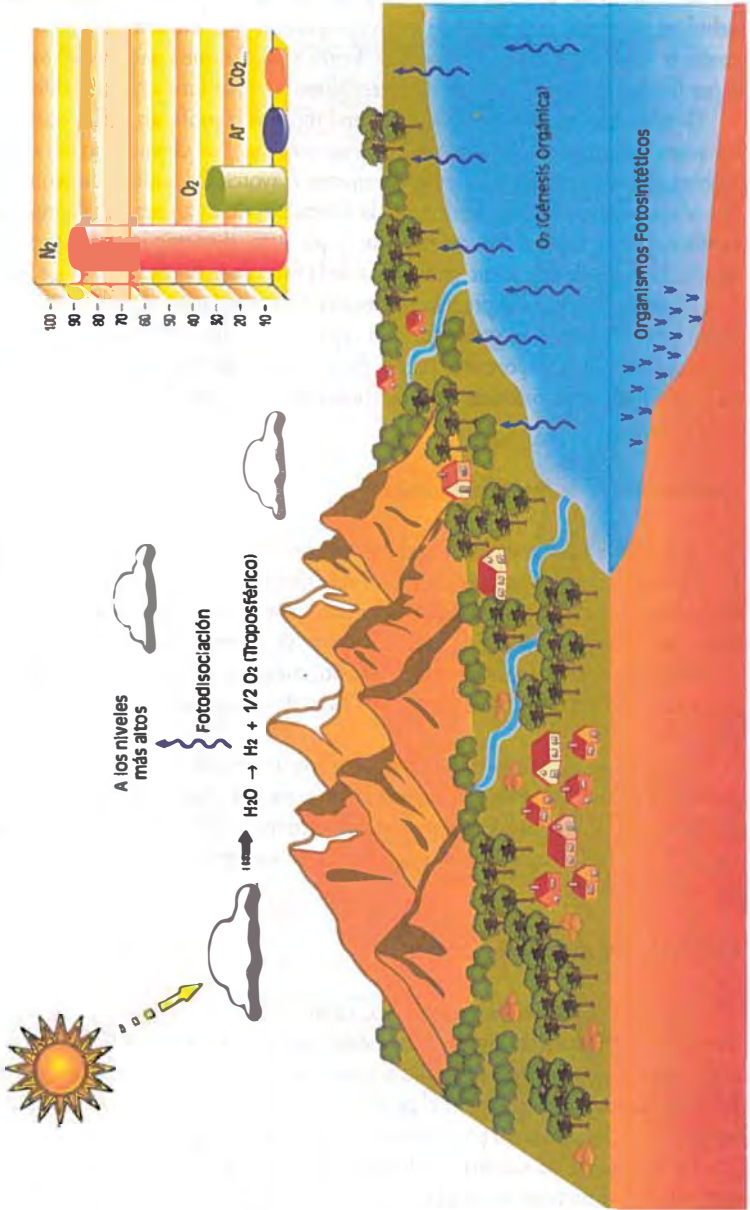
La disminución de la tasa de impacto iría acompañada de un enfriamiento que permitiría la formación de una corteza primigenia y la condensación de algunos de los componentes de la Atmósfera primitiva, concretamente el vapor de agua, que precipitaría en forma de lluvia, rellenando con el tiempo las cuencas deprimidas, formando los océanos primitivos.

Consecuencias ambientales

Con una composición atmosférica, como la citada más arriba, es posible que se dieran las circunstancias ambientales ideales para la formación de determinadas moléculas orgánicas, por procesos absolutamente naturales. Éstas, se irían concentrando en los océanos hasta conseguir con el paso del tiempo, la capacidad de autoduplicación, la individualización, primero procariótica y heterótrofa, y eucariótica y autótrofa después.

La formación de sistemas biológicos autorreproducibles, y en algunos casos con capacidad de sintetizar su propia materia y energía a partir de la materia inorgánica, contribuyó sobremanera a la modificación de la Atmósfera primitiva hacia composiciones más próximas a las actuales.

ORIGEN Y COMPOSICION DE LA ATMOSFERA (III)

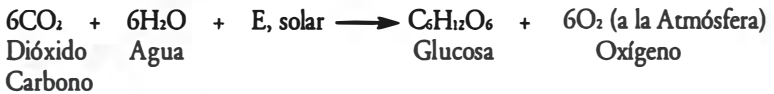


Génesis de la Atmósfera actual. Agentes ambientales del cambio

En la composición actual de la Atmósfera hay un gas que destaca como ausente en la Atmósfera primitiva del planeta, es el oxígeno. La presencia del mismo en la actualidad debe explicarse por mecanismos diferentes a la desgasificación del planeta apuntada antes. Dos parecen ser los mecanismos que a lo largo de la historia de la Tierra han aportado el oxígeno a la misma, estos dos procesos son la actividad fotosintética de los organismos autótrofos primitivos y la acción fotolítica.

Incorporación de oxígeno por actividad fotosintética

Los primitivos organismos fotosintéticos, cuando adquirieron la propiedad de sintetizar su propia materia orgánica a partir de la materia inorgánica que tomaban del medio, de sus pigmentos, y de la energía solar, liberaron a la Atmósfera el oxígeno molecular de la que ésta carecía, según el siguiente mecanismo:



Acción fotolítica

Por otro lado, las moléculas de agua que en forma de vapor existían en la Atmósfera, se disociaban gracias a la capacidad fotolítica de la energía solar y en concreto a parte de la radiación de mayor energía. La reacción sería:

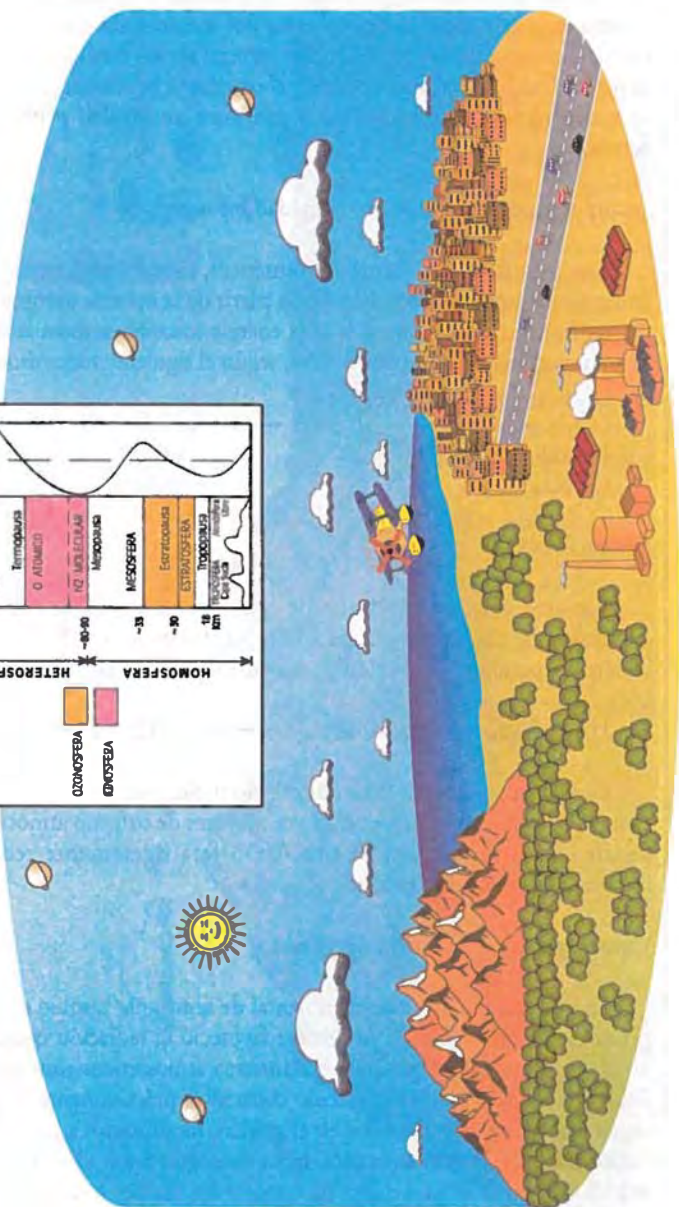
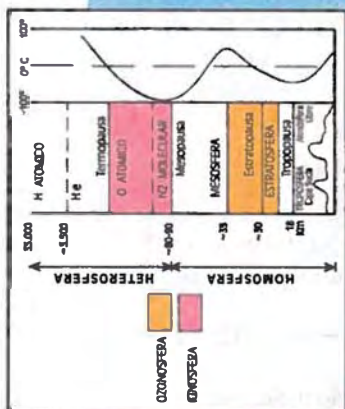


La liberación de estas tasas de oxígeno molecular, de génesis no orgánica pasarían a engrosar los volúmenes cada vez mayores de oxígeno atmosférico, hasta conseguir la transformación de una Atmósfera ligeramente reductora, en una Atmósfera claramente oxidante.

Consecuencias ambientales del cambio

La principal consecuencia ambiental de semejante cambio es que la progresiva presencia de oxígeno en la Atmósfera favoreció la radiación evolutiva de los seres vivos, y permitió alcanzar unos parámetros atmosféricos similares a los actuales. Estas condiciones han permanecido constantes prácticamente hasta la actualidad, según los valores representados en el gráfico, modificados a partir de la revolución industrial por la acción antrópica, hasta conseguir hacer el mayor experimento climático que jamás se haya dado, sin conocer los futuros resultados del mismo.

ESTRUCTURA Y COMPOSICION DE LA ATMOSFERA



La **Atmósfera**, capa fluida gaseosa que envuelve la Tierra, está estructurada también en niveles. Para establecer la división correspondiente, se atiende a la variación del parámetro temperatura en relación con la altura.

Las mayores oscilaciones térmicas se encuentran en la denominada **Homosfera**, capa inferior que comprende desde la superficie terrestre, hasta los 80-90 km. de altura y que composicionalmente es más homogénea que la **Heterosfera**, que va desde esos 80-90 km. hasta el espacio abierto, de composición heterogénea.

Dentro de la **Homosfera** se diferencian varias capas, la primera de ellas, la **Troposfera**, alcanza alturas variables según la latitud. En ella, la temperatura desciende progresivamente hasta su límite superior o **Tropopausa**, definida por un nuevo ascenso térmico que delimita la **Estratosfera**.

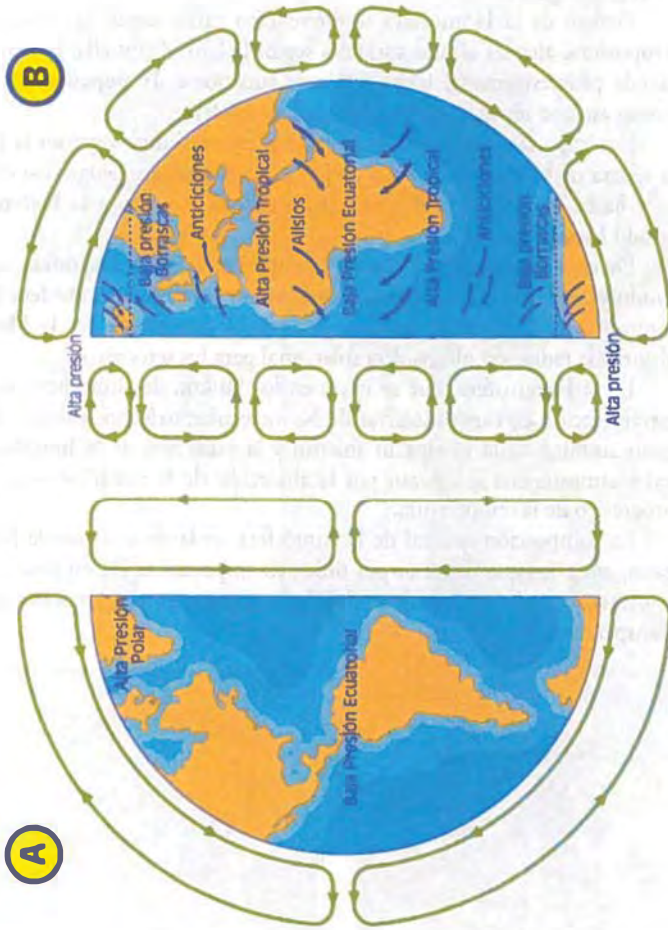
Esta capa alcanza los 30-35 km. de altura, su límite superior la **Estratopausa**, la separa de la **Mesosfera**, capa donde hay un descenso progresivo de la temperatura hasta los -85°C - 100°C que constituye el límite con la **Heterosfera**, denominado **Mesopausa**.

De estas capas hay que resaltar la importancia de la **Troposfera**, capa donde se producen los fenómenos atmosféricos, por ser la interfase **Atmósfera-Litosfera**, y la famosa capa de ozono, distribuida entre la **Estratosfera** y la **Mesosfera**, que absorbe la radiación ultravioleta solar, vital para los seres vivos.

En la **Heterosfera**, que se inicia en los 90 km. de altura hay que destacar: su estratificación en capas sucesivas de N_2 molecular, oxígeno atómico, helio e hidrógeno atómico hasta el espacio abierto; y la existencia de la **Ionosfera**, donde los gases atmosféricos se ionizan por la absorción de la radiación solar, y el ascenso progresivo de la temperatura.

La composición general de la **Atmósfera**, es la de una mezcla heterogénea de gases, entre los que destacan por orden de importancia (% en peso), el nitrógeno, el oxígeno, argón, anhídrido carbónico... y otros en proporciones menores. (Ver transparencia 12.)

DINAMICA ATMOSFERICA. PRINCIPALES ZONAS CLIMATICAS



Factores que intervienen en la dinámica atmosférica. Balance energético global

La dinámica atmosférica, está causada lógicamente por la energía que recibe del Sol. De la energía que atraviesa la envoltura semitransparente de gases, no toda lo hace con igual intensidad. Existe una proporcionalidad directa entre la radiación recibida por el planeta y los factores geográficos del mismo, que de alguna manera controlan ésta.

Así, según el ángulo de incidencia de llegada de los rayos habrá más o menos energía recibida. Por esta causa, será mayor en las zonas ecuatoriales que en las polares. También influye como es lógico pensar, la posición astronómica de la Tierra en su órbita alrededor de Sol, lo que hace que se puedan diferenciar estaciones. La inclinación del eje de rotación en relación con la estrella, y otras circunstancias, como la distribución de tierras, océanos, etc. Por todo ello, y en un funcionamiento integrado de los múltiples factores del sistema, existen en el globo zonas que tienen un superávit de energía, mientras que otras poseen un déficit energético claro. La diferencia de gradiente de energía entre ambas, hace que exista una dinámica atmosférica que transporta la energía desde las zonas de mayor gradiente a las de menor.

Si la circulación se produjera en una Tierra estática, en las zonas ecuatoriales que son las que reciben mayor cantidad de energía, el aire caliente ascendería, mientras que en los polos la situación sería contraria, al ser una zona fría. Las masas de aire cálido en ascensión serían sustituidas por aire frío polar de componente horizontal. En definitiva habría una circulación convectiva como la representada en la figura A (equivalente a una Célula de Hadley general).

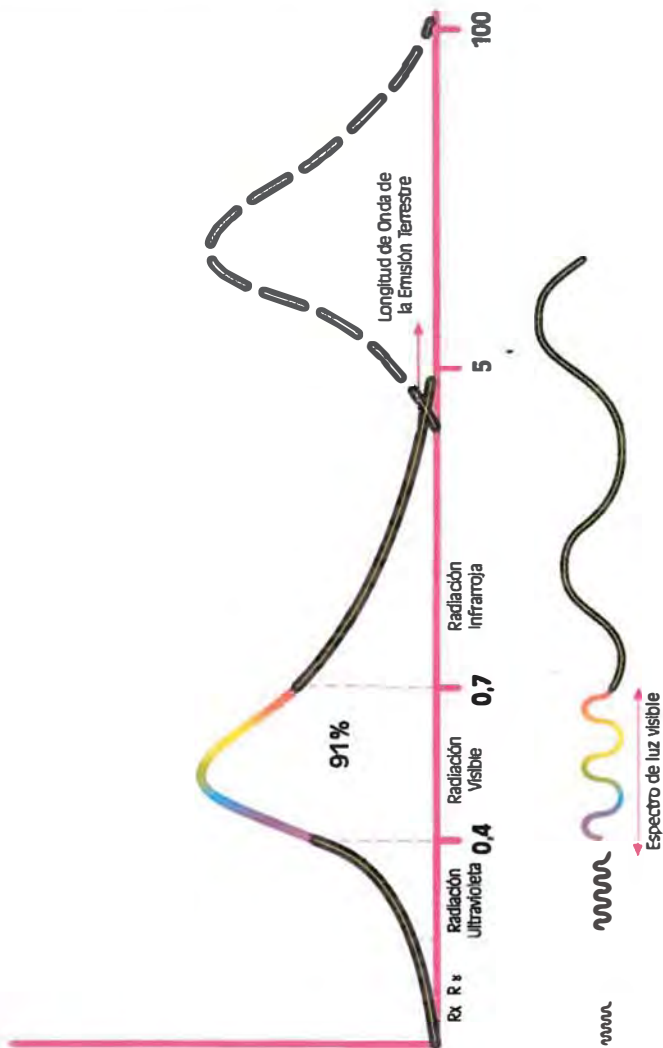
Zonación climática

Sin embargo, la Tierra está dotada de un movimiento de rotación alrededor de su eje que provoca, gracias al llamado efecto Coriolis, la ruptura de la célula de Hadley general descrita antes, en varias células menores (Figura B). Este tipo de circulación, aún más complicada por los factores geográficos apuntados antes, permiten la diferenciación de varias zonas climáticas: Ecuatorial, Tropical, Templada-Húmeda, Polar.

Efectos ambientales de la dinámica atmosférica

La dinámica atmosférica que determina unas condiciones climáticas medias de la Troposfera, tienden a uniformizar el estado de la Atmósfera planetaria. Y como consecuencia ambiental inmediata, hay que pensar en que a medida que pasa el tiempo, los problemas ambientales que puedan afectar a ésta, se generalizarán, pasarán de la escala local a la regional, y de la regional a la nacional, trasnacional, y por último a la planetaria.

BASES CIENTIFICAS DE LOS PRINCIPALES SISTEMAS TERRESTRES. ATMOSFERA
Radiación comparada del Sol y la Tierra



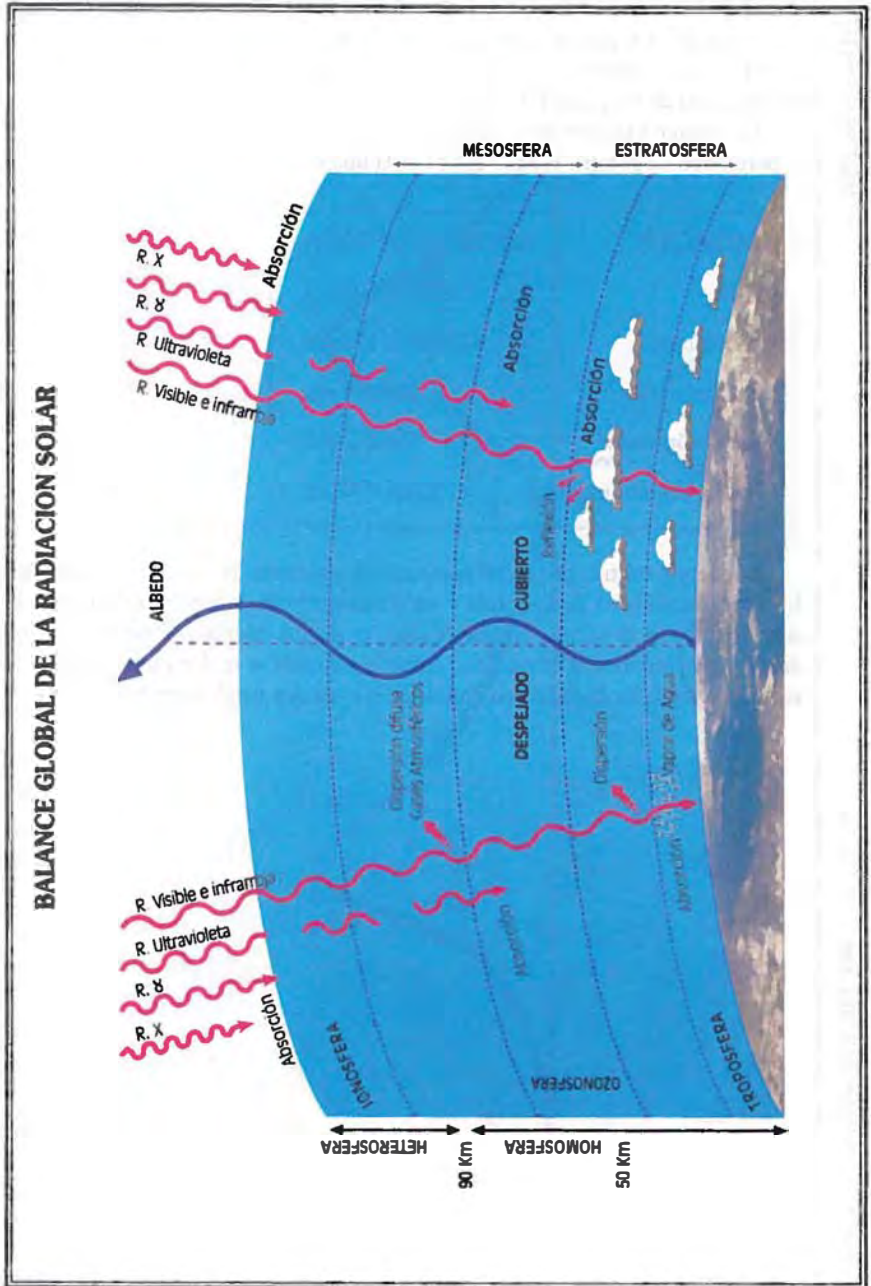
Radiación solar. Tipos

El Sol es una estrella clasificable como de masa y tamaño medios. La energía dimanada del Sol gracias a las reacciones de fusión de su interior, es emitida en forma de radiación electromagnética. El espectro de radiación solar abarca una amplia gama de longitudes de onda.

La relación existente entre el tipo de radiación, su longitud de onda, así como el porcentaje de energía que transporta cada una es el siguiente:

RADIACIÓN	LONGITUD DE ONDA	ENERGÍA
R-X	1/2000-1/100 μm	9%
R-Gamma	1/2000-1/100 μm	
R-Ultravioleta	0,2-0,4 μm	
Radiación visible	0,4-0,7 μm	41%
Radiación infrarroja	0,7- 3.000 μm	50%

La energía emitida por el Sol es constante, por tanto, la recibida, considerando la perpendicularidad de los rayos y en situación extra-atmosférica, también. En esas condiciones el valor, o constante solar, es de dos calorías por centímetro cuadrado y por minuto. A una unidad como la definida se le denomina *langley*, por tanto, la energía recibida en esas condiciones es de dos *langleys* por minuto.



Balance global de la radiación solar

La radiación solar tarda, después de salir del Sol, aproximadamente 9 minutos en llegar a la Tierra. La pregunta sería, ¿Toda la radiación solar alcanza la superficie del planeta?, o por el contrario hay pérdidas. A la primera pregunta hay que responder que no, evidentemente hay pérdidas como lo demuestra el hecho de que algunas radiaciones son letales para los seres vivos, y la propia presencia de vida en el planeta demuestra que, al menos, este tipo de radiación no alcanza la superficie. Por tanto, hay una serie de pérdidas en el camino de 150,10⁶ km. que debe recorrer hasta la superficie del planeta. La radiación es absorbida en principio por la atmósfera en general, y por alguna de sus capas en particular. (Ver transparencia 8.)

Absorción en las capas altas de la Atmósfera

Las radiaciones de longitud de onda más cortas, aquellas con mayor poder de penetración y más energéticas, como los R-X, los rayos gamma, y parte de la radiación ultravioleta, son retenidas en la parte más alta de la Atmósfera, denominada Heterosfera.

La absorción se produce por la presencia en ella de gases susceptibles de ionizarse, con composición de nitrógeno e hidrógeno, que gracias a la energía electromagnética de estas radiaciones son capaces de absorberlas, ionizándose a su vez liberando electrones. Esta capa es la Ionosfera.

Absorción en los niveles inferiores de la atmósfera

De las tres radiaciones citadas antes, sólo parte de la radiación ultravioleta continúa su trayectoria descendente hacia los niveles inferiores de la Atmósfera y la superficie del planeta. Sin embargo, en el nivel inferior de la Atmósfera, llamado Homosfera, son absorbidos por la capa de ozono. La evaluación de los procesos de absorción a este nivel, dan valores del 10% de la radiación emitida.

Balance particular

Antes por la presencia de los diversos gases atmosféricos, y ahora por la presencia de vapor de agua en la capa más baja de la Atmósfera, la Troposfera, se producen fenómenos de reflexión, de dispersión y de absorción de la radiación de longitudes de onda más larga, las visibles e infrarrojas, capaces de atravesar la Ionosfera y la Ozonosfera. Los valores cuantificados de pérdida de radiación, se estiman para los procesos descritos en el 10% del total.

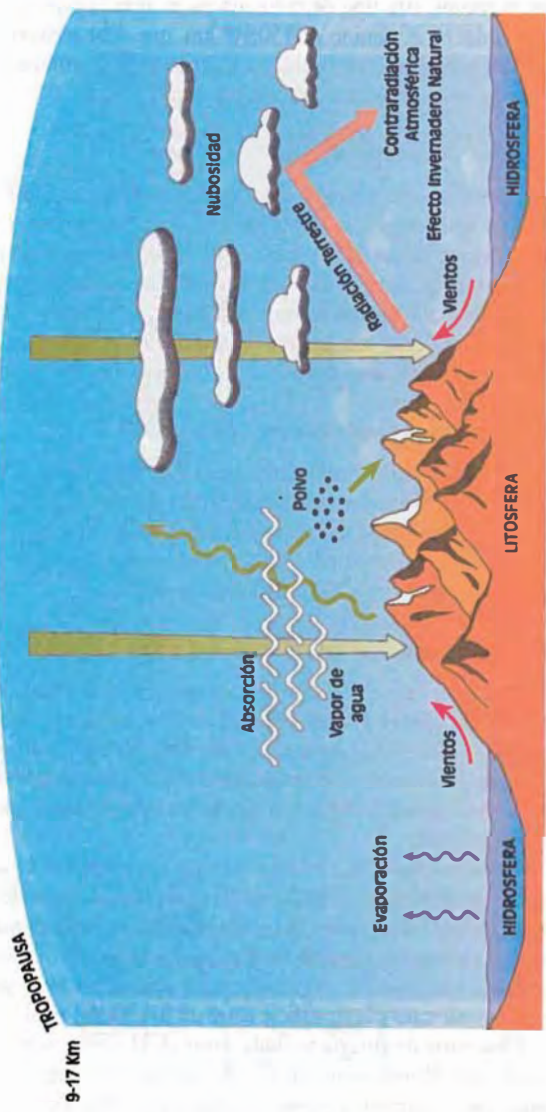
En condiciones de cielos despejados y en ambientes naturales, la radiación que llega a la superficie es del 80%. Si las capas bajas, la Troposfera y la Estratosfera, presentan gran cantidad de nubes, los valores se alteran produciéndose reflexiones de la radiación en la superficie externa de la nube del orden del 30-60% de la radiación visible e infrarroja. La absorción por el vapor del agua de la nube supone entre el 5-20%, llegando en este caso a la superficie entre un 0-45% del total.

Otra parte de energía recibida, entre el 32-35%, es reemitida a la Atmósfera desde el suelo, por el mecanismo de albedo. Lo hace en longitudes de onda visibles e infrarrojas, que no pueden atravesar la capa gaseosa inferior más próxima a la tierra, por lo que es devuelta a la superficie produciendo la elevación de la temperatura de los gases troposféricos en esta zona mediante el llamado efecto invernadero natural.

FUNCIÓN REGULADORA DE LA ATMÓSFERA. LA TROPOSFERA

[SITUACIÓN]

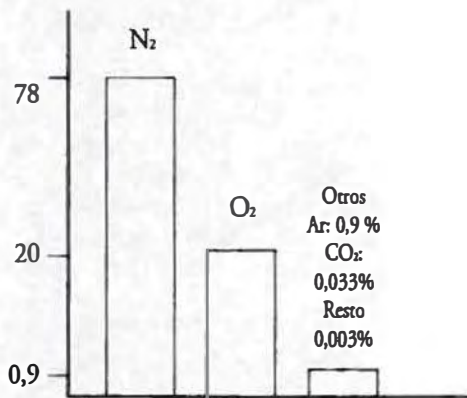
[EFECTOS AMBIENTALES]



Función reguladora de la Atmósfera. La Troposfera

La Troposfera es la capa inferior de la Atmósfera. Ocupa la altura comprendida entre la superficie de la Tierra y de los océanos hasta una altitud de 9-17 km., valores variables y dependientes de si la medida se hace en latitudes polares o ecuatoriales.

Su composición de distintos gases, tiene su origen, como se ha apuntado en otro lugar, en los procesos de desgasificación planetaria posterior a la configuración como tal. Uno de sus componentes más importante, el oxígeno, hay que atribuirlo en primera instancia a fenómenos naturales de disociación del vapor de agua por acción de la radiación solar y a la fotosíntesis después.

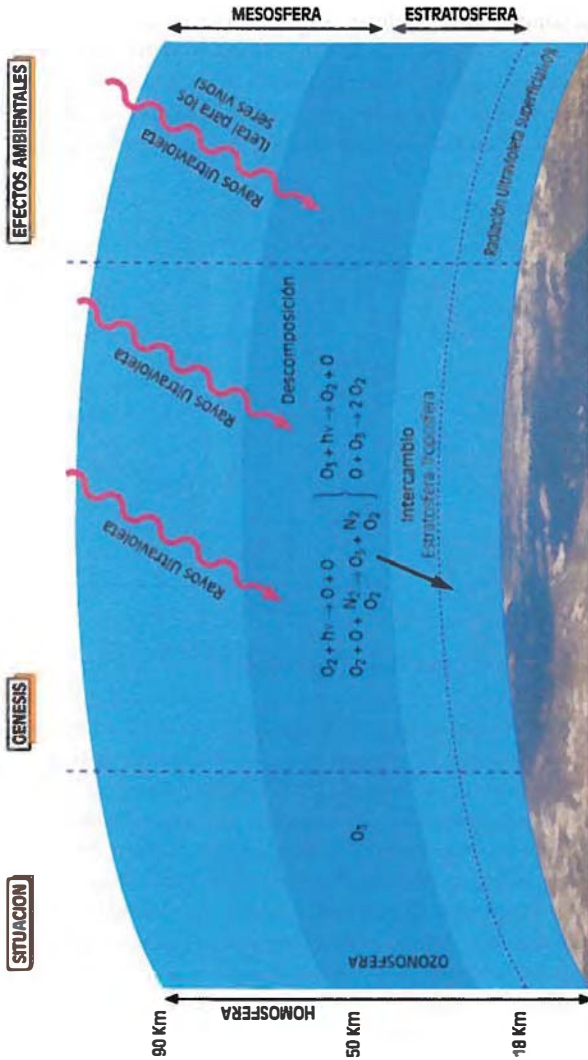


Importancia ambiental de la Troposfera

La importancia ambiental de esta capa radica en la respuesta que da a la radiación solar incidente. En algunas ocasiones reflejando parte de la radiación o absorbiéndola directamente, dejando pasar aquella de longitud de onda más larga, visible o infrarroja, que calienta la superficie terrestre y los océanos.

Cuando las condiciones meteorológicas lo permiten, caso de existencia de nubosidad o por la presencia de polvo atmosférico, la radiación emitida por la Tierra en longitudes de onda muy largas, son reflejadas de nuevo hacia el suelo (contrarradiación), favoreciendo el aumento de temperatura en la zona baja (efecto invernadero natural), controlando los valores de la temperatura, regulando el intercambio de energía de unas zonas a otras, y entre las capas inferiores, permitiendo, en definitiva, la existencia de los fenómenos atmosféricos más importantes para el desarrollo de la vida.

FUNCIÓN REGULADORA DE LA ATMÓSFERA. LA OZONOSFERA



La capa de ozono. Situación y génesis

La capa de ozono, u Ozonósfera, está incluida en su mayor parte dentro de la Estratosfera –capa de la Homósfera situada a una altura variable entre los 9-17 km. para su límite inferior y los 50 km. el superior–. Ocupa, con valores variables dentro de aquélla, la banda comprendida entre los 18 y los 35 km. de altura.

Su génesis está ligada a la absorción de la radiación ultravioleta emitida por el Sol y por el oxígeno molecular atmosférico. La descomposición de la molécula de oxígeno por esta causa, permite la formación de oxígeno atómico. La capacidad de reacción del átomo de oxígeno con otra molécula del mismo gas –normalmente la reacción es además catalizada por otros gases como el nitrógeno– permite la formación del O_3 , una molécula del oxígeno conocido como ozono.

Tanto el proceso de formación del ozono, como su descomposición natural, están relacionados con la citada absorción de la radiación de onda corta, de tipo ultravioleta altamente energética. En la descomposición del ozono se produce el paso inverso, desde la molécula de ozono se forman oxígeno molecular y oxígeno atómico, el cual vuelve a reaccionar con el oxígeno molecular, para regenerar de nuevo el ozono.

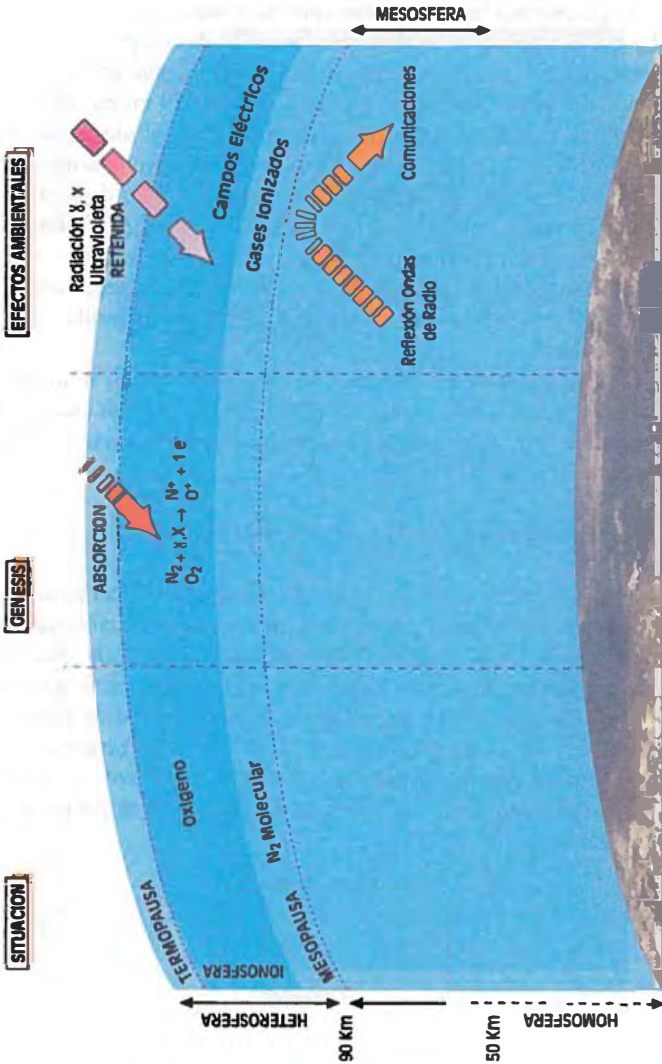
La tasa de ozono en la Atmósfera de forma natural, se mantiene constante durante el proceso cíclico constructivo-destructivo. Además existe la posibilidad de intercambio entre la zona de estancia habitual, la Estratosfera, con los niveles bajos de la Atmósfera, la Tropósfera.

Aspectos ambientales generales de la capa de ozono

La función reguladora de la capa de ozono, como filtro y pantalla de la radiación ultravioleta del Sol, permite atribuirle unos efectos ambientales positivos para el desarrollo de los seres vivos. Su disminución o su ausencia, posibilitaría la extinción de la vida por los efectos letales de aquélla sobre las estructuras orgánicas.

Otro efecto ambiental por destacar, es el que la capa de ozono contribuye de alguna manera al mantenimiento del efecto invernadero natural, aunque el intercambio posible con los niveles inferiores de la Atmósfera, es causante de efectos también nocivos, en este caso de tipo sanitario, aunque no tan graves como los apuntados antes.

FUNCION REGULADORA DE LA ATMOSFERA. LA IONOSFERA



Ionosfera. Situación y génesis

La Ionosfera (dentro de la Termosfera) está situada a una altura aproximada de 90 km. sobre la superficie del planeta. Constituye en su límite inferior el tránsito entre la Homosfera y la Heterosfera, separadas por la mesopausa, que marca el paso entre capas con un comportamiento térmico diferente.

Efectos ambientales de la Ionosfera

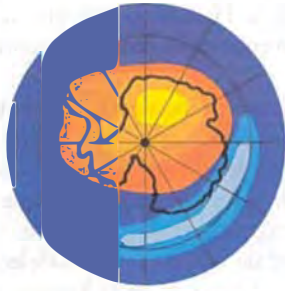
La Ionosfera se genera como consecuencia de la absorción de parte de las radiaciones solares; aquellas que poseen longitudes de onda más corta, y que son por tanto las más energéticas, como son la radiación-X, la radiación gamma y parte de la radiación ultravioleta; por los gases de tipo nitrógeno y oxígeno atómico de esa capa de la Atmósfera. La ionización de esos gases provoca la liberación de electrones, que circulan por la capa dotándola de propiedades eléctricas activas.

Desde el punto de vista medio ambiental, la Ionosfera retiene este tipo de radiación, nociva para el correcto funcionamiento de los seres vivos. Sin embargo, su importancia también radica en la propia naturaleza de los gases ionizados que dejan al hacerlo, electrones libres. La formación de campos magnéticos inducidos por estas cargas eléctricas, permiten al hombre su utilización como vía de comunicación para las transmisiones intercontinentales, mediante las ondas de radio reflejadas en la base de la Ionosfera.

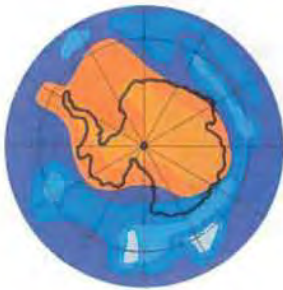
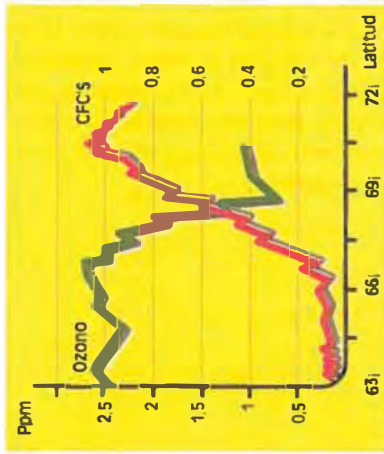
EL AGUJERO DE LA CAPA DE OZONO



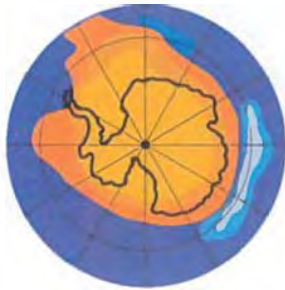
1986



1993



1980



1990

El agujero de la capa de ozono. Concepto

Se entiende por agujero de la capa de ozono, el debilitamiento en concentración y en espesor, sin llegar a la desaparición completa de este gas situado en la Estratosfera. Como puede verse en la representación gráfica que se muestra en la transparencia, para las mediciones realizadas en la última década (tomada de la Ong, Greenpeace, 1992), los valores de concentración de ozono han ido disminuyendo desde esa fecha paulatinamente hasta el invierno austral del 95 en que son mínimas, observándose, al parecer, una estabilización de la destrucción durante el año 1996.

Génesis de la Ozonosfera

El ozono es un gas que se forma de manera natural en la Atmósfera, en aquellas regiones donde la incidencia de la radiación solar es máxima, como son las ecuatoriales, dispersándose después por el resto de la Atmósfera gracias a la acción dinámica. (Ver transparencia 13.) Las reacciones químicas que resumen el proceso genético del ozono son las siguientes:



La concentración natural en la Ozonosfera de esta molécula del oxígeno está en torno a $[10 \text{ mg.kg}^{-1}]$, y esta concentración se mantendría constante en esos valores gracias al mecanismo contrario de destrucción en la misma región, y a la disminución volumétrica del ozono que se intercambia con la capa inferior de la Atmósfera, la Troposfera, a través de la Tropopausa. ¿A qué se debe entonces la disminución progresiva del ozono en la Estratosfera?

Parece existir una correlación directa entre la disminución de la concentración de ozono en la Ozonosfera y el aumento progresivo de gases emitidos por procesos antrópicos; por tanto, el problema de la capa de ozono definido por el agujero, es un problema inducido directamente por la actividad del hombre.

AGUJERO DE LA CAPA DE OZONO. AGENTES QUIMICOS RESPONSABLES

CFC-12. (CCl₂F₂). Aerosoles, Aire Acondicionado, Espumas, Refrigeración. 45%
 CFC-11. (CCl₂F₃). Aerosoles, Espumas, Refrigeración. 26%
 CFC-113. Disolvente. 12%
 TETRACLORO DE CARBONO. (CCl₄). Disolvente. 8%
 METIL CLOROFORMO. Disolvente. 5%
 HALON 1301. Extintores. 4%



Agentes químicos responsables del agujero de la capa de ozono

El máximo peligro para el gas ozono en la Estratosfera viene representado por los denominados halocarburos, compuestos químicos complejos de halógenos y carbono. En un principio, estos compuestos gaseosos fueron considerados como la panacea química e industrial en su momento por varias razones: las múltiples posibilidades de uso, su gran estabilidad química, su precio, extraordinariamente barato, y sobre todo por ser gases inertes para el metabolismo de los seres vivos, sin contraindicaciones sanitarias.

Sus propiedades hicieron afirmar, confundiendo a *Lovelock*, autor de la hipótesis del funcionamiento global de la Tierra como si fuera un ser vivo (hipótesis de Gaia), que el uso de halocarburos no influía en ninguno de los procesos físico-químicos ni biológicos de la Tierra. La demostración de su grave incidencia en los gases estratosféricos, y en concreto en la capa de ozono, corrió a cargo de los profesores *Rowland* y *Molina*, premios Nobel de Química 1995. Las medidas realizadas desde los años setenta hasta la actualidad han demostrado una disminución progresiva de este gas a nivel estratosférico.

La utilización de estos gases en la industria refrigerante —esencialmente del aire acondicionado—, de los propelentes, las espumas, los sprays, los disolventes, las pinturas, los extintores, etc., todas ellas actividades ampliamente utilizadas en el mundo actual desarrollado y, sobre todo, su liberación a la atmósfera de forma indiscriminada y sin control, es la causa principal de la alteración por desaparición de la capa de ozono.

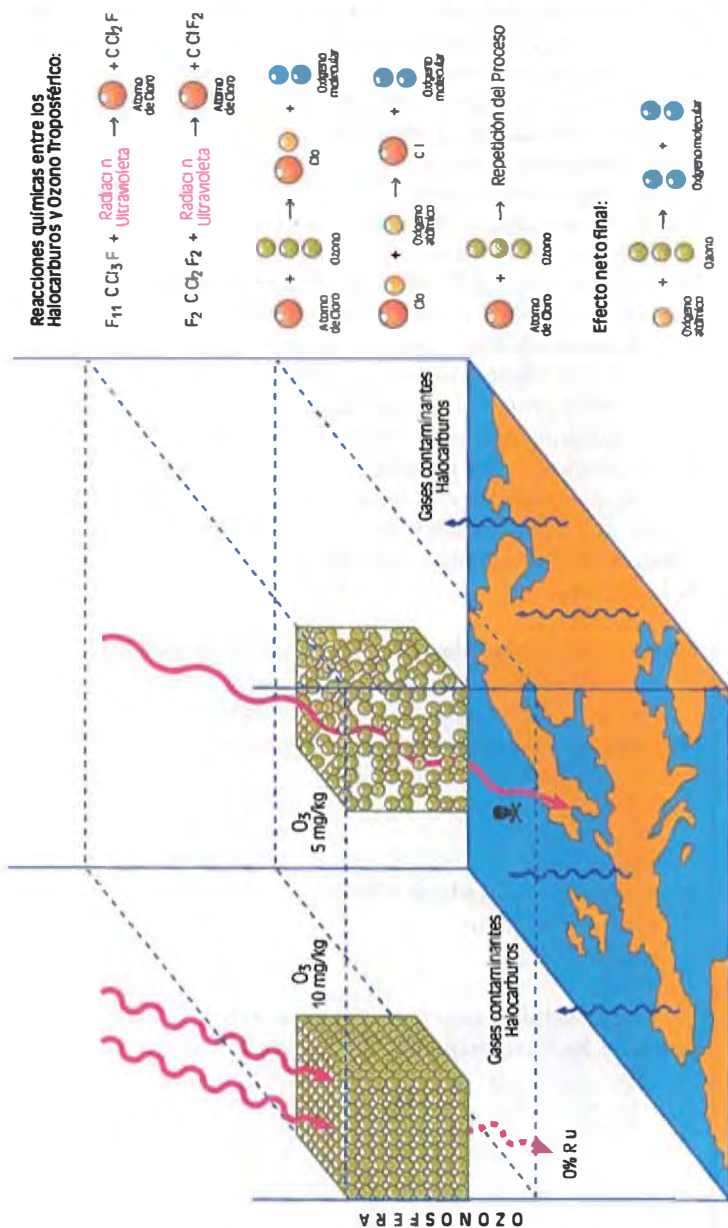
Nomenclatura de los halocarburos causantes de agujero de ozono

Varios son los tipos de halocarburos causantes del agujero de la capa de ozono. Por orden cuantificado de importancia, los más abundantes son los siguientes:

- F_{12} (CCl_2F)
- F_{11} (CCl_2F_2)
- CFC-113
- Tetracloruro de carbono (Cl_4C)
- Metil-cloroformo
- Halon1301.

La estabilidad de estos gases, entre 8 años para el metil-cloroformo y los 111 para el F_{12} , los hacen altamente reactivos y en particular con el ozono.

**MECANISMO DE DESTRUCCION DEL OZONO ESTRATOSFERICO.
EL AGÜJERO DE LA CAPA DE OZONO**



Tasas de concentración del ozono estratosférico y sus efectos ambientales

Las concentraciones de gas de la capa de ozono, para sus valores normales, vienen a estar en torno a 10 mg.kg^{-1} de aire. En esas concentraciones, las radiaciones solares de longitud de onda más corta, las ultravioletas que han atravesado la Atmósfera hasta aquí, son retenidas por este gas, impidiendo el paso a los niveles inferiores.

Sin embargo, como se ha apuntado ya, la concentración de gases contaminantes de tipo halocarburos en la Estratosfera reaccionan y destruyen las moléculas de ozono, reduciendo progresivamente los valores normales.

Reacciones químicas

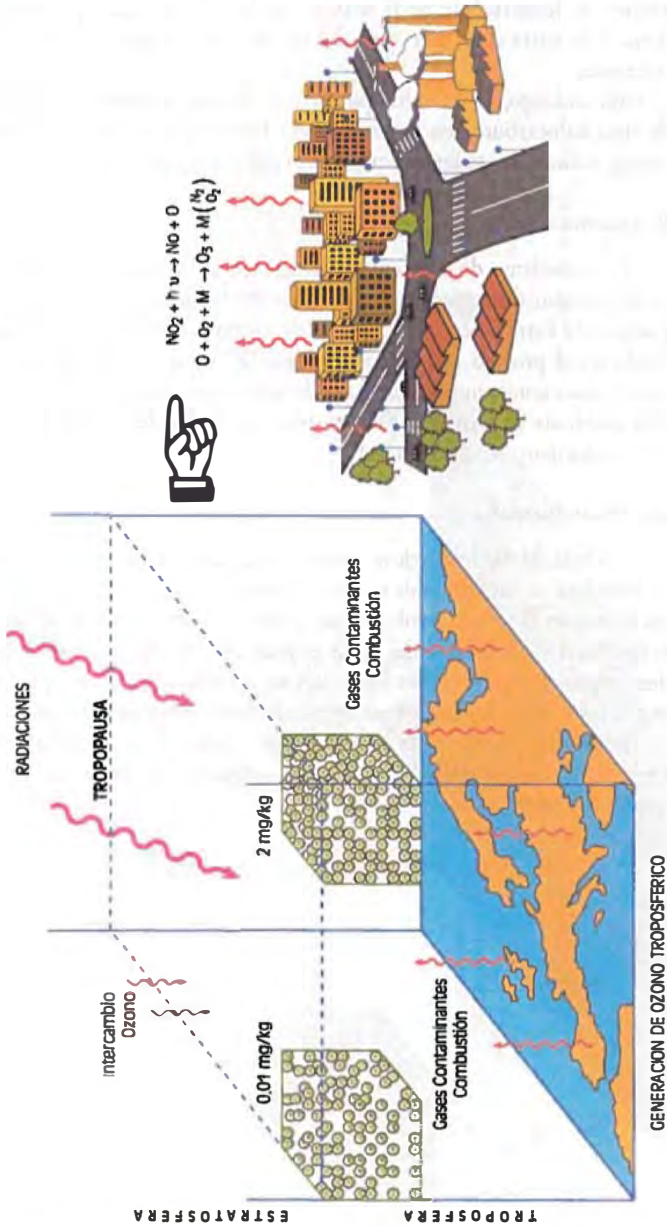
El mecanismo de actuación representado en la transparencia corresponde con el mecanismo de actuación de los gases contaminantes de tipo F_{11} y F_{12} . Ambos gases, en la Estratosfera, y por acción de los rayos ultravioletas se transforman liberando en el proceso un átomo de cloro. El átomo de cloro, químicamente muy activo, reacciona con una molécula de ozono para formar óxido de cloro y liberar una molécula de oxígeno. En esta reacción se ha descompuesto la molécula de ozono, desapareciendo como tal.

Efectos ambientales

Además, el óxido de cloro puede reaccionar con un átomo de oxígeno transformándose en un átomo de cloro y oxígeno molecular. Este átomo de cloro reinicia de nuevo el proceso, volviéndose a unir con otra molécula de ozono. Como la persistencia y estabilidad del cloro es muy alta, un mismo átomo de cloro puede descomponer muchos miles de moléculas de ozono (se estima que unas 100.000), por lo cual, son estos halógenos tremendamente peligrosos para la capa de ozono.

Su destrucción permite el paso hasta el suelo de la radiación nociva para los seres vivos, destruyendo las estructuras orgánicas de éstos, y, por tanto, provocando su muerte.

FORMACIÓN DEL OZONO TROPOSFERICO (Ozono como gas invernadero)



El ozono troposférico. Relaciones entre ozono troposférico y estratosférico

La formación natural del ozono en los niveles estratosféricos permanece normalmente constante en términos generales, aunque el valor de la concentración se puede modificar por las posibilidades del intercambio de ozono que se produce a través de la tropopausa, nivel de separación entre la Troposfera y la Estratosfera, hacia los niveles inferiores atmosféricos. La concentración de ozono natural en las capas bajas de la atmósfera —en la Troposfera— y en áreas no contaminadas viene a ser de $0,01 \text{ mg.kg}^{-1}$.

Con ese valor, o valores inferiores, los seres vivos realizan sus funciones vitales sin problema alguno. Además ese ozono se descompone de manera natural gracias a la acción de las partículas sólidas, los gases, etc.

Génesis del ozono troposférico. Efectos ambientales

Sin embargo, en zonas contaminadas se produce ozono por acción de procesos fotoquímicos sobre los gases contaminantes. Los gases del tipo de los óxidos de nitrógeno derivados de las acciones antrópicas, normalmente asociadas a industrias, combustiones, etc., por acción de la radiación solar, generan oxígeno atómico que a su vez es capaz de reaccionar con el oxígeno molecular para formar ozono libre troposférico. En estas reacciones químicas intervienen el nitrógeno y oxígeno, ambos moleculares, a modo de catalizadores.

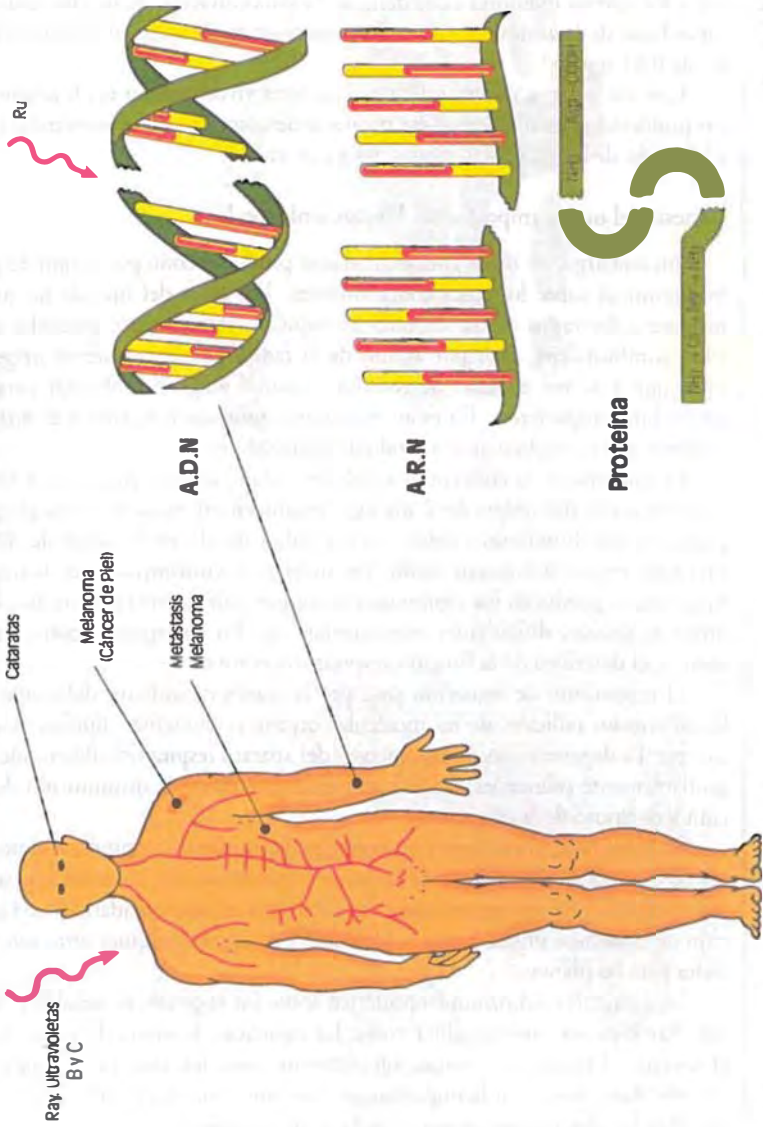
El aumento de la concentración de los valores citados antes, hasta valores de concentración del orden de 2 mg.kg^{-1} , producen en los seres vivos alteraciones graves de sus funciones vitales. La toxicidad incide en la salud de diferentes maneras, según la concentración. En niveles de concentraciones tóxicas, pero mínimas, se producen los siguientes efectos generales sobre la salud: tos, náuseas, dolor de cabeza, dificultades respiratorias, etc. En las mayores concentraciones tóxicas, el deterioro de la función respiratoria es total.

El mecanismo de actuación pasa por la reacción oxidativa del ozono troposférico con los radicales de las moléculas orgánicas, proteínas, lípidos, ácidos grasos, etc. La degeneración de las mucosas del aparato respiratorio desencadena otros probablemente colaterales, como los ataques asmáticos, la disminución de la función y deterioro de la estructura.

En otros seres vivos, como los vegetales, la incidencia se produce al penetrar el ozono a través de los estomas de las hojas y reaccionar con las moléculas orgánicas del tipo de los ácidos grasos, radicales orgánicos u otros, oxidándolos. La formación de moléculas orgánicas tipo aldehído y cetonas, o cualquier otro, son perjudiciales para las plantas.

La incidencia del ozono troposférico sobre los vegetales es variable y selectiva. Así, hay especies hipersensibles como las espinacas, la avena, la judía, la patata, el tomate, el tabaco, etc., otras, simplemente sensibles, como la lechuga, las fresas, etc. Baste pensar en la importancia económico-social que debe hacer recapacitar sobre los efectos contaminantes del ozono troposférico.

EFFECTOS DEL AGUJERO DE LA CAPA DE OZONO SOBRE EL HOMBRE



Radiación ultravioleta y la vida

La radiación ultravioleta que proviene del Sol puede presentar diferentes longitudes de onda, lo que permite su clasificación en radiaciones de tipo A, B, C. En concreto, la denominada radiación ultravioleta B (Ru-B), que presenta una longitud de onda comprendida entre los 290 nm y los 320 nm (nanómetros), y la radiación ultravioleta C (Ru-C), que tiene una longitud de onda comprendida entre los 240 nm y los 290 nm; son radiaciones que al tener longitudes de onda tan corta su poder energético es muy alto, y, por consiguiente, nocivas para la vida en general.

El paso de la radiación a través de la Estratosfera sin la interceptación por parte de la capa de ozono, debilitada o ausente, hacia los niveles inferiores de la Atmósfera donde se encuentra la Biosfera en general y el hombre en particular, ocasiona graves problemas.

Efectos de la radiación ultravioleta en el hombre

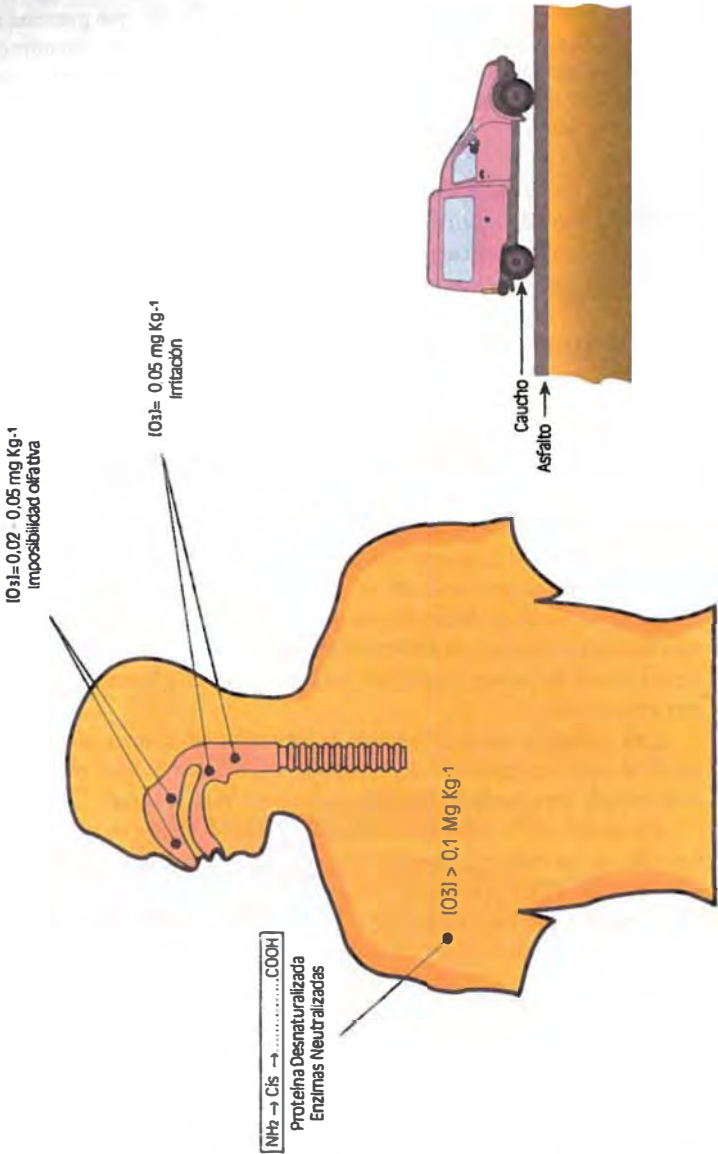
En el caso del hombre, la radiación Ru-B es la causante directa, al parecer, de la multiplicación de casos del llamado melanoma maligno, un tipo de cáncer de piel altamente invasivo que afecta a los melanoblastos, células pigmentarias, y que se transmite con facilidad a los vasos linfáticos, y de ahí se extiende por todo el cuerpo mediante la metástasis generalizada.

La disminución de la capa de ozono como causa ambiental asociada a la modificación de los comportamientos sociales en determinados países, aquellos que han alcanzado un nivel de desarrollo que permite a sus ciudadanos desarrollar una cultura llamada «del ocio», con mayor disfrute de la naturaleza en general, del medio, de los baños de sol sin protección, está favoreciendo el aumento de los casos de esta enfermedad.

Esta radiación también favorece la depresión del sistema inmunitario, lo que conlleva parejo el desarrollo de tumoraciones, muchas de ellas malignas, así como el rebrote de enfermedades contagiosas y parasitarias de la piel.

En el caso de la radiación C, Ru-C, su acción nociva se concentra en la destrucción de las moléculas orgánicas, de los ácidos nucleicos principalmente, tanto del ADN como del ARN, con lo que pueden favorecerse las afecciones graves de tipo genético por las mutaciones que por esta causa se inducen. De la misma manera actúan sobre las proteínas, desnaturalizándolas y provocando la inhibición de sus funciones.

EFFECTOS DEL OZONO TROPOSFERICO SOBRE EL HOMBRE



Efectos del ozono troposférico sobre el hombre

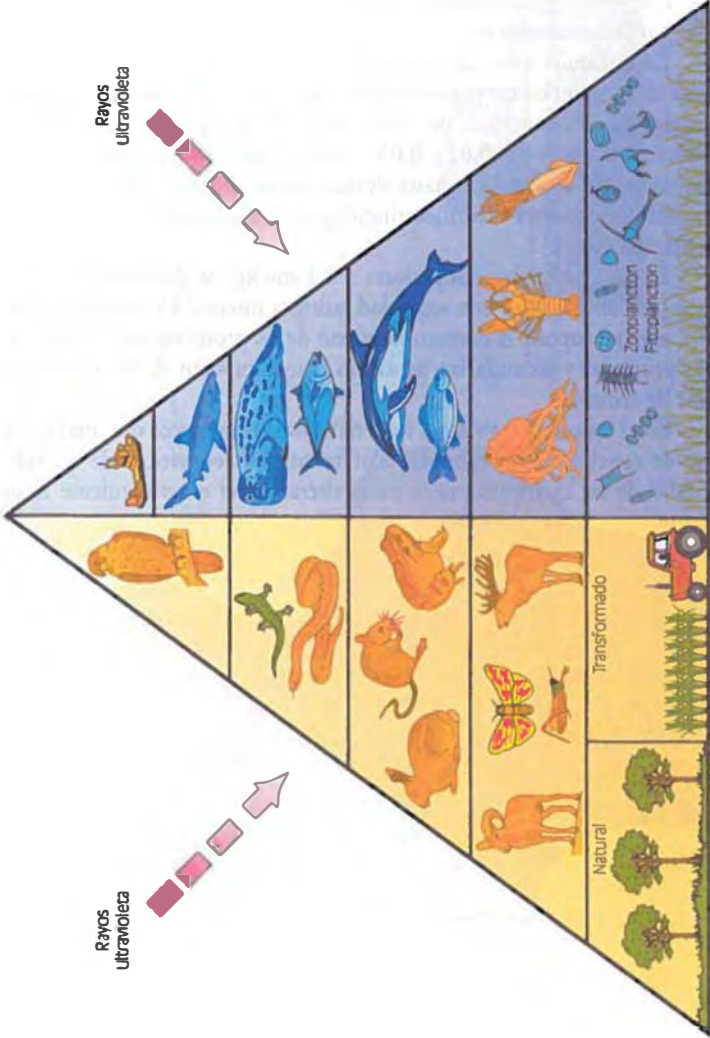
La presencia de ozono en la parte baja de la Atmósfera, ozono troposférico, se debe bien al intercambio natural entre la Troposfera y la Estratosfera, a través de la tropausa o como consecuencia de diversas reacciones químicas, unas naturales como la reacción entre los óxidos de nitrógeno, las olefinas y la radiación solar ($\lambda=1.180$ nm) generadoras de ozono y otros compuestos, o por reacciones inducidas por la contaminación.

En cualquier caso, la presencia de ozono troposférico puede resultar nociva para el hombre, en tanto en cuanto se superan unos valores de tolerancia, establecidos en concentraciones de menos de $0,02$ mg.kg^{-1} , superados estos niveles, en concentraciones entre $0,02$ y $0,05$ mg.kg^{-1} , existe una percepción olfativa progresivamente más desagradable hasta alcanzar valores de $0,05$ mg.kg^{-1} o mayores, donde existen alteraciones otorrinolaringológicas, esencialmente de irritación o fuerte irritación.

En concentraciones superiores a $0,1$ mg.kg^{-1} se destruyen las mucosas, aunque previamente hay una sequedad laringea intensa. La concentración mayor de $0,1$ mg.kg^{-1} supone la desnaturalización de las proteínas, pérdida de sus estructuras primarias y secundarias, así como la interrupción de los procesos catalizados por las enzimas.

En el resto de los sistemas materiales humanos parece que afecta a las estructuras de caucho, deteriorándolas. Por tanto, los neumáticos de los vehículos y el asfalto de las carreteras puede verse alterado con el consiguiente riesgo de accidente.

PRINCIPALES CONSECUENCIAS DEL AGUJERO DE OZONO



Efectos de la radiación ultravioleta sobre los ecosistemas

La destrucción progresiva de la capa de ozono, además de la incidencia grave sobre la salud humana, vista con anterioridad, es aparentemente muy importante porque somos nosotros mismos los que la cuantificamos y valoramos desde los parámetros de la filosofía antropocentrista que nos caracteriza. Sin embargo, no deja de ser una mera anécdota si la comparamos con los gravísimos problemas que acarrea en el ecosistema general donde debíamos integrarnos, y desde donde, aunque todavía no nos hemos percatado de ello, vendrán las máximas incidencias.

Si se considera la estructura piramidal del ecosistema, ver transparencia 109, en el capítulo correspondiente del bloque temático 4, y se considera un ecosistema cualquiera dentro del sistema global terrestre --por ejemplo, el marino en general y uno terrestre natural o transformado por el hombre--, la incidencia de la radiación ultravioleta no retenida por la Ozonosfera en ellos ocasiona, a grandes rasgos, una problemática ambiental específica.

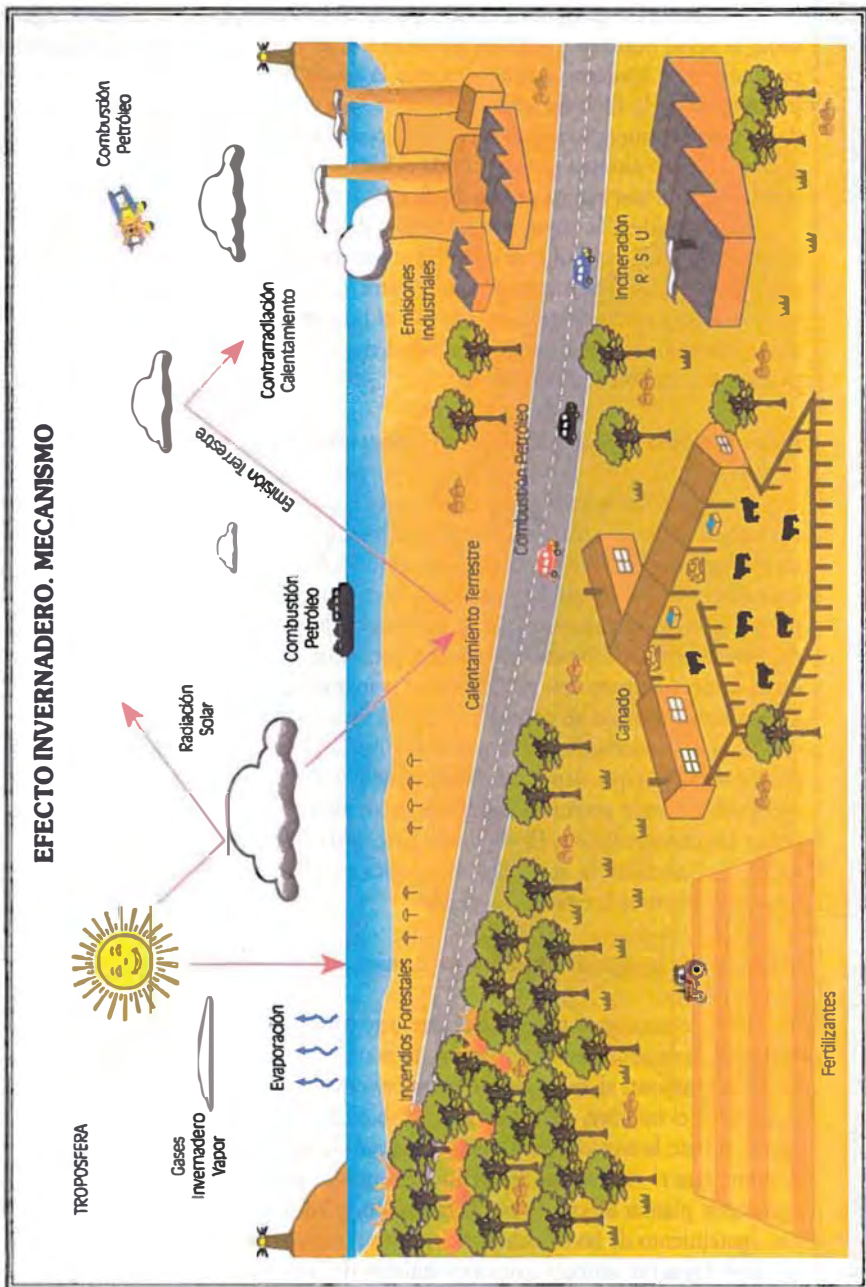
Influencia de la capa de ozono en los ecosistemas marinos

En el ecosistema marino, el escalón basal, constituido por las algas unicelulares fotosintéticas, las diatomeas, etc., el llamado fitoplancton en definitiva, moriría en los primeros veinte metros de profundidad por la radiación considerada. La muerte del fitoplancton conlleva la alteración de toda la cadena trófica, puesto que los organismos que se alimentan de él, el zooplancton, se resienten profundamente. Teniendo en cuenta que éstos sirven a su vez de alimento a otros carnívoros mayores, ya sean peces o mamíferos acuáticos, la repercusión es generalizable a todos los niveles en los sucesivos escalones del ecosistema.

Si en esa cadena consideramos al hombre en la cúspide de la pirámide ecológica, como principal depredador, sus actividades económicas como prolongación de aquélla se verán profundamente afectadas; piénsese en las pesquerías, si se extrapolan las consecuencias. El siguiente paso sería la modificación de los sistemas sociales, al alterarse la actividad económica de ellas derivadas, y, por último, se vería afectada toda la estructura social.

Influencia de la capa de ozono en los ecosistemas terrestres

En los ecosistemas terrestres ocurre otro tanto, y de forma muy parecida. En cualquier ecosistema terrestre natural, la mayoría de los vegetales que constituyen el estrato inferior, al verse alterados por efectos para su salud similares a los que ocurren en el hombre, transmitiría su problemática al resto de la cadena alimenticia. Si la base la constituye el sustrato vegetal de un ecosistema modificado por el hombre para el cultivo, las repercusiones encadenadas de forma predictiva son las siguientes: plantas afectadas por la radiación, pérdida de sus propiedades específicas, agotamiento de las cosechas, disminución de la producción de alimentos, alteración del sistema agrícola-ganadero, quiebra de la economía del sector, etc.



Efecto invernadero natural

La composición media de la Atmósfera, desde los tiempos geológicos llamados fanerozoicos hasta casi la actualidad, ha permanecido constante. Durante todo este tiempo, aproximadamente los últimos 600.10^6 años, la radiación solar alcanzaba la Tierra en una proporción menor a la que salía del astro rey. Las pérdidas cuantificadas estaban relacionadas con las distintas capas que componían la estructura de la Atmósfera, la Ionosfera, la Ozonosfera, o los gases y polvo dispersos por ella que absorbían parte de la radiación.

La energía que esa radiación llevaba a la Tierra servía para calentar la Litosfera y la Hidrosfera, que devolvían a la Atmósfera parte de la energía absorbida en forma de radiación de longitud de onda más larga que la de incidencia. Las longitudes de onda de la radiación emitida por las capas de la Tierra no podían atravesar los gases de la Atmósfera, reflejándose de nuevo hacia la superficie, como contrarradiación, calentando los gases de ésta y manteniendo unas determinadas condiciones térmicas conocidas como efecto invernadero natural.

Acción antrópica y efecto invernadero inducido

Sin embargo, de un tiempo a esta parte la concentración de los gases minoritarios de la Atmósfera ha subido, y en concreto, la concentración del CO_2 . El aporte de gases, que en condiciones naturales en la Atmósfera primitiva estaban en proporciones llamadas trazas, con génesis antrópica ligada a las actividades humanas, ha incrementado el efecto invernadero, ocasionando un aumento generalizado de la temperatura en los niveles inferiores de la Atmósfera. Así lo corrobora el hecho de que las temperaturas –que por las observaciones realizadas sobre la actividad solar mínima en la década 1982-1992– deberían haber bajado, sin embargo han crecido.

Las estimaciones que de la variación de temperaturas se hacen en los años sucesivos apuntan hacia un incremento de ésta del orden de $2-2,5^\circ\text{C}$ para el año 2050. De seguir así la situación térmica de la Atmósfera, por sus graves consecuencias, sería absolutamente irreversible en pocos años.

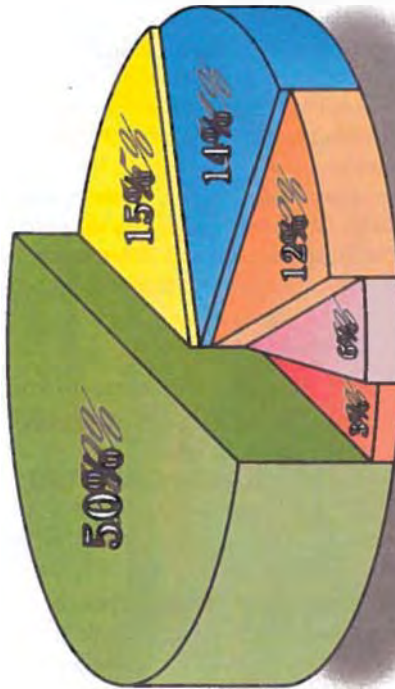
Actividades que generan efecto invernadero











Las principales actividades que generan efecto invernadero son:

1. La quema de combustibles fósiles: carbón, petróleo, etc.
2. La quema de superficies forestales.
3. La incineración de residuos sólidos urbanos. RSU.
4. El ganado.
5. Los fertilizantes.
6. La combustión de PVC'S.

Todas estas actividades liberan diversos tipos de gases, que atrapados en las capas inferiores de la Atmósfera se comportan de manera permeable frente a la radiación solar, pero lo hacen de forma impermeable frente a la radiación emitida en longitudes de onda larga por la propia Tierra. La contrarradiación de esta manera es la que calienta los niveles inferiores de la Atmósfera, produciendo el efecto invernadero.

**PRINCIPALES GASES DEL EFECTO INVERNADERO.
CONTRIBUCION AL CALENTAMIENTO GLOBAL**



ACTIVIDAD	GAS INVERNADERO
 INDUSTRIAS	CO ₂ , CO, NO ₂
 CENTRALES TERMICAS	CO ₂ , CO, NO ₂
 INCENDIOS	N ₂ O, CH ₄
 COCHES	(Cl, HOLLIN
 AVIONES	
 BARCOS	
 INCENDIOS FORESTALES	CH ₄ , CO ₂ , NO ₂ , N ₂ O
 FERTILIZANTES, GANADO	CH ₄
 INCINERAOORA R S U	CO ₂ , NO ₂ , NO
 COMBUSTION PVC S	CH ₄

Gases del efecto invernadero

Como puede verse en el esquema que muestra la transparencia, los principales gases del efecto invernadero son, por orden de importancia cuantificada, los siguientes: el dióxido de carbono, el metano, los clorofluorcarbonados y los COV'S (compuestos orgánicos volátiles), además de los óxidos de nitrógeno genéricos. Estas sustancias están caracterizadas por su bajo punto de ebullición y presión de vapor mínima. Su génesis es variable: antropogénica, biogénica y en procesos naturales de tipo volcánico, marinos, pantanosos, etc. Estos últimos son cuantitativamente más importantes en proporciones entre 4-9 veces las antrópicas.

Todos ellos se generan en actividades antrópicas, como son los procesos que conllevan la quema de combustibles fósiles, carbón, petróleo, etc., en las industrias, centrales térmicas (independientemente del tipo de combustible que utilicen), de las incineradoras de residuos sólidos urbanos, o de los generados en los transportes aéreos, terrestres o marítimos.

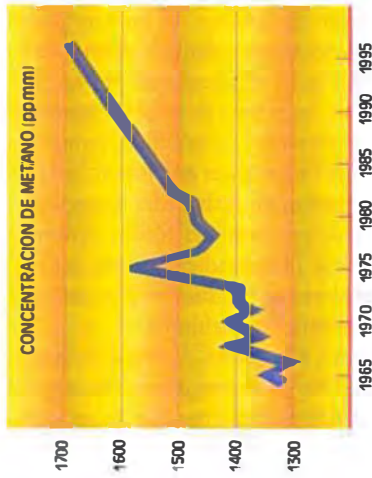
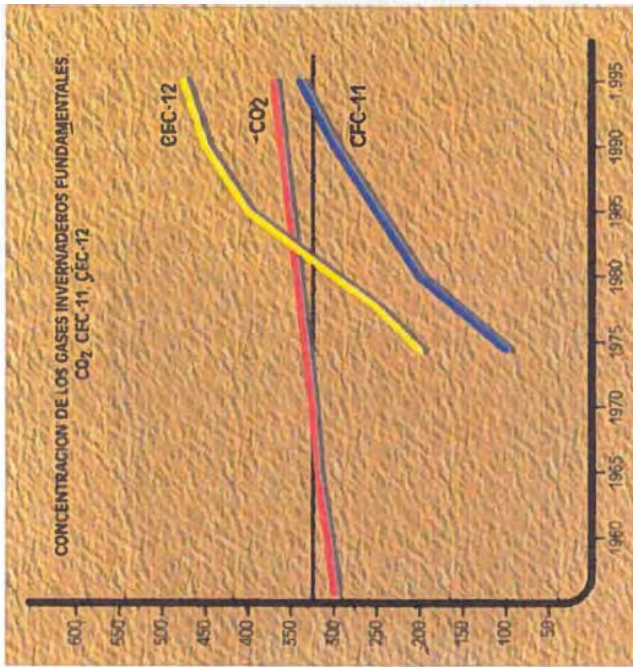
Otros están ligados a la quema de masas forestales, como el metano, a la propia actividad metabólica de determinadas especies, caso de los rumiantes, de las hormigas, etc., o al desprendimiento que se produce por la actividad bacteriana anaeróbica en los procesos geobiológicos y en la actividad ganadera.

Consecuencias ambientales del efecto invernadero

Todos estos gases contribuyen, en más o menos proporción, al llamado calentamiento global de las capas bajas de la Atmósfera, o lo que es lo mismo, el efecto invernadero inducido. El problema que se le plantea a la comunidad científica es la cuantificación exacta de la incidencia en el calentamiento global, así como las posibles interacciones que pueden tener en el efecto otros gases generados por otros mecanismos.

Así se sabe, por ejemplo, que los aerosoles sulfatados contrarrestan parte de ese efecto invernadero, al absorber y reflejar las radiaciones provenientes del Sol y de la Tierra, respectivamente. Esos aerosoles se producen en algunos procesos industriales, en la actividad orgánica del fitoplancton, o es inyectado a la Atmósfera por los procesos volcánicos, como ocurrió con el volcán Pinatubo en 1991. Sin embargo, los aerosoles sulfatados tienen capital importancia ambiental en los procesos asociados con la lluvia ácida.

VARIACION DE LA CONCENTRACION DE LOS GASES INVERNADERO



Variación de la concentración de los gases invernadero

Como puede verse en los gráficos que representan las variaciones de concentración de los principales gases del efecto invernadero, CO_2 , CCF-11, CFC-12 y Metano (CH_4), éstos han ido creciendo con el tiempo en todos los casos.

En algunos, como ocurre con el CO_2 y Metano (CH_4), cuyos valores han permanecido más o menos estables, o con ligeras fluctuaciones hasta los años sesenta, sus porcentajes se han disparado desde entonces, en otro cuya presencia es testimonial, de ahí que las gráficas arranquen desde valores de concentración prácticamente nulos, al estar fuera de las concentraciones naturales atmosféricas, se incrementan únicamente gracias a la acción antrópica. En el caso del metano, las principales fuentes por orden de importancia son:

- Fermentación intestinal
- Cultivo de arroz
- Combustión de Biomasa
- Emisión de lagos y pantanos
- Combustión de carbones
- Combustión de gas natural
- Emisiones oceánicas
- Automoción
- Combustión de lignitos

y que tienen como sumideros (pérdidas). Pérdidas por reacción con OH:

- Flujo a la Estratosfera
- Pérdidas por reacción con NO
- Fijación por microorganismos
- Pérdidas por reacción con oxígeno

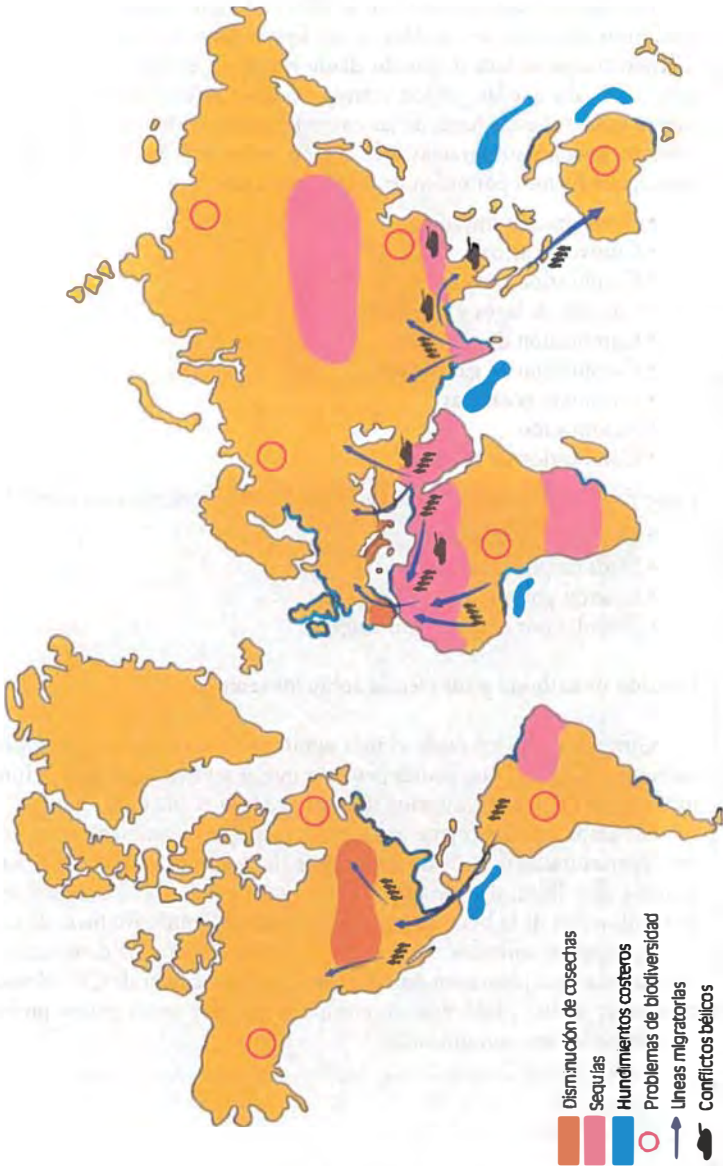
Dióxido de carbono y sus efectos sobre los seres vivos

Quizá de todos los casos, el más significativo sea el de los gases tipo dióxido de carbono (CO_2), del que podría pensarse que al ser necesario para la fotosíntesis un incremento de su concentración atmosférica favorecería ésta.

Sin embargo, parece que se ha constatado que en ambientes con concentraciones hipersaturadas de dióxido de carbono, los vegetales, o inhiben drásticamente la función clorofílica, o se producen daños graves como la defoliación, que ocasiona la disminución de la biomasa vegetal y la floración intensiva fuera de temporada.

En especies animales, sobre todo en las fases orugas de determinados lepidópteros asociados a plantas en ámbitos con concentraciones de CO_2 elevadas, parecen observarse graves problemas de crecimiento y por tanto graves problemas en el desarrollo de estas comunidades.

CONSECUENCIAS GENERALES DEL EFECTO INVERNADERO



Consecuencias generales del efecto invernadero

La consecuencia más importante del efecto invernadero es la del aumento de la temperatura media del planeta, independientemente de la compensación natural y antrópica de ese incremento –producida por los aportes de gases sulfurosos (SO₂), de la combustión de los combustibles fósiles y de los gases aportados por las erupciones volcánicas, cuyos aerosoles absorben, dispersan y reflejan la radiación solar– disminuyendo el calentamiento global.

Efectos ambientales del calentamiento global

Los efectos ambientales del incremento de la temperatura media del planeta son múltiples con repercusiones en cadena. Al ser la temperatura la reguladora del volumen de hielo en los polos, su aumento provocaría la fusión de los casquetes glaciares, aumentando el volumen de agua en los océanos. Esto conlleva otras consecuencias, de tipo:

- Climáticas, que producirán variaciones en los regímenes de circulación de los vientos, y de las corrientes marinas, distribución anómala de las precipitaciones, cambiando el tiempo atmosférico del planeta.
- **Desertización**, por incremento súbito de las precipitaciones en regiones donde no eran habituales y convertirse éstas por tanto en un agente erosivo de primer orden.
- **Eliminación de suelos**, lo que lleva implícito la pérdida de su productividad.
- **Deforestación**.

Las consecuencias Biológicas pueden ser: la desaparición de los arrecifes de algunos océanos, al no poder compensarse la evolución lógica de la colonia, con el incremento súbito del nivel del mar. La biodiversidad asociada al arrecife, y la biodiversidad del planeta se vería resentida por inundación de los ecosistemas. En el capítulo de consecuencias geológicas hay que apuntar, la anegación de los deltas (que como se sabe son ecosistemas muy diversos), los movimientos eustáticos, con incidencia en la modificación del nivel de base de los ríos y por tanto de sus regímenes erosivos y de sedimentación. O la salinización de los acuíferos.

Las consecuencias Sociales son múltiples, quizá la más llamativa sea la desaparición de algunos estados con topografía bajas (Islas Maldivas, Bangladesh). Es indudable que las consecuencias apuntadas antes incrementarán las migraciones hacia lugares más ricos que puedan alimentar a la población afectada, con lo que la tensión internacional en el llamado eje Norte-Sur se incrementará.

Actuaciones potenciales para reducir el riesgo de calentamiento global

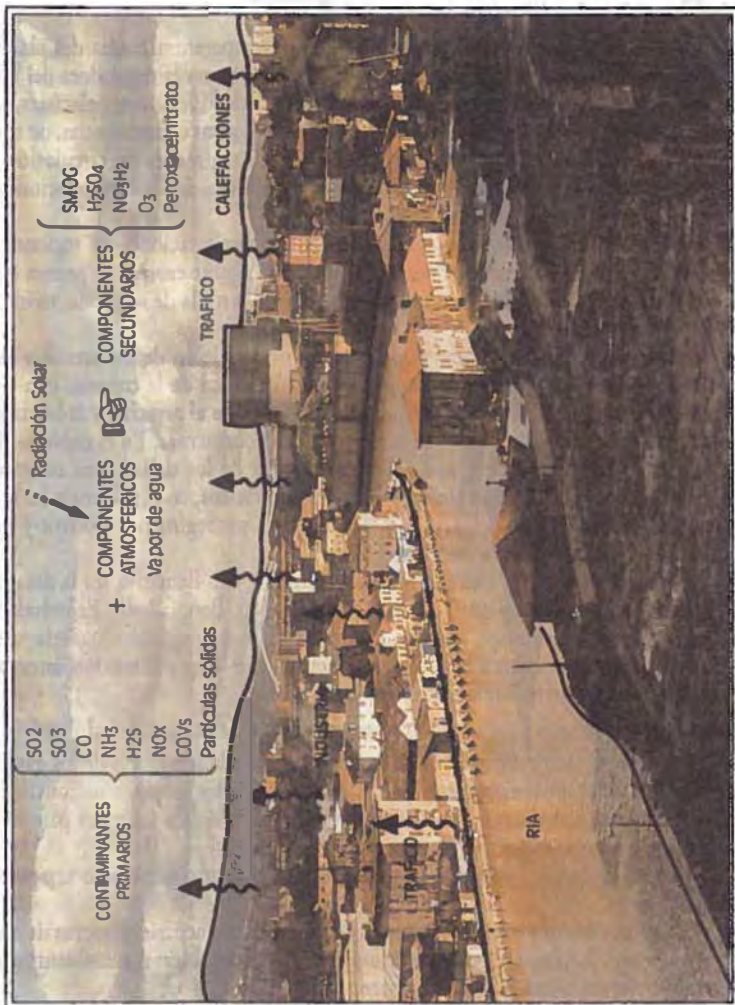
Es indudable que debe alcanzarse un consenso para la reducción de los gases invernadero. El acuerdo político en este sentido lucha contra los intereses nacionales, industriales, etc., al suponerse que las reducciones de la emisión de los gases paralizarían la industria y por tanto el desarrollo.

Mientras se busca y se alcanza un acuerdo en el futuro inmediato se apuesta por medidas como:

- La reforestación y transformación de áreas desérticas actuales en áreas de regadío.
- Favorecer la incorporación de la materia orgánica (muerta) a ambiente anóxicos (sin oxígeno) para evitar su oxidación y generación de CO₂.
- La creación de áreas lacustres, modificando el nivel freático.
- Potenciar en lo posible el crecimiento de organismos con esqueleto calcáreo, mediante un proceso de incorporación de nutrientes a su medio.

No obstante las medidas citadas, son conflictivas, en tanto en cuanto hay una problemática específica asociada a cualquier modificación antrópica de los parámetros naturales de cualquier medio.

CAUSAS DE LA CONTAMINACION LOCAL (URBANA). PRINCIPALES CONTAMINANTES



Ria del Nervión. (Bilbao)

Contaminación atmosférica local

El aire puede considerarse como un recurso natural, renovable, constituido por una mezcla de gases con composición constante, en los porcentajes ya vistos. No obstante, desde la aparición del hombre sobre la Tierra y sobre todo en los últimos doscientos años la composición del aire ha variado profundamente por acción de sus actividades, hablándose de contaminación atmosférica, que puede ser general cuando afecta a un área amplia, o urbana cuando se da en una gran población.

Concepto de contaminación

Debemos entender por contaminación la «presencia en el aire de gases, materia o fuente de energía con génesis natural, o antrópica, que conlleva riesgos para personas, animales, plantas o al patrimonio artístico-cultural». Indudablemente, puede ampliarse el concepto a la producción de contaminantes naturales, generados, por ejemplo, en incendios forestales naturales y en erupciones volcánicas, aunque lo normal es aplicar el concepto de contaminación cuando ésta es debida a actividades y agentes generados por el hombre.

Actividades antrópicas contaminantes. Contaminantes primarios y secundarios

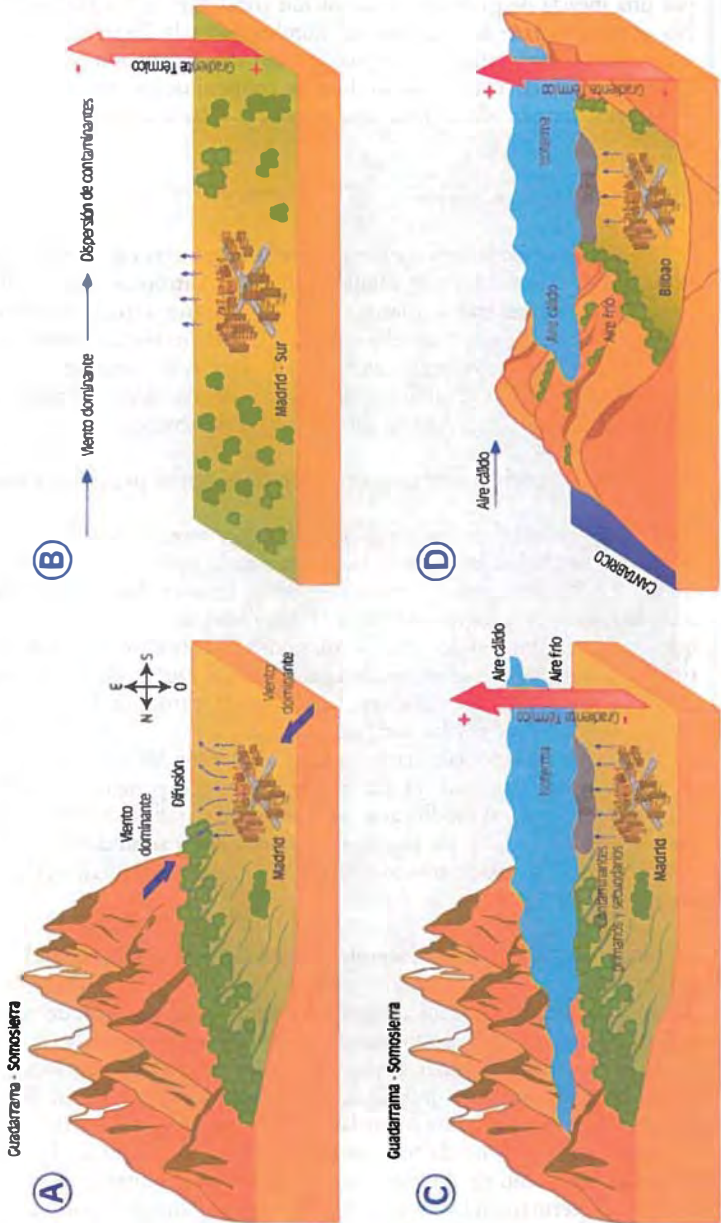
En las grandes ciudades, en el ejemplo que se toma Bilbao, las principales causas de la contaminación urbana local son tres: la industria, las calefacciones y el tráfico. En los tres casos, la combustión de los combustibles fósiles de tipo carbón o de hidrocarburos fósiles aportan a la Atmósfera los residuos de su combustión que son clasificables en dos grupos: así, podemos hablar de **contaminantes primarios**, dentro de los que se encuentran los óxidos de azufre, los óxidos y dióxidos de carbono, el amoníaco, el sulfídrico, los óxidos de nitrógeno, los compuestos orgánicos volátiles (COV's) y las partículas sólidas.

Ahora bien, los contaminantes primarios, y según las condiciones atmosféricas locales, pueden reaccionar, ya con alguno de los componentes atmosféricos (caso del vapor de agua), o modificarse por acción de la radiación solar en otros compuestos, dando lugar a los llamados **contaminantes secundarios**, caso del ácido sulfúrico (H_2SO_4), ácido nítrico (H_2NO_3), el ozono troposférico (O_3) o del peroxiacelnitrato.

Influencia de los aspectos meteorológicos en la contaminación local

Es lógico pensar que los riesgos anunciados en el concepto de contaminación expresado arriba y entendido como la posibilidad de ocurrencia de un daño para personas o medio, dependen de las condiciones meteorológicas locales (caracterizadas por unos vientos dominantes, una dirección de evacuación de los mismos, un gradiente térmico y una humedad relativa del aire, entre otros), que permitan el mantenimiento o no de los contaminantes en el área local. De otra manera, existe un fenómeno de difusión natural de los contaminantes que alivia el problema. La permanencia de unas circunstancias contaminantes a lo largo del tiempo se ve favorecida por las condiciones geográficas y meteorológicas locales.

CONTAMINACION LOCAL. FACTORES DETERMINANTES



Factores determinantes de la contaminación local

La contaminación local de tipo antrópico y sobre todo la concentrada en los núcleos urbanos (que casualmente agrupan a la mayor parte de la población mundial) dependen de varios factores:

- Atmosféricos.
- Climáticos y...
- Topográficos.

La combinación de todos ellos permiten el establecimiento de casos como los que se representan: cuando se dan circunstancias como el caso A, típico de una ciudad como Madrid, situada en una cuenca de sedimentación, la del Tajo, con una topografía en rampa desde su límite norte, en la Sierra de Guadarrama-Somosierra, hacia el centro de la misma donde se ubica. Las condiciones climáticas regionales son normalmente anticiclónicas y los vientos dominantes de la región tienen dirección suroeste-noreste y noreste-suroeste. Los contaminantes primarios y secundarios en estas condiciones se difunden a la Atmósfera con facilidad.

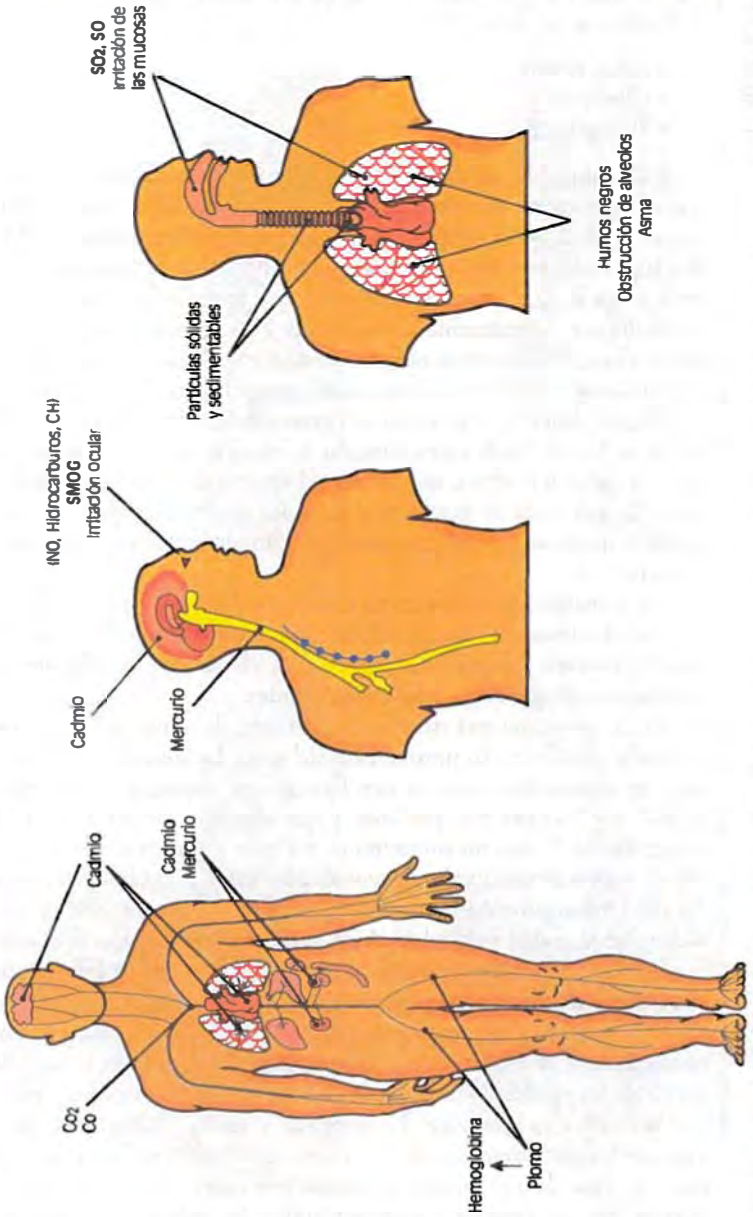
Tampoco en el caso B se dan las circunstancias climáticas ideales para el incremento de los valores de contaminación. La causa es la disminución de la temperatura del aire con la altura, que permite el ascenso del aire contaminado y caliente desde la capa sucia de generación, hasta los niveles más altos de la Troposfera, donde se dispersan los contaminantes y se difunden gracias a los vientos dominantes de la zona.

Sin embargo, en un caso como en C, y también para la ciudad de Madrid, las mismas circunstancias anticiclónicas (distribuidas en dos períodos de tiempo anuales, invierno y verano) dan lugar a anticiclones muy estables que permiten el fenómeno conocido como la **inversión térmica**.

El aire en altitud está estratificado en capas, de forma que el más caliente está arriba y el más frío en las proximidades del suelo. La isoterma que marca la línea de contacto entre ambas masas de aire, frío-caliente, impide el ascenso del aire contaminado por los gases y las partículas y que además está caliente. El resultado es la concentración de los contaminantes en esa zona y el incremento de sus valores de concentración mensurables y algunos visibles, como es el caso de las partículas sólidas que forman parte del llamado *smog*, etc. Se formará un escudo de aire contaminado sobre la ciudad visible desde lejos, popularmente la *«boina de Madrid»*.

En otras situaciones topográficas como las que se dan en Bilbao (caso D), ciudad industrial situada en una depresión tectónica (fosa), rodeada de montes que hacen de pantalla a los vientos e impiden la dispersión y difusión de los contaminantes locales. El aire caliente queda atrapado en el valle de la ría/o Nervión, al abrigo de los vientos dominantes de dirección Norte provenientes del Cantábrico que facilitarían su transporte. La inversión se forma y actúa igual que en el caso anterior; los gases contaminados y calientes generados por las causas vistas chocan con una masa de aire caliente en altitud que impide su ascenso, manteniéndose durante días esa situación e incrementándose los índices de contaminación y las molestias.

CONSECUENCIAS SANITARIAS DE LA CONTAMINACION LOCAL (URBANA)



Efectos de la contaminación local sobre la salud

La contaminación atmosférica local (urbana), cuando supera determinados índices, valores mínimos de toxicidad, afectan a la salud humana de diversas formas y de manera específica por cada tipo de contaminante. Así, independientemente de la acción lenta en ambientes contaminados, la acción de los contaminantes puede ser **puntual e intensa** o a **muy largo plazo**, cuando se manifiestan los problemas de salud por los contaminantes acumulados y no metabolizados.

Influencia de los contaminantes sobre los diversos aparatos

Los principales contaminantes derivados de la combustión de los recursos energéticos fósiles –los dióxidos de carbono y azufre respectivamente o sus monóxidos, formados por una oxidación incompleta– atacan esencialmente, y en el caso de los óxidos de azufre, el aparato respiratorio, irritando en las afecciones leves las mucosas altas que tapizan las fosas nasales y la faringe, mientras que en los casos severos de contaminación es el propio pulmón el órgano más afectado, dificultando por tanto la capacidad respiratoria.

Los óxidos de carbono afectan sobre todo al aparato circulatorio inhibiendo la acción de la hemoglobina, proteína encargada del transporte gaseoso, cuya reacción natural $HB + O_2$ se ve alterada por la mejor combinación de la hemoglobina con el monóxido de carbono en ambientes contaminados, por tanto la inutilización de esta proteína por el contaminante provoca la asfixia.

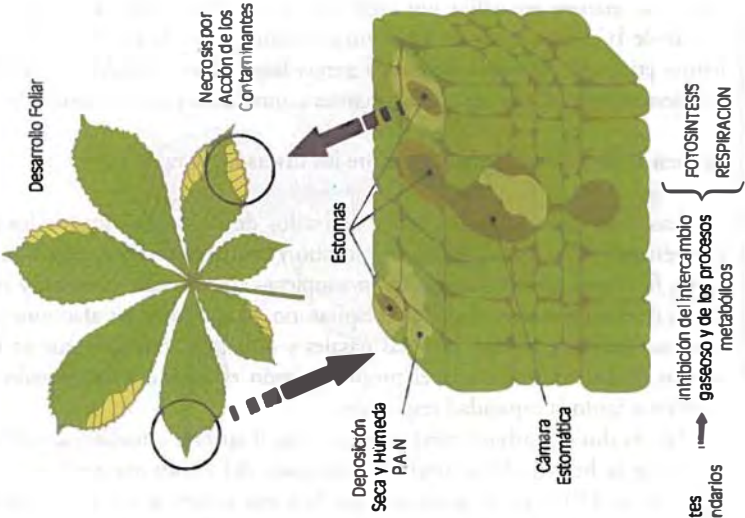
Las partículas sólidas, sobre todo aquellas composicionalmente formadas por metales pesados, de tipo Pb (plomo), Cd (Cadmio), Hg (Mercurio), As (Arsénico), Ni (Níquel), como más peligrosas, afectan esencialmente al sistema nervioso central, aunque los efectos neurológicos no son menos importantes que los cardiovasculares. En estos casos, la acción se agrava por la persistencia durante mucho tiempo, ya que los metales pesados son elementos químicos para los cuales los seres vivos en su proceso evolutivo no han diseñado estrategias metabólicas de eliminación y, por tanto, se acumulan en órganos como: los huesos, riñones, hígado, etc.

Los contaminantes secundarios y algunos primarios como los óxidos de nitrógeno, NO_2 , en general, derivados de la reacción de los primarios con los componentes atmosféricos y con la radiación solar, o simplemente acompañantes como residuos de los combustibles o de la propia combustión, forman un conjunto heterogéneo donde se incluyen, el **smog**, los **humos negros**, los **hidrocarburos** y **otras partículas sedimentables**. Esta mezcla actúa de forma general sobre algunos órganos como los de los sentidos: los ojos, especialmente en sus estructuras externas, córneas, cristalinos, etc.

Las partículas sólidas y los humos negros tienen una acción específica sobre el tracto respiratorio en general. Los procesos asmáticos son el cuadro clínico más grave, y la alteración del epitelio de las mucosas, el más leve.

CONSECUENCIAS FITOSANITARIAS DE LA CONTAMINACION LOCAL

CONTAMINANTES PRIMARIOS Y SECUNDARIOS
CO₂ →
CO →
SO₂ →
SO →
NO_x →



Efecto de la contaminación sobre los vegetales

Si sobre los seres humanos y por extrapolación al resto de los animales los efectos de la contaminación provocan enfermedades y cuadros clínicos de diversa gravedad, sobre los vegetales ocurre algo similar.

Los productos derivados de la oxidación del carbono, óxido y monóxido de carbono, a priori, al ser éstos los materiales base de los procesos fotosintéticos, se pensaba que un incremento de las concentraciones de CO_2 aumentaría la producción de biomasa vegetal. Sin embargo, los experimentos realizados con vegetales en atmósfera de alta concentración de dióxido de carbono no parecen afectar positivamente la función clorofílica, sino más bien todo lo contrario, la inhibición de la misma.

Los derivados de la oxidación del azufre actúan sobre las diversas especies vegetales, produciendo por contacto y por acumulación interna la necrosis de diversas estructuras, como las hojas, que de alguna manera repercute sobre los procesos metabólicos vegetales. Así, la necrosis de la superficie foliar disminuye la capacidad de absorción de las hojas, y por consiguiente la disminución del metabolismo vegetal.

Los contaminantes primarios, del tipo NO_x , como el óxido nitroso y su monóxido, también actúan sobre los vegetales, inhibiendo la fotosíntesis. Sus derivados en reacción química con los hidrocarburos, los PAN (los nitratos peroxoa-cilo), atacan las células estomáticas, situadas en la epidermis de las hojas, impidiendo el intercambio gaseoso del CO_2 hacia el interior y del O_2 al exterior a través de los estomas y por tanto afectan también a los procesos metabólicos básicos de los vegetales, la fotosíntesis y respiración esencialmente.

A veces, los depósitos secundarios de los residuos de la combustión reaccionan tanto por vía seca como por vía húmeda, acumulándose sobre las superficies foliares y en la propia cámara estomática. La acumulación dificulta, en este caso de forma mecánica, no química, el intercambio gaseoso necesario en la fotosíntesis.

ALTERACION DEL PATRIMONIO HISTORICO-ARTISTICO. MONUMENTOS CALIZOS



Mal de la piedra
↑
Meteorización
química
en calizas



Aspectos sociales de la contaminación atmosférica. Alteración del patrimonio histórico-artístico

El hombre, durante su proceso evolutivo, ha alcanzado un nivel de inteligencia y de percepción del medio que le permite actuar de diversas maneras y formas sobre su entorno. Una de sus capacidades positivas es la de crear arte, diseñar monumentos, delimitar espacios arquitectónicos para ser habitados o con cualquier otro fin. Una interacción-hombre medio de este tipo, altamente favorable, le ha permitido dejar un legado patrimonial y cultural muy importante para goce y disfrute de las generaciones actuales y futuras.

Para la realización de sus obras ha necesitado siempre materiales, unos esencialmente geológicos: rocas de construcción, rocas ornamentales, metales para construcción, hierro, aluminio, piedras preciosas; otros de origen biológico, como la madera, el papel, etc.

En el primer caso, una de las rocas más utilizadas son las calizas. Las calizas son rocas con una composición química de carbonato cálcico (CaCO_3), que se altera en la naturaleza, dependiendo lógicamente de las condiciones atmosféricas mediante un proceso de meteorización física (en climas fríos por gelificación), o química de tipo carbonatación. En este caso, los factores físicos como la presión (alta) y la temperatura (baja) favorecen la disolución. Es lógico suponer que en un monumento construido con calizas y en un ambiente no contaminado, sufrirá un proceso de alteración similar al natural que se dilatará en el tiempo.

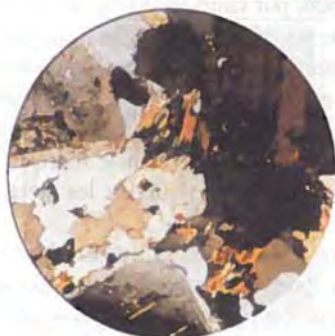
Pero al hombre, además de tener esta faceta creativa-artística, hay que imputarle la incidencia negativa que sobre el medio ejerce, contaminando intensamente y de diversas formas éste. Una de ellas es la contaminación atmosférica general y el proceso de lluvia ácida en particular. En éste se generan mediante procesos químico-atmosféricos, ácidos sulfúricos y nítricos, que inciden sobre las rocas monumentales calcáreas formando yesos, solubles en el agua de lluvia. Este proceso se denomina «mal de la piedra».

Si el monumento está situado en ambientes salinos, donde hay cationes Na^+ , aportados por la proximidad del mar, se pueden formar compuestos salinos aún más corrosivos como son los sulfatos. El volumen molecular de los sulfatos formados es mayor que los de los carbonatos de las rocas, por tanto además de las acciones químicas se introducen tensiones laterales que pueden fragmentar las rocas, alterándose en este caso de forma mecánica por un proceso semejante a la «acción de cuña».

Procesos similares se dan en otros materiales utilizados en la construcción, como la madera, cuya lignina interactúa con el SO_2 de la contaminación atmosférica; el papel, donde las moléculas orgánicas que lo forman se hidrolizan; o los frescos de la decoración, realizados con pigmentos naturales; los metales de la construcción, etc.

Teniendo en cuenta lo dicho, el patrimonio histórico-artístico debe ser utilizado racionalmente de forma sincrónica (por las generaciones actuales), con prevención y cuidado para permitir su admiración y disfrute diacrónico (de las generaciones venideras). Deben tenerse en cuenta medidas multivariadas para detener la destrucción intensa y ultrarrápida de este patrimonio.

ALTERACION DEL PATRIMONIO HISTORICO-ARTISTICO POR LA CONTAMINACION LOCAL



Longitud de Onda de
la Emisión Terrestre



Alteración del patrimonio histórico-artístico

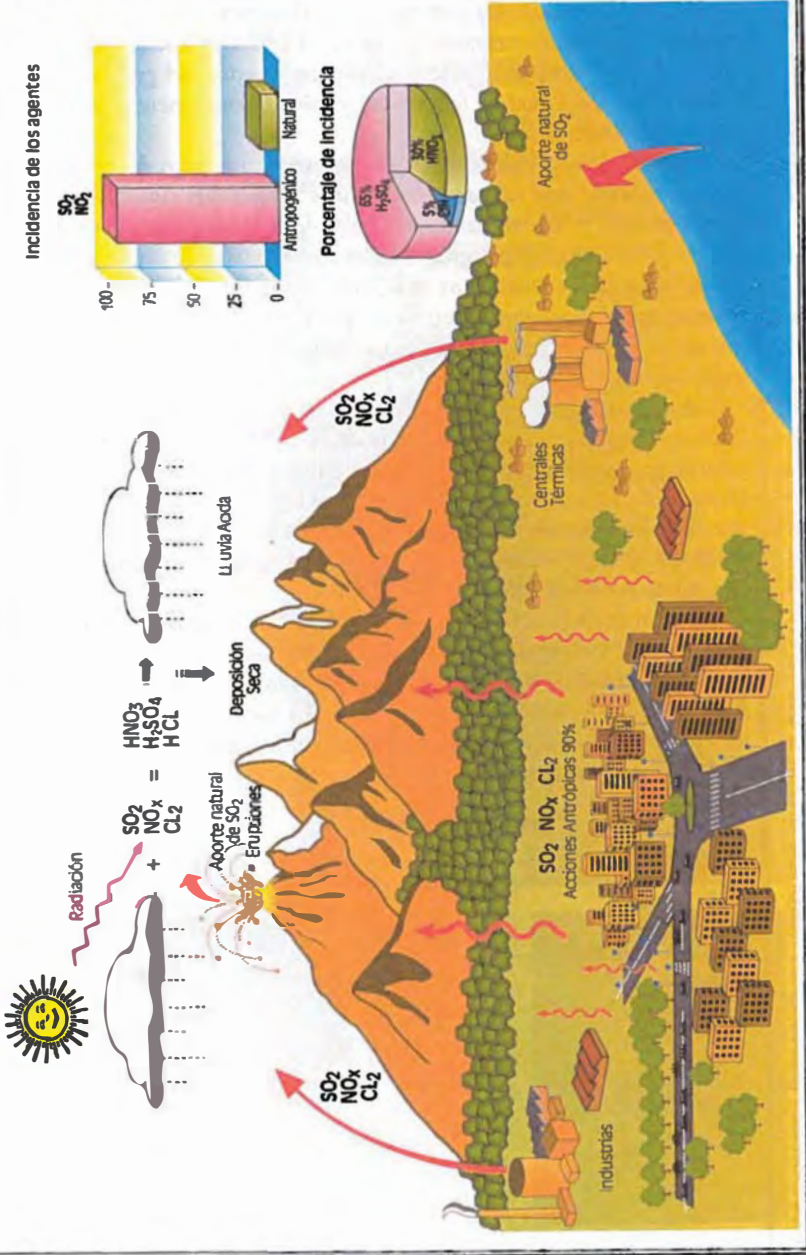
Cuando las obras del patrimonio histórico-artístico están construidas con rocas con una composición granítica o similares, rocas muy utilizadas como material de construcción y ornamental, como es el caso representado en el ejemplo; hay que tener en cuenta cuál es la composición original del granito, formado por minerales del tipo cuarzo, feldespatos y micas esencialmente, para entender su mecanismo de alteración.

De una manera natural, los componentes del granito del tipo feldespático, tanto potásicos como calcosódicos, en unas condiciones climáticas como las que rigen este país, se alteran dando minerales de la arcilla con algunos restos insolubles de tipo cuarzo SiO_2 , y otros solubles. A esta alteración química producida por la hidrólisis de los feldespatos se le llama alteración sialítica, muy típica en las regiones templado-húmedas con estos tipos de rocas en el subsuelo. En realidad la meteorización química en este caso combina la meteorización química de tipo hidrólisis con una carbonatación.

El agua disociada (H^+ , OH^-) y disuelta en el agua de precipitación atmosférica (la lluvia), junto con el anhídrido carbónico (CO_2) de origen natural y antropocéntrico; este último formado por la combustión de los recursos energéticos fósiles en los vehículos a motor, en la industria pesada y ligera o en las calefacciones urbanas; permiten las reacciones químicas de alteración de los componentes minerales de las rocas, según el modelo propuesto, y en definitiva la ruina del Patrimonio construido con estas rocas.

Si además de la alteración química por causas naturales y artificiales, se permite la aproximación directa motorizada al monumento, las vibraciones del suelo asociadas al paso de los vehículos pesados, cuando no los impactos accidentales directos contra el monumento, provocan que los minerales componentes de la roca salten del espacio que ocupan en ella. El resultado es la alteración progresiva y en definitiva la ruina de la obra.

LA LLUVIA ACIDA. AGENTES Y MECANISMOS DE PRODUCCION



Concepto de lluvia ácida. Agentes, origen y mecanismos de formación

Se entiende por lluvia ácida: «la precipitación sobre los sistemas ambientales terrestres de los contaminantes secundarios de composición azufrada, nitrogenada o clorurada, que disueltos en agua, como partículas sólidas o gases en deposición seca, tienen un pH menor de 5,6». El valor pH 5,6 es el del pH resultante de la acidificación natural de las aguas al disolverse en ellas, el ácido carbónico (H_2CO_3) formado por la reacción natural del CO_2 atmosférico y el agua de precipitación química $\text{CO}_2 + \text{H}_2\text{O} \Rightarrow \text{H}_2\text{CO}_3$ y disociarse después según $\text{H}_2\text{CO}_3 \Rightarrow \text{HCO}_3^- + \text{H}^+$. Los agentes que participan en la génesis de lluvia ácida son los óxidos de azufre y nitrógeno, así como los halogenuros. El origen de estos aportes son:

- La acción antrópica a través de las centrales térmicas de combustión de carbón y fuel-oil.
- La contaminación urbana de tipo NO por la combustión de naftas en calefacciones domésticas.
- El transporte asociado a los vehículos a motor.
- La industria ligera y pesada.
- Los procesos naturales asociados a vulcanismo.

El mecanismo de formación de lluvia ácida se inicia con la emisión de los residuos a la Atmósfera postcombustión bajo la forma de óxidos citada. Constituyen los llamados contaminantes primarios, que posteriormente reaccionan con el vapor de agua de la Atmósfera o con la radiación solar (reacciones de tipo químico y fotoquímico) que concluyen en la síntesis de ácidos sulfúricos (1) y nítrico (2) que precipitan posteriormente disueltos y disociados en el agua de lluvia o nieve, o bajo la forma sólida, en la deposición seca.



Del conjunto de los principales contaminantes secundarios de la lluvia ácida, el principal porcentaje corresponde con el producido por el ácido sulfúrico, con 65% del total, el ácido nítrico contribuye con el 30% y el ácido clorhídrico el 5% restante.

CONSECUENCIAS DE LA LLUVIA ACIDA SOBRE LAS AGUAS CONTINENTALES



Lago sobre sustrato alcalino

Lago sobre sustrato rocoso ácido

Acción de la lluvia ácida sobre los ecosistemas acuáticos

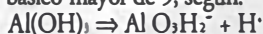
La lluvia ácida cuando precipita sobre un medio acuático continental, del tipo lacustre, fluvial, etc., no provoca directamente la mortalidad de los organismos que pueblan el ecosistema en cuestión, sino que la acción se retarda en el tiempo y es debida a las reacciones químicas que facilitan la acidificación del agua.

Importancia del sustrato en la acidificación del medio

El sustrato rocoso, sobre el que se desarrolla el medio acuático influye sobremanera en la evolución del ecosistema en presencia de contaminantes por lluvia ácida. Si el sustrato es de una composición ácida (rocas con un porcentaje de SiO_2 mayor del 66%), como en el esquema dibujado a la izquierda de la transparencia, el lago que pueda desarrollarse sobre un sustrato como el descrito debe tener aguas con una acidez natural, derivada de su composición e incrementada por el aporte de iones hidrógeno de la lluvia ácida (H^+).

En estas condiciones químicas se favorece la disolución y la concentración de los metales pesados en el agua. Así, el ión Al^{3+} , que está fijado en los grupos $\text{Al}(\text{OH})_3$, cuando los valores de pH están entre 4 y 9, se libera de las rocas cuando el pH de la solución acuosa (favorecido por la lluvia ácida) desciende por debajo de 4, comportándose químicamente como si de una base se tratara: $\text{Al}(\text{OH})_3 \Rightarrow \text{Al}^{3+} + 3 \text{OH}^-$.

Su comportamiento químico como ácido se produce en concentraciones con un pH básico mayor de 9, según:



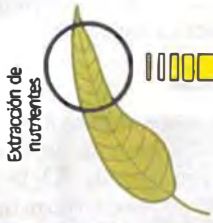
Cuando el sustrato está constituido por rocas básicas, que aportan iones alcalinos al agua, la precipitación de lluvia ácida que cae en el lago, se ve neutralizada por los iones alcalinos, actuando de solución tampón, que deja los valores del pH del agua dentro de los valores naturales. En estas condiciones los contaminantes considerados, los metales pesados, del tipo: Hg, Cd, Pb reaccionan con el oxígeno disuelto en el agua precipitándose como óxidos en el fondo del lago e inactivándose desde el punto de vista medioambiental, sin alterar el medio.

Consecuencias de la acidificación de lagos para la fauna lacustre

Si la contaminación por metales pesados, que ha podido llegar al lago por diferentes vías, se encuentra con un pH ácido, favorecido por la lluvia ácida como se ha visto, aquéllos permanecen activos en el medio realizando diversas acciones nocivas:

- Fijación en las branquias de los peces. La inutilización de estos tejidos provoca la asfixia del organismo, al reducir la capacidad de captación de oxígeno.
- Concentración en los riñones. Al carecer los organismos de estrategias metabólicas para estos elementos.
- Reacciones químicas con el nitrógeno del medio. Los metales pesados pueden reaccionar con el nitrógeno del medio, reduciendo su concentración. Al ser el nitrógeno un elemento vital para los seres vivos, ya que interviene en la síntesis de sus proteínas, la desnaturalización de las mismas impide su función. El resultado final es la alteración de la cadena alimenticia del ecosistema y en definitiva su desaparición.
- Otras veces la acidificación actúa directamente. Interfiere en la química de algunos iones necesarios para los seres vivos, como es el calcio. En medios con pH bajo, el calcio se elimina de las estructuras óseas (espinas de los peces), debilitándolos y matándolos, así como de las estructuras de protección embrionaria, caso de los huevos, malogrando la producción de alevines.

INCIDENCIA DE LA ACIDIFICACION POR LLUVIA ACIDA EN ECOSISTEMAS TERRESTRES



Bosque de eucaliptus. (La Concha)

La incidencia que la lluvia ácida tiene sobre los ecosistemas terrestres es variable. Las acciones se concentran: sobre el suelo, soporte de la vegetación; sobre los componentes del suelo, sobre los bosques que se desarrollan en el suelo, etc. Todas estas acciones repercuten tanto en la calidad ambiental, como en las circunstancias de tipo económico-social derivadas.

Acidificación del suelo

El suelo es un sistema generado por la actuación conjunta de factores litológicos, biológicos, climáticos, temporales, etc. Es un recurso no renovable, por tanto su pérdida a escala humana es irreparable. El suelo se estructura en capas u horizontes, A, B, C, donde predominan respectivamente la materia orgánica, la materia mineral y la roca alterada y fresca. Todas ellas constituidas por los iones y elementos químicos, que sirven de nutrientes a la vegetación que se instala en él, como el Na⁺, Ca²⁺ o Mg²⁺.

Cuando el suelo, se contamina por la lluvia ácida, incrementa su acidez. La actividad orgánica se realiza entre valores de pH comprendidos entre 4 y 6, un límite reducido. Con pH mayores de 4, se liberan los iones pesados contenidos en las rocas, como el Al³⁺ del hidróxido de aluminio, Al(OH)₃, que entra en competición con los iones Ca²⁺, eliminándolos del medio.

Acción sobre los organismos vivos del suelo y su incidencia ecológica

La acidificación del suelo actúa sobre los tipos de organismos que favorecen la incorporación de elementos al metabolismo vegetal, las bacterias nitrificantes, organismos transformadores, y los hongos micorrizas, simbioses con las raíces vegetales, a las que ayudan en la absorción de nutrientes y agua. La muerte de estos microorganismos por los ácidos sulfúrico y nítrico de la lluvia ácida dificulta el posterior, o interrumpe el actual, desarrollo vegetal de la zona.

Acción sobre los vegetales

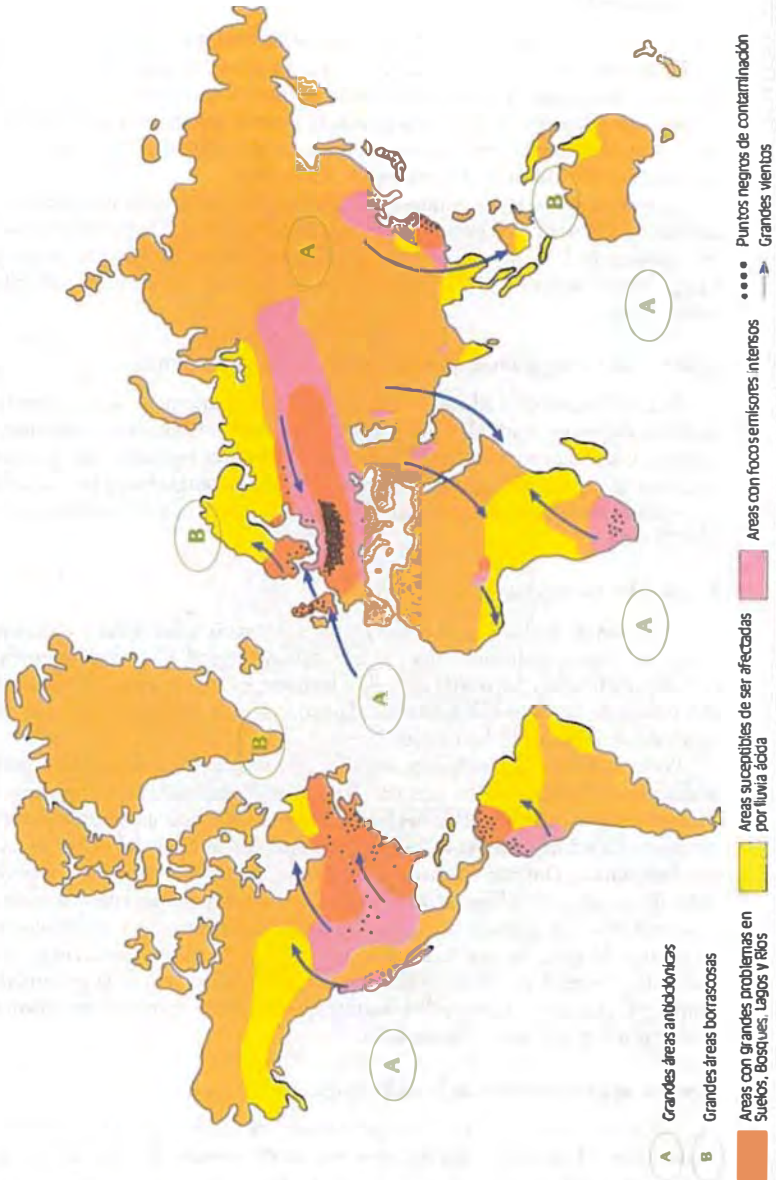
La acción de la lluvia ácida sobre los vegetales: daña a las raíces y otras estructuras, dificulta la absorción de nutrientes y el metabolismo vegetal. Cuando los nutrientes consiguen llegar a través de los tejidos del tallo a las hojas, en éstas se producen varios efectos: un incremento de la sensibilidad fotónica, la extracción de los iones Mg²⁺, Ca²⁺, K⁺, y una reducción de la actividad fotosintética.

Parece que en algunas especies vegetales de coníferas, la acidificación y posiblemente también el ozono troposférico, generan una acción, denominada estrés nutritivo, que básicamente consiste en la activación orgánica del vegetal en épocas no apropiadas como son las invernales. La señal que activa la absorción del agua por las raíces del vegetal es una señal de tipo bioquímico. Durante los meses invernales se inactiva por las bajas temperaturas y el riesgo de congelación del agua. Cuando el ácido acumulado en las hojas atraviesa la epidermis, reacciona con algunos derivados nitrogenados fertilizando y activando la señal de extracción de agua, la cual cuando asciende por los tejidos conductores se congela, muriendo el vegetal. En términos generales, la acidificación impide la germinación de las semillas; disminuye el número de plántulas que maduran; reduce el crecimiento general; decrece la resistencia a las enfermedades.

Aspectos sociales derivados de la acidificación

Las consecuencias globales con repercusión social que hay que señalar respecto a la acidificación son: la disminución del rendimiento de vegetales de cultivo, mientras que en los bosques se resiente la producción maderera. Para compensar estas acciones es necesario incrementar el uso de fertilizantes, lo que provoca otra problemática ambiental específica.

EFFECTOS DE LA LLUVIA ACIDA EN EL MUNDO



Escalas de contaminación por lluvia ácida

La contaminación por lluvia ácida actúa sobre la superficie del planeta, afectando en su acción, tanto en el medio acuático como en el terrestre, y sin tener en cuenta la geografía de los mismos. En función de la escala de actuación y de la duración de la contaminación, se clasifica en:

- **Contaminación transfronteriza**, cuando afecta a regiones situadas a distancias superiores a los 10.000 km. del foco productor y su acción se activa después de las 100 horas de su producción.
- **Contaminación sinóptica**, cuando afecta a áreas situadas a más de 1.000 km. del foco productor y su acción se inicia entre las 10-100 horas de producción.
- **Contaminación local**, cuando afecta a lugares situados en el entorno de su área de producción a la hora de iniciarse el proceso.

Indudablemente, en la contaminación por lluvia ácida, hay que tener en cuenta:

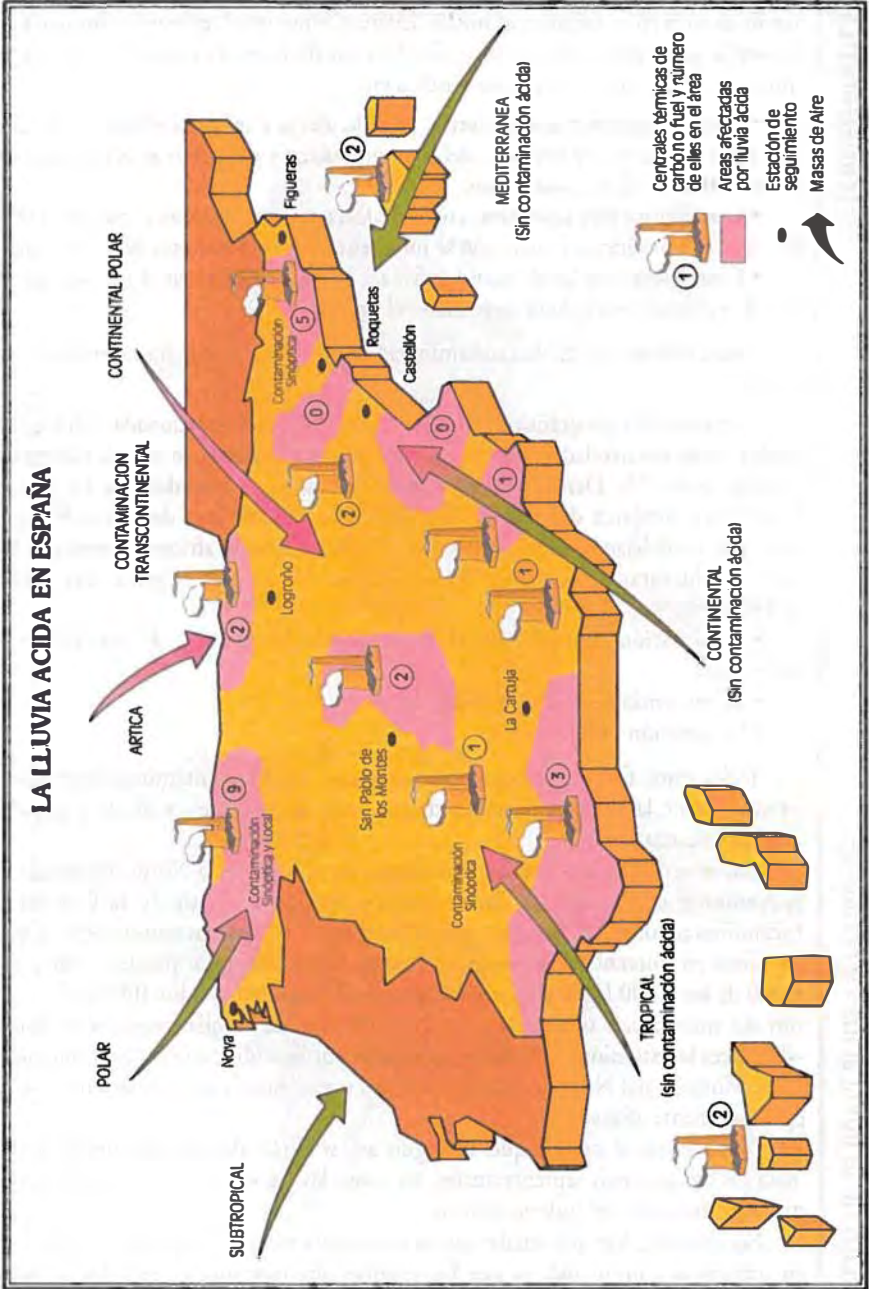
- La situación geográfica de los focos contaminantes, relacionada con los llamados países desarrollados (Grupo de los 12), o con aquéllos en vías de desarrollo (Grupo de los 77). Dentro de éstos están: Europa en su totalidad, los EE.UU. y Canadá en América del Norte, Japón y China (en el área de Hong-Kong y Shanghai), en el lejano Oriente y Sudáfrica en el continente africano, junto con las áreas productoras de petróleo en países como Venezuela, Nigeria, Irán, Irak, (OPEP), etc.
- La situación climática global, respecto a la distribución de anticiclones y borrascas.
- La existencia de vientos dominantes.
- La situación orográfica local.

Todos estos factores influyen para que este tipo de contaminación traspase habitualmente las propias fronteras de los países productores, y afecte a grandes áreas del planeta.

Así, se ven afectadas grandes extensiones en el hemisferio Norte, algunas muy gravemente como son las del centro de Europa y el Sur de la Península Escandinava, donde sus bosques de coníferas, sus ríos y los numerosos lagos se ven alterados en porcentajes superiores al 70%. Como ejemplo, pueden citarse los 4.000 de los 9.000 lagos suecos actualmente sin fauna alguna, los 100.000 km. de ríos del mismo país sin pesca, o los 900.000 km.² de amplias regiones de Rusia –dos veces la extensión de España–, afectados por la acidificación. Lo mismo ocurre en América del Norte, donde los bosques canadienses y norteamericanos están profundamente afectados.

Pero además se supone que, de seguir así, se verán afectados de forma inmediata los bosques más septentrionales, así como las selvas ecuatoriales sudamericanas, africanas o las del sudeste asiático.

No obstante, hay que señalar que la contaminación por lluvia ácida se produce en transporte continental, ya que los cationes alcalinos que aportan los océanos pueden neutralizar la lluvia ácida cuando ésta los atraviesa.



Causas y tipos

En España, como en el resto de los países industrializados, la lluvia ácida ya ha comenzado a aparecer, mostrando sus efectos en los suelos y en los vegetales, y no tardarán en empezar a conocerse datos, todavía difusos, en relación con la contaminación de los medios acuáticos continentales.

Grandes zonas del país aparecen afectadas por la lluvia ácida, sobre todo la vegetación. En nuestro caso, la contaminación está ligada genéticamente a la actividad industrial de todo tipo y, sobre todo, a la actividad de las centrales térmicas, como las de As Pontes (La Coruña) y Andorra (Teruel), las más contaminantes, que utilizan para la generación de electricidad combustibles fósiles de tipo carbón y fuel-oil. (Ver transparencia 73.)

Cuanto mayor es la concentración de azufre en estos combustibles, mayor es la emisión de uno de los contaminantes primarios, el SO_2 , del que se estima que la emisión española de este producto ronda los 3.250.000 Tm. anuales, precursor del ácido sulfúrico, H_2SO_4 , causante de la lluvia ácida.

Por eso, a veces existe una correlación entre la emisión de contaminantes de tipo azufrado, asociados a los carbones de la explotación nacional, con una concentración azufrada mayor que los de exportación, con menos azufre en su composición.

La contaminación por lluvia ácida que afecta al país, es de los tipos denominados local y sinóptica. Esto se explica teniendo en cuenta por un lado la distribución de los focos contaminantes y de las áreas contaminadas, salvo la central, todas en la periferia costera. Así, parece ser significativa la contaminación por lluvia ácida en el área de Castellón, Tarragona, Teruel, áreas relacionadas con la contaminación local de la central de Andorra (Teruel), o la que afecta a los bosques gallegos, ligadas a las centrales más grandes de Europa, como las de As Pontes y Meirama (La Coruña).

En otros casos, es conocido que los vientos cargados de contaminantes que lleguen a la península son: los polares, con dirección noroeste, los subtropicales (oestenoeste), el tropical (suroeste), el continental-tropical (suroeste), los mediterráneos (este-sureste), todos ellos situados en el mapa. Los vientos, al atravesar el océano, aun en el caso de llegar fuertemente contaminados y con un pH ácido, inferior a 4, verían neutralizada su actividad por las reacciones químicas que se establecen con los cationes Na^+ , Ca^{++} y K^+ , aportados por las sales disueltas en el agua. Después, si atraviesan áreas contaminadas de nuevo, pueden volver a activarse y a transportar la nueva carga ácida a otras zonas del interior.

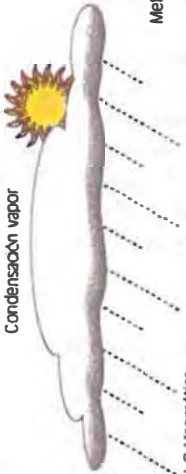
Contaminación sinóptica europea en España

La contaminación sinóptica europea la traen los vientos árticos, con dirección Norte, y el denominado continental polar, con dirección Norte también, que atraviesan las zonas contaminadas o muy contaminadas de Inglaterra o centroeuropa, aportando los contaminantes industriales de este tipo a la Península Ibérica. Aquí pueden verse incrementados en su concentración, al atravesar otras regiones industrializadas y por tanto también contaminadas como son las de Vizcaya o la zona aragonesa. En este caso habría una acción conjunta de la contaminación sinóptica europea y la sinóptica y local.

LAS CAPAS FLUIDAS TERRESTRES. LA HIDROSFERA

Génesis de los Océanos

Atmósfera primitiva
Condensación vapor

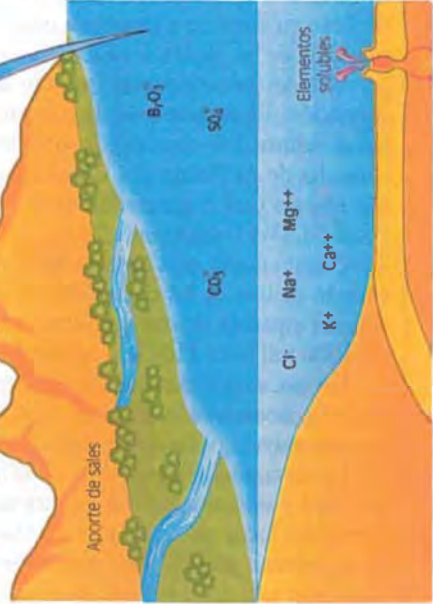
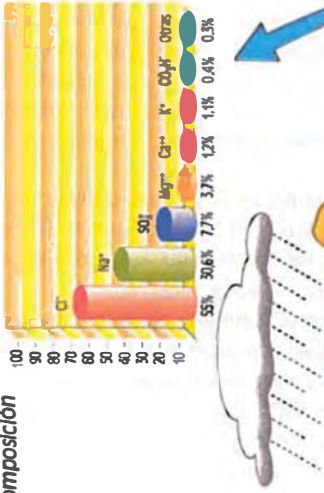


H₂O Magmática
Volcanismo

H₂O Meteorítica
liberada por choque



Composición



Génesis de las aguas oceánicas

La génesis de los océanos hay que buscarla después de la configuración inicial del protoplaneta Tierra. Durante el mecanismo de acreción planetaria, los impactos de asteroides, cometas y meteoritos en general, y de cuerpos progresivamente mayores, incluso del tamaño de la propia prototierra, liberaban grandes cantidades de energía capaz de fundir las rocas del planeta, así como la materia constituyente del cuerpo impactante. Como consecuencia, se desprendían en forma de vapor todos los componentes volátiles del meteorito, entre ellos el agua.

Composición del agua de mar: origen de las sales marinas

La fusión del protoplaneta por el proceso descrito, seguida de su diferenciación en capas y sobre todo por el vulcanismo intenso que aporta al medio el agua que contiene el magma y que se escapa a la Atmósfera, es otra de las causas del aporte del agua a la Protoatmósfera también en formación.

La progresiva disminución de la temperatura del planeta con el paso del tiempo, permitió la condensación del agua y la precipitación líquida de la misma. A medida que se incrementa el proceso, la superficie se va enfriando y las cuencas deprimidas rellenándose de agua paulatinamente. Empezaba así una nueva etapa, con una Tierra con una morfología y un aspecto general cada vez más próximo al actual.

Respecto a la composición de las aguas marinas, ésta ha ido variando con el tiempo hacia unos valores de concentración como los actuales, del 35‰ (35 gr. de sales por cada litro de agua) de porcentaje medio. Hay que atribuir esta composición a la disolución de sales continentales aportada por los ríos, a las sales aportadas por los procesos internos, como son los volcánicos submarinos, y a la intervención de los seres vivos. En el diagrama pueden verse los porcentajes de cada elemento que intervienen en las sales marinas.

LA HIDROSFERA. DISTRIBUCCION



0,01,10⁶ Km³
0,001%

GLACIARES
29,2,10⁶ Km³
2,2%

LAGOS, RIOS, ESCORRENTIA SUPERFICIAL
0,2,10⁶ Km³ · 0,02%

OCEANOS
1,322,10⁶ Km³
97,2%

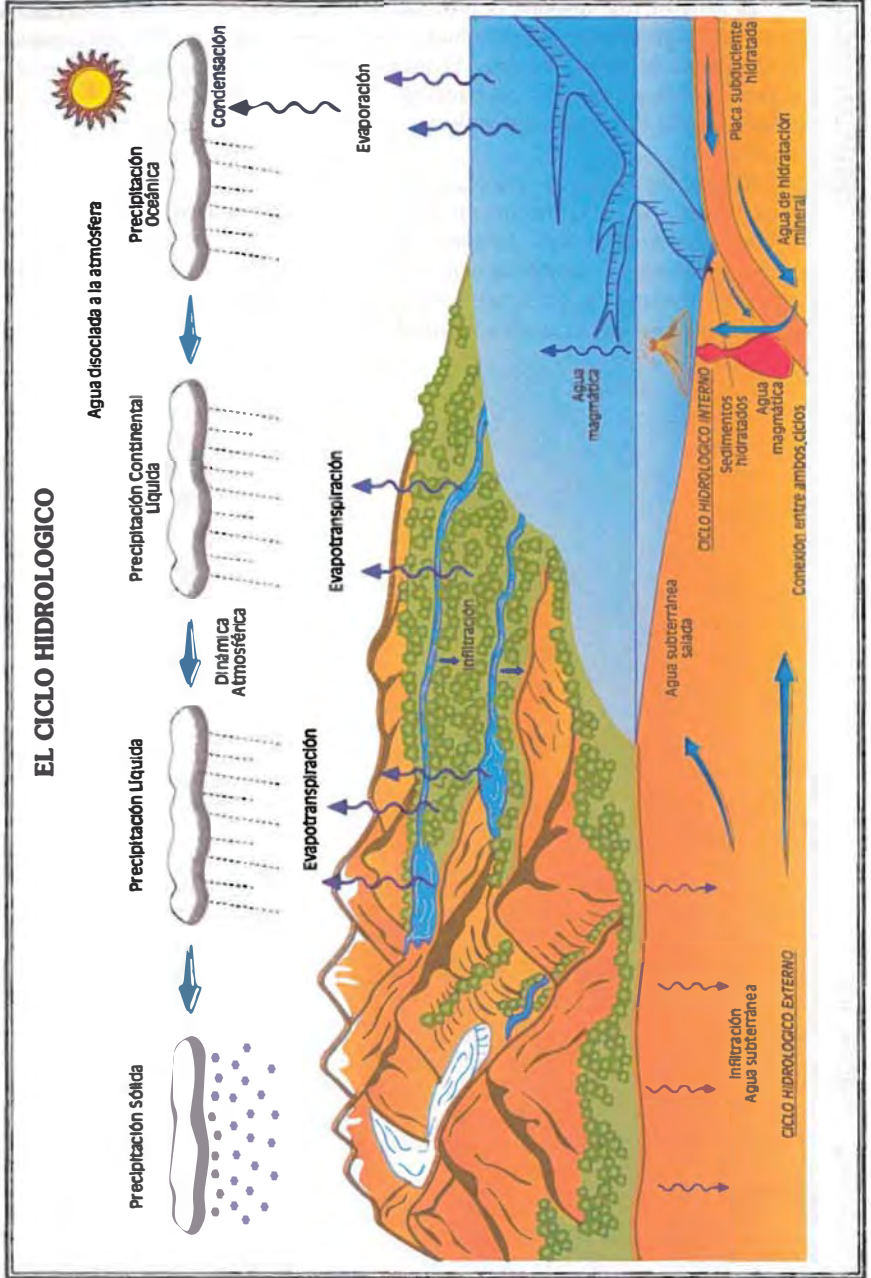
SUBTERRANEA
8,4,10⁶ Km³
0,6%

Agua de hidratación mineral
Volumen superior al Ciclo Externo

Distribución del agua en la Tierra. Balance global

El agua de que dispone el planeta, sin contar con el volumen ciertamente importante que forma parte de la hidratación mineral y de la hidratación orgánica, se distribuye de varias maneras. El mayor volumen corresponde lógicamente a mares y océanos, con cifras estimadas del orden de $1.322.10^6 \text{ km}^3$, o lo que es lo mismo, 1.322 billones de litros, lo que representa un porcentaje del 97,2% del total.

El resto del agua, está en los continentes y se distribuyen en los glaciares, con $29,2.10^6 \text{ km}^3$, lo que representa un 2,2% del total. Las aguas subterráneas con un volumen estimado de $8,4 \cdot 10^6 \text{ km}^3$, representan el 0,6% del total. Los ríos, los lagos y la escorrentía superficial tienen volúmenes del $0,2.10^6 \text{ km}^3$, o el 0,02% del agua del planeta. Un porcentaje volumétrico del orden del $0,01.10^6 \text{ km}^3$, o el 0,001% del total está asociada a formas de vapor.



El ciclo hidrológico

Uno de los factores que diferencian la Tierra de los demás planetas del Sistema Solar es la existencia en superficie de agua en los tres estados. Lógicamente y en esa zona, los mayores volúmenes corresponden a los océanos seguido de los glaciares, lagos, ríos o la que forma parte de los seres vivos. Sin embargo, en profundidad hay ingentes volúmenes de agua asociada a la composición y estructura mineral.

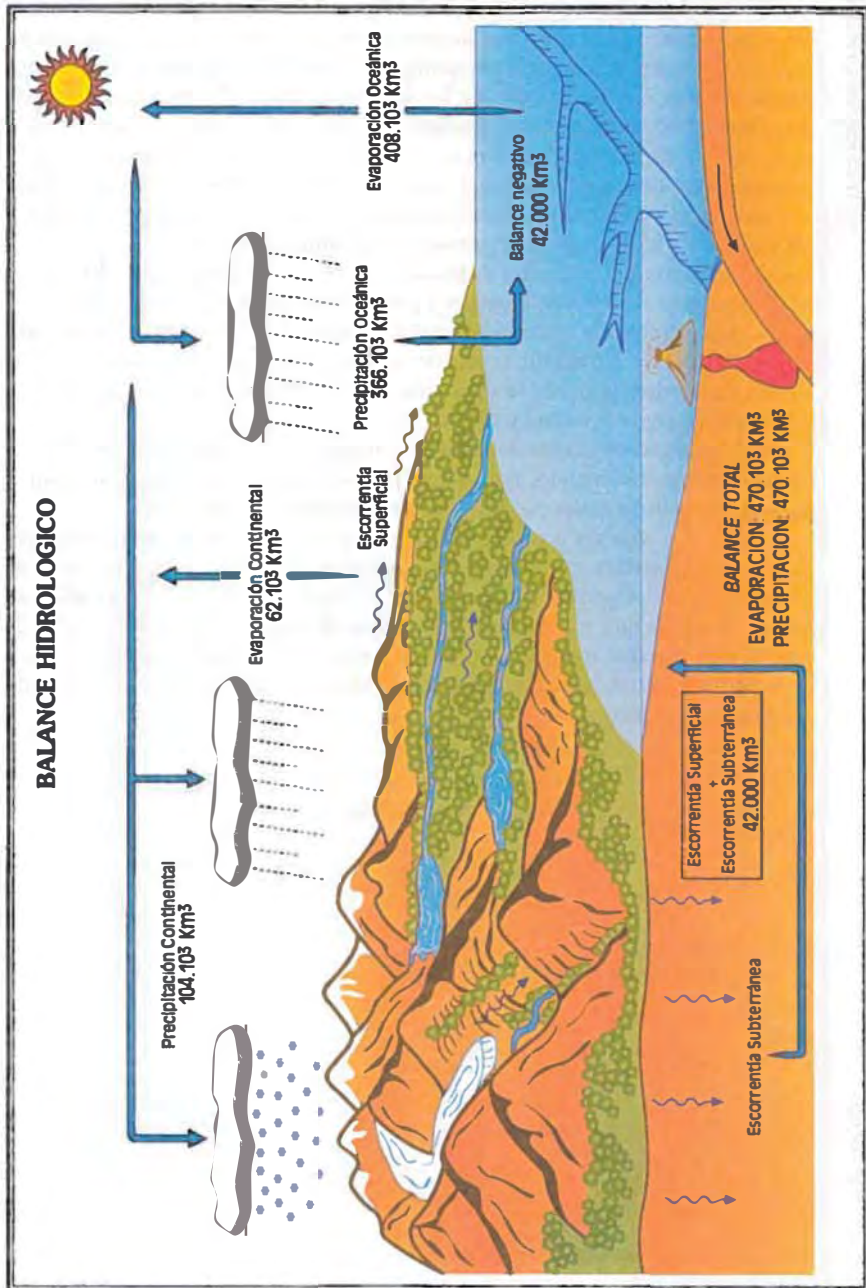
Todo el agua del planeta forma parte de un ciclo, ciclo **hidrológico**, que la transporta de unos lugares a otros, bajo sus diferentes estados energéticos. Durante ese trasiego se produce la interacción dinámica Hidrosfera-Litofera, con la formación de múltiples y complejos **Procesos**, los **Dinámicos Externos**.

El agua pasa a la **Atmósfera** en forma de vapor desde las superficies del océano, desde las masas acuosas continentales o por la transpiración de los seres vivos.

El agua evaporada se condensa en la **Atmósfera** y vuelve a precipitar, parte sobre los océanos (la mayor superficie terrestre), y parte sobre los continentes donde es transportada por la dinámica atmosférica, ya en forma líquida o en forma sólida, según la latitud y altitud.

Ese agua, independiente de su estado, circula por la superficie camino del mar meteorizando, erosionando, transportando y sedimentando material. El resto se infiltra dando lugar a procesos geológicos subterráneos de varios tipos.

Además, y cada vez con más conocimiento, hay que considerar tanto el agua que está en las estructuras minerales (cuando éstos se funden en los procesos magmáticos liberan los grupos químicos (H^+) (OH^-) que forman agua, liberándolos en forma de vapor que se introduce como agua de origen magmático en el ciclo **hidrológico externo**, modificando los volúmenes considerados), como por otro la que puede penetrar mediante procesos subductivos, considerándose otro ciclo **hidrológico interno**.



Balance global del ciclo hidrológico. Energías intervinientes y cuantificación del proceso

Como se ha visto en el ciclo hidrológico, el agua circula por la superficie del planeta o se infiltra, se intercambia en un ciclo interno, o vuelve a aparecer con el tiempo en superficie. Para la realización de todos estos procesos descritos en el funcionamiento cíclico del agua en la Tierra, o en el apartado actual de balance global del agua en el planeta, se necesita considerar el intercambio de materia y energía entre las zonas continentales y las marinas.

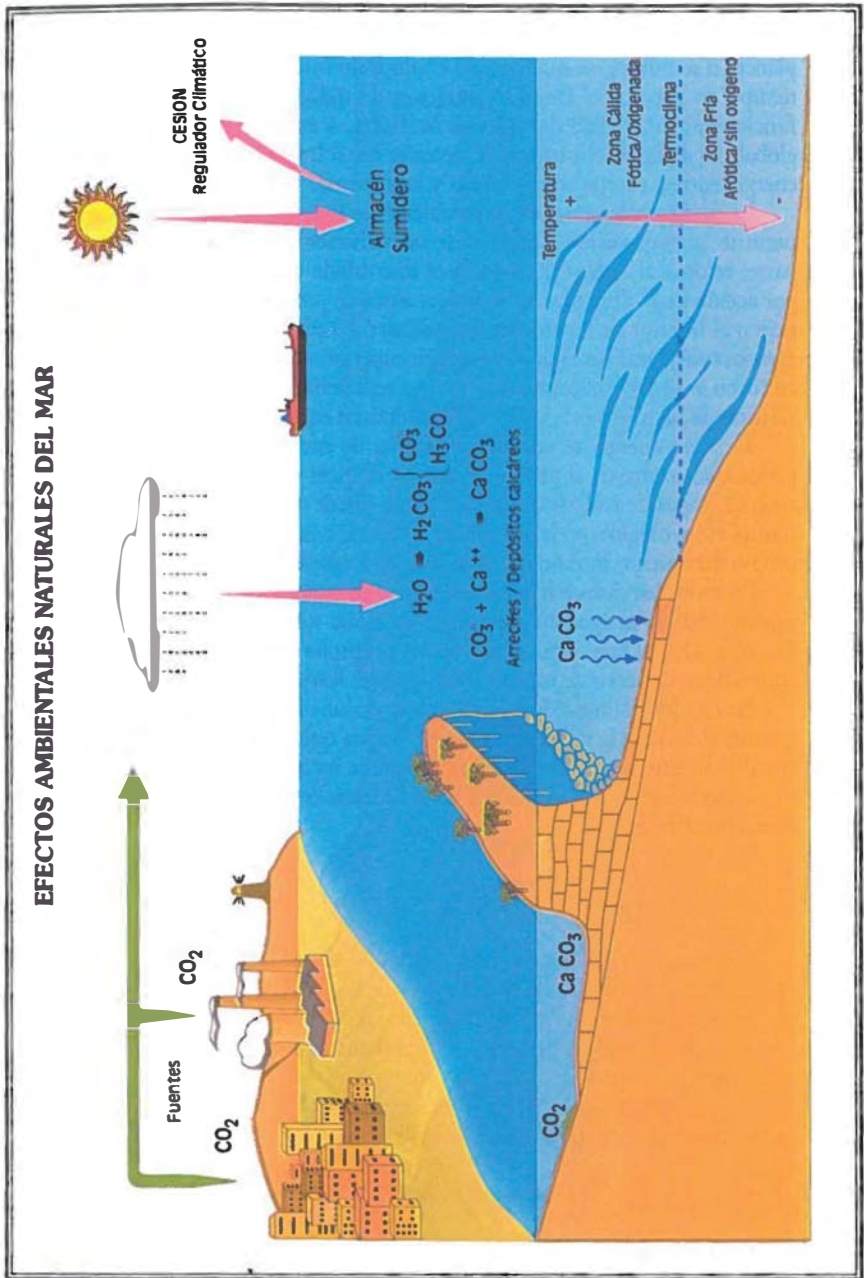
La energía interviniente, indudablemente la solar, es una energía radiante que permite la evaporación oceánica de un volumen considerable de agua, que en parte, retorna al océano y en parte es distribuida cuando está en forma de vapor por acción de la dinámica atmosférica, antes de precipitar y discurrir por la superficie o el interior de los niveles superficiales del planeta. La energía transmitida al agua para alcanzar un estado energético superior, en forma de vapor, está evaluada en torno a $32 \cdot 10^{19}$ julios. Lo que viene a representar $7,6 \cdot 10^9$ TEP (toneladas equivalentes de petróleo) o $1,5 \cdot 10^{10}$ TEC (toneladas equivalentes de carbón).

Toda esa energía se acumula en forma de energía potencial gravitatoria, que puede transformarse, al precipitar el agua después de su condensación, en energía cinética, capaz de realizar un trabajo como puede observarse en la naturaleza en el transporte geológico, en la erosión de las rocas, o en la energía gastada en vencer el propio rozamiento interno del agua, o de ésta con las rocas del subsuelo.

En todos los casos hay un intercambio de materia entre los océanos y los continentes debido al agua en exceso que precipita sobre éstos. El volumen está evaluado en 42.000 km^3 capaces de realizar múltiples acciones geológicas como se ha apuntado, o de servir de soporte a las acciones humanas.

En este intercambio de materia, no se evalúa ni el agua que se pierde por disociación, debidas a la radiación solar, ni el agua que aportan los procesos magmáticos al ciclo externo, compensada por la que se incorpora al manto en los sedimentos arrastrados en la subducción y en la hidratación de los minerales y rocas de las placas litosféricas.

EFFECTOS AMBIENTALES NATURALES DEL MAR



Efectos ambientales naturales asociados a las aguas marinas. Incidencia en el ciclo del carbono

Varias son las acciones ambientales que de una forma natural realiza el océano. De una manera directa se encarga de regular el llamado ciclo del carbono en la Tierra. El CO_2 atmosférico reacciona con el agua de precipitación y del océano para formar ácido carbónico en disolución. Éste puede disociarse a su vez en iones carbonatos (CO_3^{2-}), que a su vez es capaz de reaccionar con los iones de calcio disueltos en el agua marina para formar carbonatos.

Estos carbonatos forman las rocas calizas que se depositan en el fondo, reteniendo así parte de la concentración del CO_2 en el medio. Por otro lado, los vegetales que viven en la zona fótica marina, aquella a la que alcanza la luz solar, absorben otra parte del CO_2 disuelto para realizar la fotosíntesis. Para cerrar el ciclo, cuando el vegetal se muere, vuelve a ceder el carbono de su composición al medio que a su vez, puede reaccionar de nuevo con los iones calcio para volver a formar más carbonatos.

Los nutrientes del fondo, que periódicamente ascienden por corrientes de tipo «upwelling», permiten el desarrollo de microorganismos planctónicos, con esqueleto calcáreo. El CO_2 fijado en estas estructuras, cuando el organismo muere se acumula formando rocas biogénicas de composición carbonatada.

Las acciones tectónicas indiferenciadas aquí, pueden liberar el carbono contenido en las rocas (calizas y dolomías) cuando al aparecer en superficie y actuar sobre ellas la meteorización química, se disuelven por un proceso de carbonatación como el que se indica:

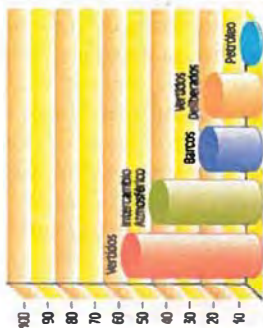
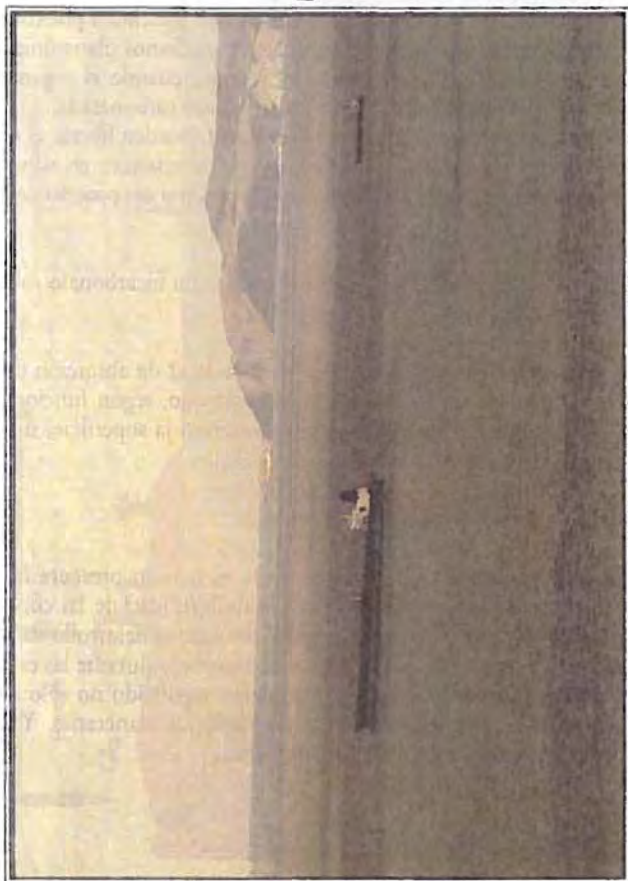
$\text{CaCO}_3 + \text{H}_2\text{CO}_3 \Rightarrow (\text{HCO}_3)_2 \text{Ca} \Rightarrow$ que es un bicarbonato soluble en condiciones ambientales.

En parte puede atenuar, debido a su capacidad de absorción de CO_2 , el dióxido de carbono de origen antrópico. Sin embargo, según funciona el ciclo, a la larga el incremento de CO_2 acaba por aparecer en la superficie, si bien el tiempo geológico será claramente diferente.

Absorción de energía y regulación climática

Además de controlar el ciclo del CO_2 , el océano presenta la capacidad de absorber energía. La absorción conlleva la uniformidad de las condiciones físicas del mismo y esta propiedad directamente favorece el desarrollo de los seres vivos. En concreto, la capacidad de ceder el calor absorbido durante las estaciones cálidas en las estaciones más frías permite atemperar, regulando no sólo las condiciones climáticas locales, sino las regionales e incluso las planetarias. Y por todo ello, afecta directamente al desarrollo de la Biosfera.

PRINCIPALES PROBLEMAS AMBIENTALES EN RELACION CON LAS AGUAS MARINAS



Costa de Vizcaya

La contaminación marina: causas

Las posibilidades de contaminación de las aguas oceánicas son múltiples, así como su catalogación. A grandes rasgos se podrían considerar tres grandes criterios de clasificación de la contaminación marina:

- a) La que se realiza **directamente en el mar**. Desde el punto de vista cuantitativo la más importante.
- b) La que se produce como consecuencia del **intercambio interfásico entre la Atmósfera y la Hidrosfera**.
- c) La que se produce por el **intercambio entre el continente y el océano**.

En el primer caso, la **contaminación directa en el mar**, el desglose de las acciones contaminantes pueden incluirse en el apartado de **vertidos deliberados**, con actitudes voluntarias de hacerlo, como son los vertidos de todo tipo que van desde los tóxicos en general, como los industriales, los radiactivos (prohibidos desde 1983), las incineraciones en alta mar, los vertidos de productos infecciosos o la eliminación de desperdicios en las rutas marítimas. Todas estas acciones pone en la circulación marina millones de objetos y toneladas de productos. No pueden olvidarse tampoco los **accidentes puntuales**, que vierten ingentes cantidades, normalmente de petróleo, que arruinan áreas específicas concretas, ni las **catástrofes debidas a acciones bélicas**, como la Guerra del Golfo Pérsico, en la que uno de los contendientes utilizó los pozos de petróleo, incendiándolos, como arma política de disuasión. Como consecuencia se vieron afectadas ecológica y económicamente las zonas petrolíferas de la región.

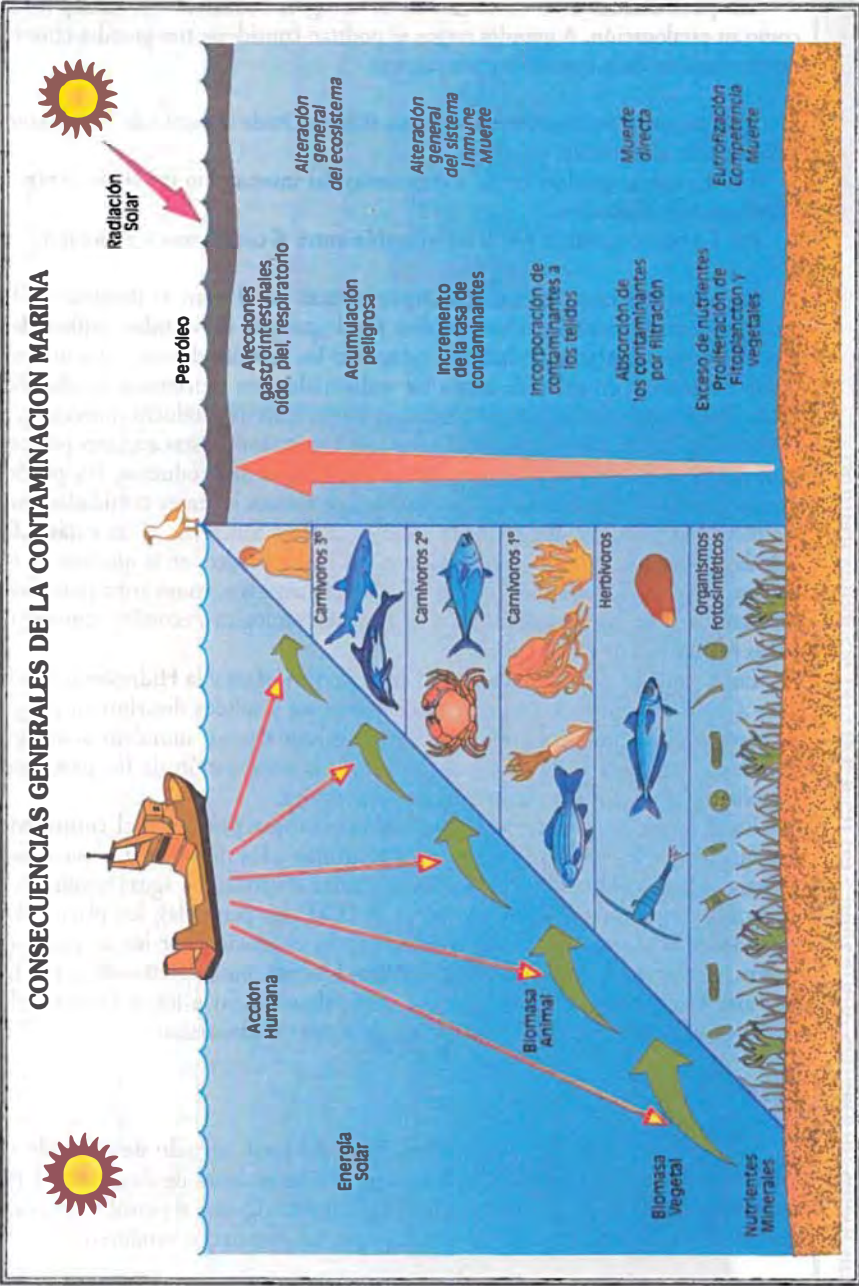
En el segundo caso, el **intercambio entre la Atmósfera y la Hidrosfera**, se produce gracias al transporte de los productos gaseosos y sólidos disueltos en el agua de precipitación que vierten al océano, al constituir éste un sumidero o almacén para todos aquellos compuestos derivados de la combustión de los productos petrolíferos asociados a la contaminación atmosférica.

En el tercer grupo, la **contaminación marina que proviene del continente**, hay que incluir los vertidos que sin tratar se arrojan a los ríos. Vertidos que tienen génesis esencialmente industrial y otras asociadas al vertido de aguas residuales, o al vertido de productos químicos, como el DDT, los pesticidas, los plaguicidas, etc. Mención aparte merecen la contaminación producida por los dragados de puerto, de ríos, lagos, etc., que aparentemente inocuos, pueden removilizar sustancias altamente contaminantes que se encontraban fijadas a los sedimentos del fondo y que pueden reiniciar de nuevo su actividad contaminante.

Cuantificación de los efectos

Los vertidos en general suponen un 54% del total, seguido del 33% de los intercambios atmosféricos y del 12% atribuible a las acciones desde barcos, el 1% restante es debido al vertido de petróleo en accidentes. Quizá, el petróleo sea cualitativamente el más peligroso de los vertidos, por los efectos que producen.

CONSECUENCIAS GENERALES DE LA CONTAMINACION MARINA



Estructura básica del ecosistema (consultad transparencia 109)

El ecosistema marino tiene en su escalón más bajo, los organismos productores de biomasa, es decir, los vegetales que necesariamente deben habitar la zona fótica (con luz), ya que utilizan ésta junto con las sales minerales y el agua para la realización de la función clorofílica. Estos organismos que pueden vivir fijos en el suelo, llamados bentónicos, o ser integrantes del fitoplancton (vegetales libres con capacidad de flotar) sirven de alimento al siguiente escalón, el de los herbívoros marinos, que se nutren a sus expensas. El resto de la cadena alimenticia lo constituyen los carnívoros, primarios, secundarios o terciarios, incluyendo al hombre, como máximo depredador.

La biomasa del ecosistema marino disminuye a medida que se asciende en la pirámide, para mantener la estructura y el equilibrio ecológico entre los distintos estamentos, no pudiendo haber más individuos en un escalón que alimento disponible en el escalón inferior.

Incidencia general de la contaminación marina en el ecosistema

Las actividades contaminantes varían las condiciones físico-químicas o biológicas del ecosistema. En definitiva, alteramos profundamente el intercambio materia-energía del ecosistema. Así, un vertido puntual de petróleo afectaría un espacio determinado en un tiempo tan corto que arruinaría el fitoplancton y zooplancton, así como a los herbívoros que de ellos depende mediante varias acciones: la acumulación directa, el taponamiento de sus vías respiratorias, la incorporación de productos contaminantes a los tejidos, la destrucción de los hábitats y áreas de nidificación y la modificación de comportamientos. La muerte sería la conclusión lógica a una situación de este tipo. La reconstrucción posterior de la situación inicial llevaría varias decenas de años.

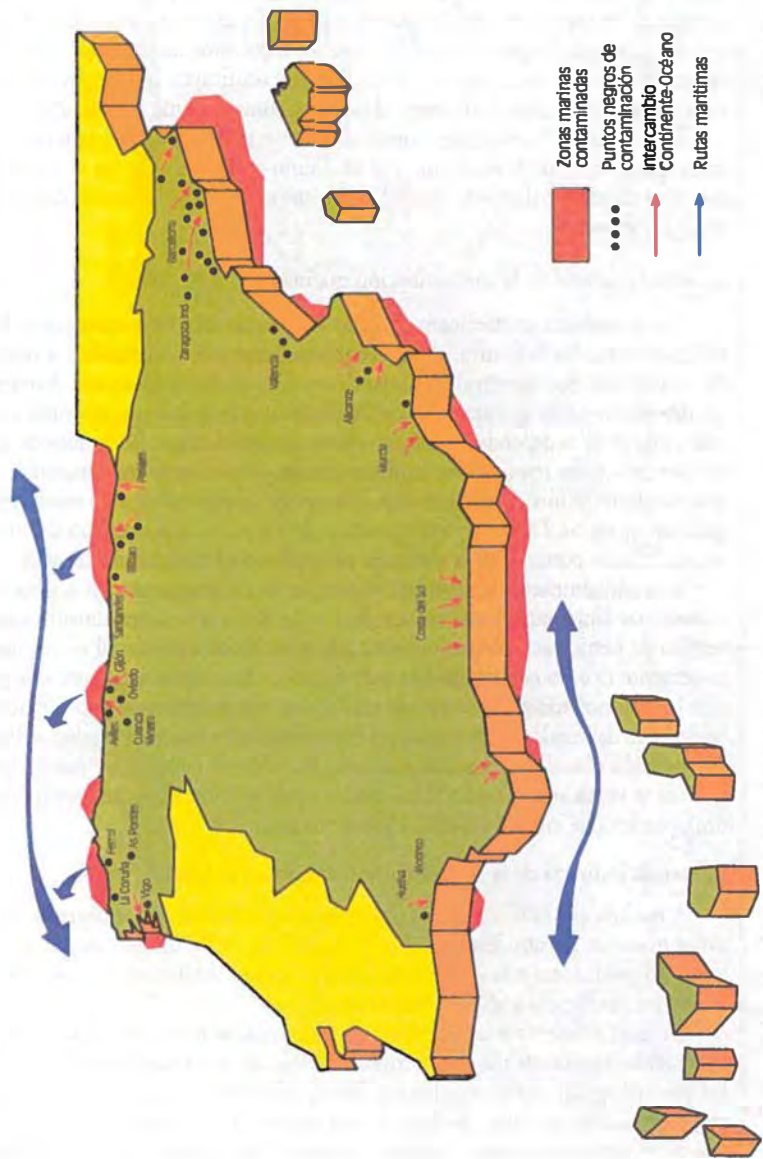
Si la contaminación es continua y dilatada en el tiempo, pueden ocurrir varias circunstancias ambientales: que el incremento de nutrientes (normalmente asociados al vertido de pesticidas, fertilizantes, etc.) aumente la población basal en un medio aparentemente rico, lo que conlleva el incremento de la competencia entre una población con los mismos hábitos, alimentos, etc., y con ello la más que segura muerte de los integrantes del escalón. La repercusión es extrapolable a los otros escalones. Puede ocurrir también que el proceso de contaminación sea más lento aún y que los productos nocivos se vayan acumulando en los tejidos animales (normalmente los elementos pesados), por falta de mecanismos fisiológicos que los metabolicen.

Influencia indirecta de la contaminación marina en el hombre

A medida que esto ocurre, los contaminantes actúan de forma degradativa lenta, de varias maneras. Si consideramos sólo los individuos de los últimos escalones del ecosistema, los predadores más especializados, éstos acaban debilitándose y alterando sus sistemas inmunológicos acabando con su muerte.

De estas acciones no se libra el hombre, el predador más especializado, que se puede situar en los vértices de todos los ecosistemas, que consume masivamente, y en este caso, los productos marinos contaminados, incorporándolos a su organismo y acarreándole graves problemas de salud. Incluso a nivel lúdico, la utilización del mar contaminado con fines recreativos, puede provocar molestias de diferentes grados en diferentes órganos y sistemas, por ejemplo, afecciones de tipo gastrointestinal, cutáneas, infecciones oculares, ópticas, etc.

CONTAMINACION MARINA EN LA PENINSULA IBERICA



Principales focos de contaminación marina en España

La contaminación marina que sufren los 4.000 km. de costa de la Península Ibérica, y a muy grandes rasgos, pueden catalogarse siguiendo los criterios establecidos con anterioridad. Existe una contaminación asociada a los vertidos indiferenciados, directos, otra a través del continente, y la tercera al intercambio con la Atmósfera. Todas ellas relacionadas con la situación de los polos industriales del norte y noreste peninsular.

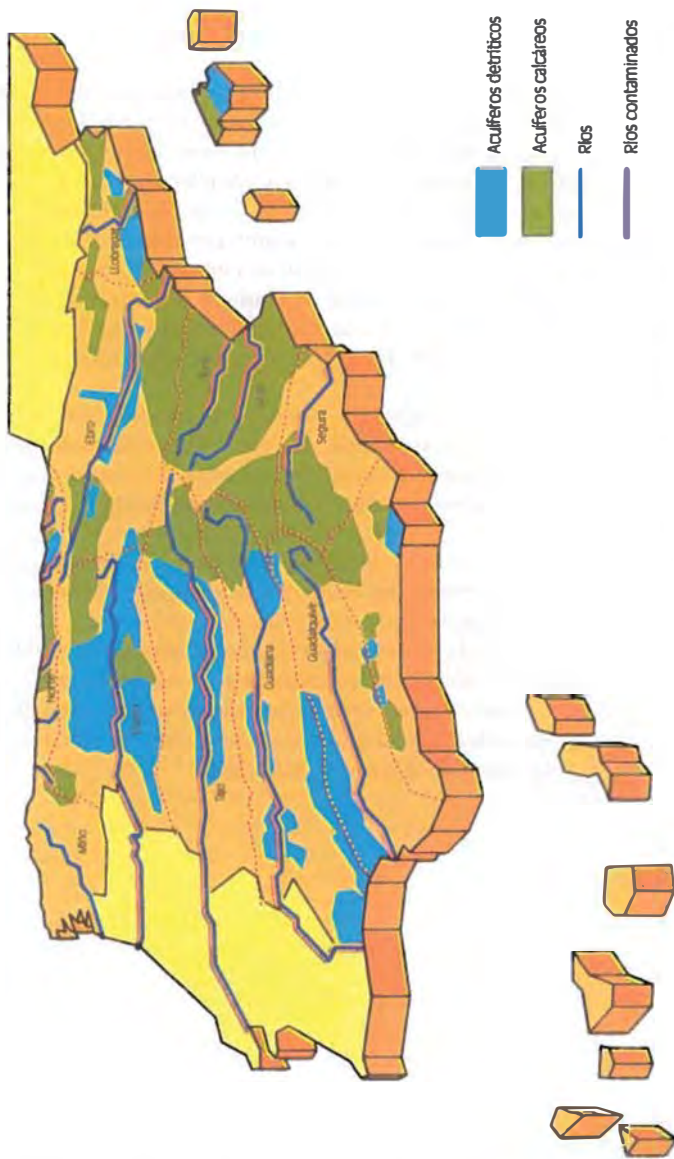
Los principales focos contaminados están asociados al litoral vasco-cantábrico, destacando los focos de los polos industriales de Pasajes (Guipúzcoa), Gran Bilbao y Torrelavega; al litoral asturiano, con los focos del área Gijón-Avilés y los ocasionados por la actividad de la cuenca carbonífera central minero-asturiana. En el litoral gallego hay dos zonas contaminadas: una al norte con los focos del Ferrol y La Coruña y en el oeste en la costa atlántica en la zona de Vigo.

También en el océano Atlántico, en este caso al sur, hay que destacar, la zona contaminada del polo industrial de Huelva y la del área de influencia minera. En el noreste peninsular, en el mar Mediterráneo, hay una zona contaminada industrialmente, que va desde el límite gerundense hasta las zonas del Vallés y Tarragona.

Sin embargo, a medida que nos desplazamos desde esta última hacia latitudes más meridionales, salvo excepciones puntuales, en la costa valenciana, murciana (Cartagena, Portman, La Unión, Escombreras), no menos importantes, la contaminación marina está ligada a actividades antrópicas diferentes de la actividad industrial.

La principal causa de la contaminación marina en estas zonas es el turismo masivo y descontrolado. Sus efectos tienen las siguientes características: las urbanizaciones incontroladas, que vierten sin depurar las aguas residuales al no existir plantas de tratamientos de residuos líquidos ni sólidos; las modificaciones costeras; los vertidos de derivados de la construcción de espigones; la instalación de puertos deportivos y otros muchos tipos de actividades especulativas, que inciden modificando la dinámica costera y que se transforman, en definitiva, en acciones no menos peligrosas que los vertidos industriales.

DISTRIBUCION GENERAL DE LAS AGUAS CONTINENTALES EN ESPAÑA



Aguas continentales. Distribución

El agua tradicionalmente se ha considerado como un recurso natural, recurso que la mayoría de las veces se ha pensado inagotable, regenerable y sin mayores problemas ambientales. Sin embargo, a medida que pasa el tiempo, el desarrollo humano es mayor, crecen las necesidades y cada vez somos más conscientes de que se trata de un bien frágil, de un recurso que, aunque renovable, hay que cuidar, y más teniendo en cuenta la distribución tan irregular que tiene incluso a una escala geográfica reducida como la de un país con la extensión de España.

Ya se ha apuntado en otro lugar, que de las aguas continentales, sin tener en cuenta la de los glaciares, cuyas aguas al menos a grandes rasgos no se utilizan, los mayores volúmenes corresponden a los de las aguas subterráneas, agua de precipitación atmosférica que se infiltra y se acumula en las rocas formando acuíferos, de tipo libre o confinados, que se forman sobre todo en las rocas detríticas o en las rocas de composición carbonática de las distintas áreas y de las diferentes cuencas hidrográficas. Le siguen las aguas superficiales de los ríos y los lagos. En estas formas, los volúmenes de aguas son mucho más reducidos.

Diferentes usos del agua

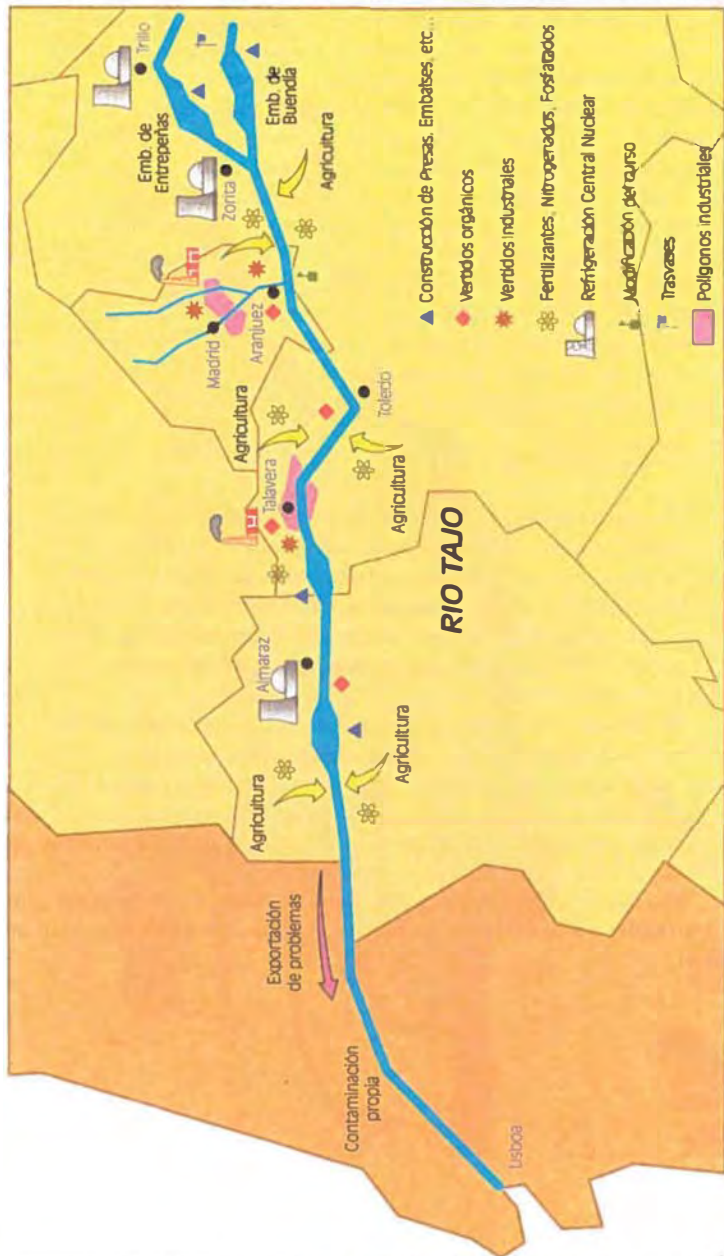
El aprovechamiento de las aguas continentales presentan diferentes usos: unos, los denominados usos **consuntivos**, aquellos que consumen agua. Los principales son: el abastecimiento de grandes urbes, el uso industrial y el regadío.

Otros usos son los **no consuntivos**, que teóricamente no consumen, pero que prácticamente suponen su gasto, como son: la producción de energía eléctrica, la navegación y los usos **lúdico-recreativos**, que también presentan algunos problemas graves por considerar.

Tradicional y lógicamente han sido las aguas superficiales las más usadas, pero últimamente debido al incremento de la demanda, se recurre a las aguas subterráneas. En muchos casos se utilizan poco racionalmente y como complemento de los volúmenes de aguas superficiales y para paliar los progresivos aumentos de caudal necesarios para el desarrollo agrícola, industrial o de cualquier otro tipo (riego, recreativo-lúdico, etc.), impuestos por el hombre.

Muchos de los problemas ambientales en relación con las aguas continentales superficiales y profundas son los mismos, ya que ambos circuitos están interconectados.

EFFECTOS AMBIENTALES DERIVADOS DE LA UTILIZACION DE LOS RIOS



Efectos ambientales derivados del uso de los ríos

Los ríos tradicionalmente han sido utilizados por el hombre con diversos fines. Antiguamente se han usado como barrera defensiva frente a hipotéticos enemigos o reales; para regar los cultivos que les suministraban el alimento; o como vehículo de transporte de sus actividades comerciales.

En la actualidad, las actividades humanas en relación con los ríos podrían denominarse de multiusos, ya que además de los usos tradicionales se han utilizado sus cursos: **regulándolos, urbanizándolos, distribuyendo sus aguas, modificando su curso e incluso construyendo en su lecho.** El resultado de todo esto es la aparición de impactos ambientales de distintos tipos, unos ligados a la construcción de presas, embalses, diques, puentes o trasvases. (Ver transparencia 47.)

Además de estas acciones, la mayoría de las veces se utilizan los cursos fluviales como: colector de residuos, como vertederos, o como refrigerante de centrales térmicas y nucleares. Cualitativamente los vertidos son la actividad antrópica más importante por señalar.

De tipificación difícil, ocupan una amplia gama de productos que va, desde los vertidos de **residuos orgánicos fecales** sin tratamiento en depuradora –que incorporan gran cantidad de bacterias y virus entéricos, la mayoría de ellos patógenos a las aguas, como consecuencia de la falta generalizada de tratamiento específico de aguas residuales en la mayoría de las ciudades ribereñas–, hasta el vertido **industrial** de aceites pesados, compuestos **hidrocarburos** o **metales** pesados como productos más nocivos, pasando por la infiltración, desde la superficie a los acuíferos, de los **fertilizantes** nitrogenados y los compuestos **fosfatados** (que eutrofizan las aguas), sin olvidar la incorporación al caudal, de los **pesticidas** usados para controlar las plagas agrícolas.

En las ocasiones en que se utilizan las aguas fluviales como refrigeración de los sistemas correspondientes en las centrales térmicas y nucleares, el agua retorna al cauce y en el mejor de los casos con varios grados de temperatura por encima de sus parámetros normales. En todas las circunstancias se producen consecuencias no deseables tanto para la salud urbana, animal, como para las cosechas regadas con estas aguas.

EFFECTOS AMBIENTALES DERIVADOS DE LA CONSTRUCCION DE PRESAS



ECOLOGICOS

Régimen fluvial →
Eutrofización

Régimen lacustre

VERTIDOS

Modificación de parámetros físico-químicos

- Pesticidas
- Fertilizantes
- Minerales pesados
- Hidrocarburos
- Aceites
- Residuos fecales

GEOLOGICOS

Retención de terrígenos

Coartación →

Ruina de la presa

Disminución acarreo →

Erosión encajamiento aguas a bajo

Ausencia de aportes a deitas →

Retroceso de deitas



Presa del Atazar. (Madrid)

Efectos ambientales derivados de la construcción de presas

Los regímenes fluviales están sometidos a multitud de circunstancias que modifican las condiciones ambientales naturales. Las principales son debidas a la construcción de obras públicas, la modificación de cauces y los vertidos indiscriminados a lo largo de la cuenca.

De entre todos, destaca la construcción de presas y asociada a ellas hay efectos ambientales graves, y que se pueden clasificar en: efectos ambientales de tipo ecológico y efectos ambientales de tipo geológico. Entre los primeros, el principal efecto es la transformación de un régimen hidráulico fluvial en otro lacustre. Indudablemente, esto ocasiona el cambio de un ecosistema fluvial con un agua renovada y en circulación permanente, con una fauna y una flora específica, en otro ecosistema distinto, de aguas estancadas, cuya renovación depende de las condiciones físico-químicas, y que tienen una fauna y una flora totalmente diferente.

Por otra parte, la retención de las aguas supone también la posibilidad de acumular los contaminantes vertidos en ellas, en tanto en cuanto que la presa no permite la renovación de las aguas como en el caso de los ríos. Los vertidos, puntuales o difusos, normalmente contaminantes químicos del tipo: pesticidas, fertilizantes, hidrocarburos, aguas residuales, aceites, minerales pesados, etc., provocan en términos generales un incremento de los nutrientes en el lago artificial formado, con la consiguiente proliferación de microorganismos de tipo algáceo, que se acumulan en la superficie en competencia directa por los nutrientes, impidiendo la oxigenación de las aguas e incrementando la demanda básica de oxígeno (DBO). La proliferación de organismos con las mismas necesidades alimenticias producen su autodestrucción, alterándose la cadena alimenticia y la estructura del ecosistema.

Efectos ambientales de tipo geológico

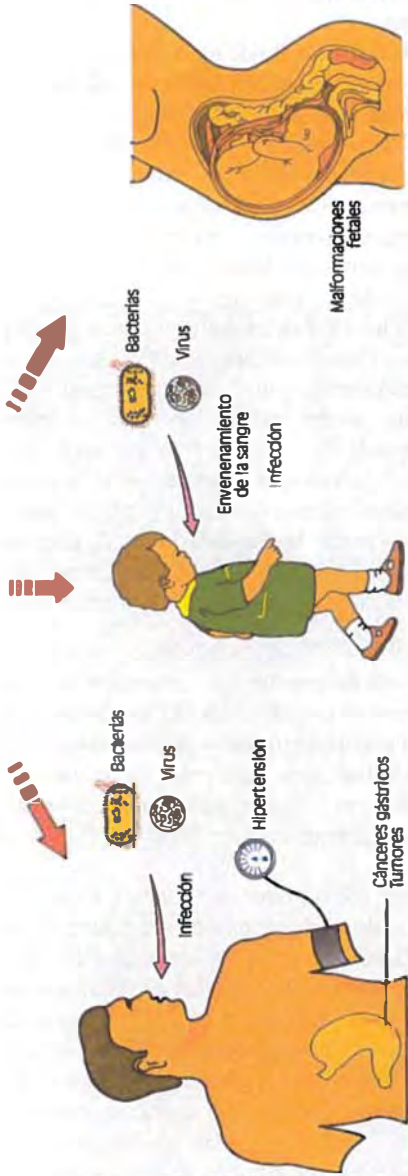
La construcción de la presa retiene los sedimentos terrígenos transportados por el río mediante los procesos de arrastre, saltación y suspensión. Son sedimentos alogénicos que precipitan gravitatoriamente a partir del muro basal del dique, provocando con el tiempo la colmatación de la presa. Los embalses españoles ven reducida su capacidad entre el 5 y el 50% por esta causa; colmatación que se acelerará si la cuenca hidrográfica presenta características resistácicas (deforestada), arruinándose la obra pronto.

Hay que considerar también como efectos ambientales derivados de la construcción de las presas, la posibilidad de modificación del nivel freático de los acuíferos de la zona, así como la posibilidad de inducción de sismos en el área de la misma. La disminución de la carga y por tanto de la capacidad de transporte hace que el río tenga energía suficiente, que emplea en erosionar y encajarse en aguas abajo. Por otro lado, la disminución de aportes terrígenos a la desembocadura, y en aquellos ríos que dan lugar a la formación de deltas, evita el desarrollo de los mismos. El retroceso del delta por acción marina y esas acciones llevan implícito multitud de aspectos ambientales de tipo económico, social y ecológico de estas frágiles áreas.

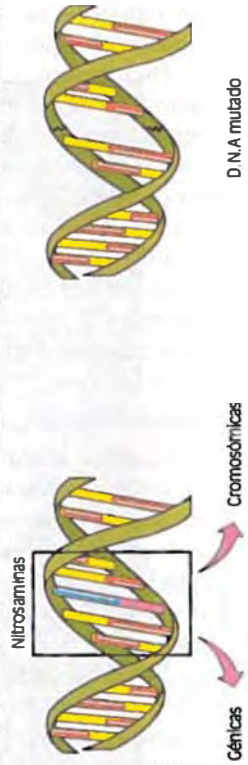
Tampoco puede olvidarse que la construcción de embalses supone la movilización social de las urbes de las áreas ocupadas por las aguas del mismo.

CONSECUENCIAS DE LA UTILIZACION DE AGUAS FLUVIALES PARA LA SALUD

AGUAS CON CONTAMINANTES ORGANICOS



Cadena de D.N.A



Aguas fluviales y salud. Efectos generales

Las consecuencias que una utilización indiscriminada de las aguas fluviales –sobre todo cuando esas aguas o no se tratan o se hace de forma incorrecta– tiene para la salud humana son de diferentes tipos y de gravedad variable.

La acumulación de contaminantes industriales provocan en la fauna y flora del ecosistema fluvial la muerte y, por tanto, la alteración de su estructura. De ellos los contaminantes más importantes son los metales pesados, que pueden llegar a incorporarse a los órganos y aparatos humanos a través de la dieta y acumularse en algunos de ellos como en el caso de los riñones, provocando diferentes cuadros clínicos.

A continuación hay que tener en cuenta los nitratos disueltos en el agua, que pueden afectar a la salud humana en todas las etapas del desarrollo, desde el ontogénico hasta la edad adulta. Así, durante el desarrollo embrionario son frecuentes las malformaciones fetales. En el niño los principales problemas son, el envenenamiento sanguíneo y la hipertensión arterial. En el adulto parece existir una relación directa entre tumores carcinogénicos de ubicación gástrica y los nitratos.

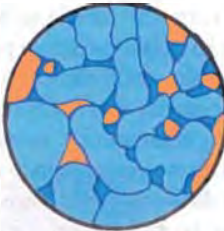
La asociación química entre compuestos nitrogenados orgánicos y los compuestos químicos utilizados en la fabricación de pesticidas favorecen la formación de nitrosaminas, con una doble acción clínica: la carcinogénica diseminada, que provoca tumoraciones sin ubicación concreta derivando a metástasis generalizadas letales y la mutagénica, tanto cromosómica, cuando altera una de estas unidades estructurales en su totalidad, como génica cuando altera un trozo de cromosoma.

Además, en todos y en cada uno de los casos, está presente la posibilidad de ingesta de aguas no tratadas, las cuales están contaminadas por microorganismos de tipo bacterias y virus entéricos asociados a los vertidos fecales. Las infecciones subsiguientes pueden tener diferente etiología y dar lugar a diversos cuadros de afecciones infecciosas, todas ellas graves y a veces con carácter epidémico, como son: parálisis, gastroenteritis, hepatitis, meningitis, enfermedades del aparato respiratorio, enfermedades cutáneas, etc.

PROBLEMAS AMBIENTALES EN RELACION CON LAS AGUAS CONTINENTALES. ACUIFEROS



-  Agua de hidratación
-  Agua de absorción
-  Agua capilar
-  Porosidad



Terrazas fluviales del Río Tago. (Madrid)

Acuíferos. Características y partes

Se entiende por acuífero: «aquellas rocas que debido a sus características texturales primigénicas, o las estructurales adquiridas con posterioridad a su génesis, son capaces de almacenar agua en su interior».

Para que sea posible la acumulación de agua en el interior de las rocas, éstas deben tener una porosidad que puede ser: primaria, si los huecos provienen del proceso diagenético original; o secundaria, si los huecos se han formado con posterioridad a la génesis de la roca. En ambos casos la porosidad se utiliza para almacenar agua. Por eso, las mejores rocas para la formación de acuíferos son las rocas sedimentarias detríticas, constituidas por clastos de tamaño medio y que sean texturalmente evolucionadas como son las areniscas y las arenas, que posean un cierto equilibrio entre los componentes detríticos de tamaño medio (arenoso) y los más finos (arcillosos).

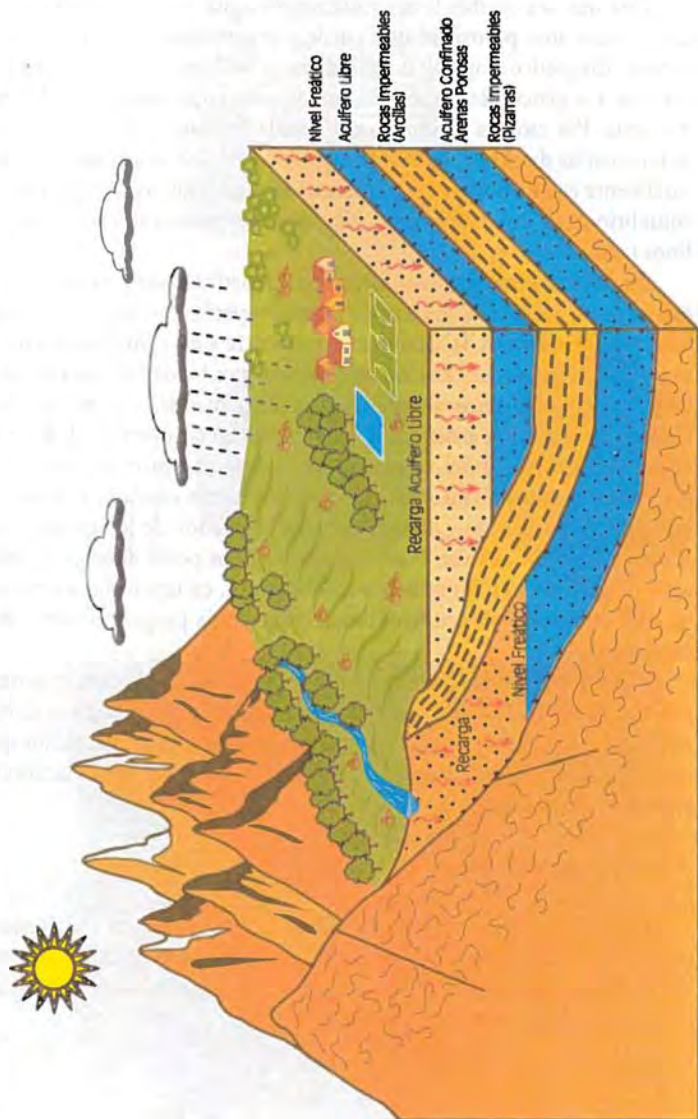
En todo acuífero se puede diferenciar de arriba a abajo varias zonas en relación con el agua que puede almacenar. La más superficial, llamada zona de aireación, contiene un volumen de agua que está asociada a los componentes minerales de la roca. Es un agua de hidratación que no tiene posibilidad de circular, al ser retenida en la composición mineralógica. También hay que destacar otra porción de agua, llamada de absorción pelicular, que se retiene en la superficie de los minerales por enlaces químicos débiles, empapándolos. Este volumen de agua tampoco tiene capacidad de movimiento. Existen también fuerzas capilares y de tensión superficial, que retienen otra cantidad de agua alrededor de los poros y que de igual forma la impiden circular. Por último quedan los poros libres por donde circula el agua de gravedad, en flujos más o menos lentos, en una infiltración hacia los niveles más profundos del acuífero, donde se acumula progresivamente (zona de acumulación).

El nivel inferior del acuífero vendrá determinado por la capa impermeable que lo constituye, mientras que el nivel máximo alcanzado por el agua es el nivel freático, nivel que puede subir o bajar en función de la recarga o extracción que de forma natural o artificial sufra el acuífero, aumentando y disminuyendo la zona de aireación alternativamente según los casos.

Acuíferos como recurso

Los acuíferos constituyen un recurso natural de aguas continentales, de una importancia capital para el desarrollo futuro de la humanidad, pero extraordinariamente frágil a las propias acciones antrópicas, con resultados ambientales incalculables.

PRINCIPALES TIPOS DE ACUÍFEROS



Tipos de acuífero. Condiciones geológicas

Los acuíferos pueden ser de dos tipos: acuíferos libres y acuíferos confinados.

Se dice que un acuífero es libre cuando se da una situación estructural en la que las rocas que lo constituyen no se encuentran dispuestas geológicamente entre capas impermeables. Solamente en nivel inferior debe estar cerrado por una capa con estas características.

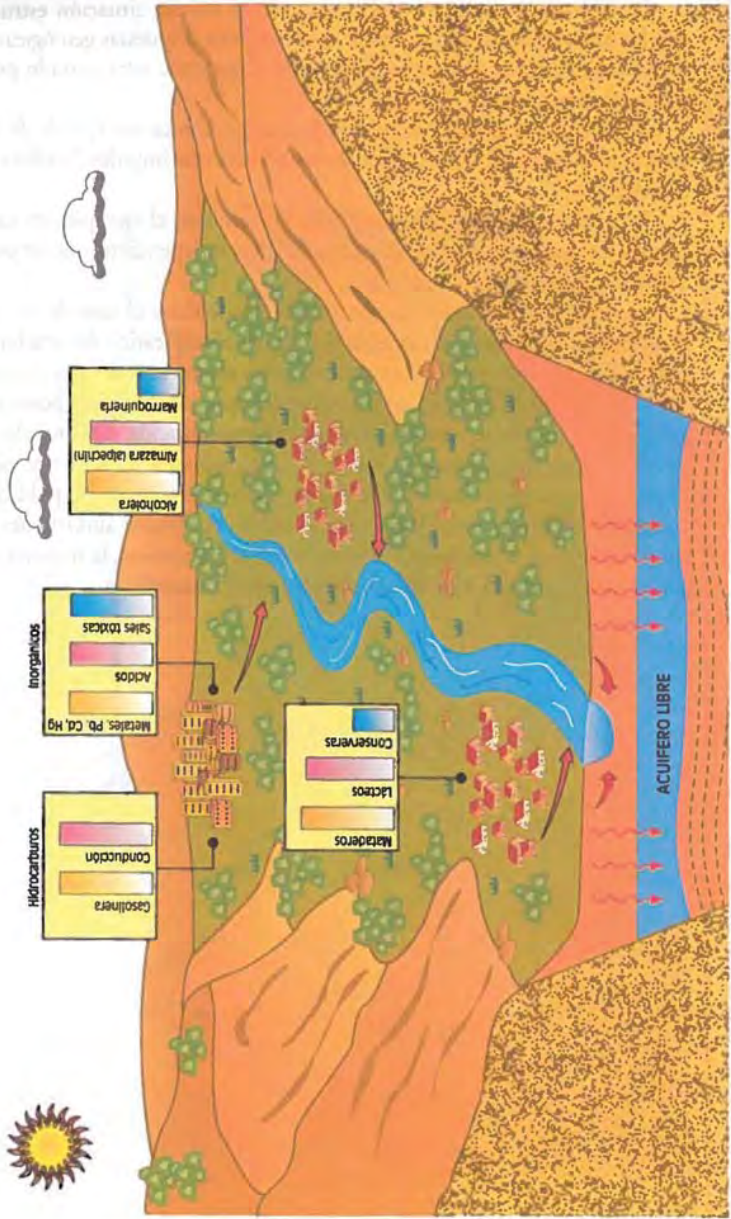
Se dice que el acuífero es confinado cuando la roca susceptible de acumular el agua se encuentra entre dos capas impermeables que impiden la salida natural del elemento.

En el caso de que se presenten juntos, como en el ejemplo, en cada acuífero existirá un nivel freático que alcanzará un nivel independiente en los pozos, que se hagan sin interrelación entre ellos.

En el caso de los acuíferos confinados puede darse el caso de que la boca del pozo esté situada topográficamente debajo del nivel freático del acuífero, entonces el agua fluirá sola de forma natural en el pozo, al cual se le denomina artesiano.

Tanto un acuífero como otro constituyen unos recursos que poseen reservas de agua ingentes, que hay que preservar de la contaminación por un lado, además de racionalizar su uso, de manera que la recarga, volumen de agua que penetra en el acuífero o agua de infiltración, sea superior o al menos esté equilibrada con los volúmenes de extracción. De no hacerse así, los problemas ambientales en relación con el recurso se multiplican e inciden sobre otros medios, la mayoría de las veces con consecuencias no sólo ruinosas, sino a veces catastróficas.

CONTAMINACION DE LAS AGUAS SUBTERRANEAS. TIPOS, AGENTES Y CAUSAS



Contaminación de aguas subterráneas. Tipos de contaminación

Los acuíferos, como reservorios de aguas, deben permanecer impolutos frente a la contaminación. Desgraciadamente esto no ocurre así, y la contaminación de acuíferos puede deberse a causas clasificables en:

a) Fruto de las actitudes humanas, donde se incluyen acciones irracionales con otras que no lo son tanto como: el desconocimiento de los efectos que los contaminantes tienen sobre el medio, los vertidos intencionados, la eliminación de residuos, etc.

b) Como consecuencia de accidentes, en la mayoría de los casos relacionados con obras y construcciones humanas, como son las roturas de las conducciones de oleoductos, los accidentes de carretera de transportes de sustancias peligrosas, las conducciones por tuberías, el filtrado de depósitos aparentemente estancos, etc.

Agentes contaminantes. Productos orgánicos e inorgánicos

Los agentes contaminantes de acuíferos pueden ser de diversas clases:

1. *Productos inorgánicos:*

a) Los principales serían los metales pesados, tipo plomo, cadmio, mercurio, producidos por la industria y que llegan al suelo a través de las interfaces Atmósfera-Hidrosfera-Litosfera, y a su removilización química en condiciones apropiadas.

b) Las sales disueltas, que van aumentando la concentración y la variación de las condiciones físico-químicas. Estas sales pueden ser tóxicas inmediatamente, caso de los CNK (cianuros potásicos), o irse acumulando lentamente, caso de las sales derivadas de los nitratos y nitritos de los fertilizantes, retardando sus efectos, igualmente nocivos.

2. *Productos orgánicos.*

Dentro de los productos orgánicos, los principales agentes contaminantes son:

a) Los hidrocarburos. Asociados a los vertidos accidentales –casuales o no–, relacionados con las actividades de transporte y almacén indiscriminado de estos productos.

b) Los productos orgánicos asociados a industrias, como las aceiteras, las alcohólicas, los mataderos, las conserveras, los de marroquinerías, o las lácteas, etc. Todos y cada uno de ellos tienen como productos de desecho de su actividad, bien residuos líquidos o bien sólidos. Su eliminación es compleja y son altamente contaminantes para las aguas subterráneas. Los tipos principales son: alpechines (líquido y partículas sólidas no separables de la molturación de la aceituna), las vinazas, la sangre, el agua residual, los productos de excreción animal, el pelo, los aceites, los productos de fermentación, etc., más los microorganismos que los acompañan.

LA CONTAMINACION DE ACIFEROS. CONTAMINACION RURAL



Explotación agrícola-ganadera. Montes de Toledo. (Toledo)



Contaminación. Tipos

Entendida la contaminación como «la **variación de los parámetros naturales de un sistema considerado**», en este caso las aguas subterráneas, hay que decir que las causas de la contaminación de acuíferos, casi siempre van asociadas a la acción antrópica. Por su situación geográfica, desde el punto de vista de tipificación de la contaminación por el lugar donde se produce, ésta puede ser: de tipo rural y urbana.

Contaminación rural. Causas

Normalmente hablar de contaminación rural, cuando el campo se ha considerado como el prototipo de sistema ambiental no contaminado, puede parecer errónea; sin embargo existe y además es grave.

La contaminación rural, de las aguas subterráneas en este caso, está provocada por diversos agentes:

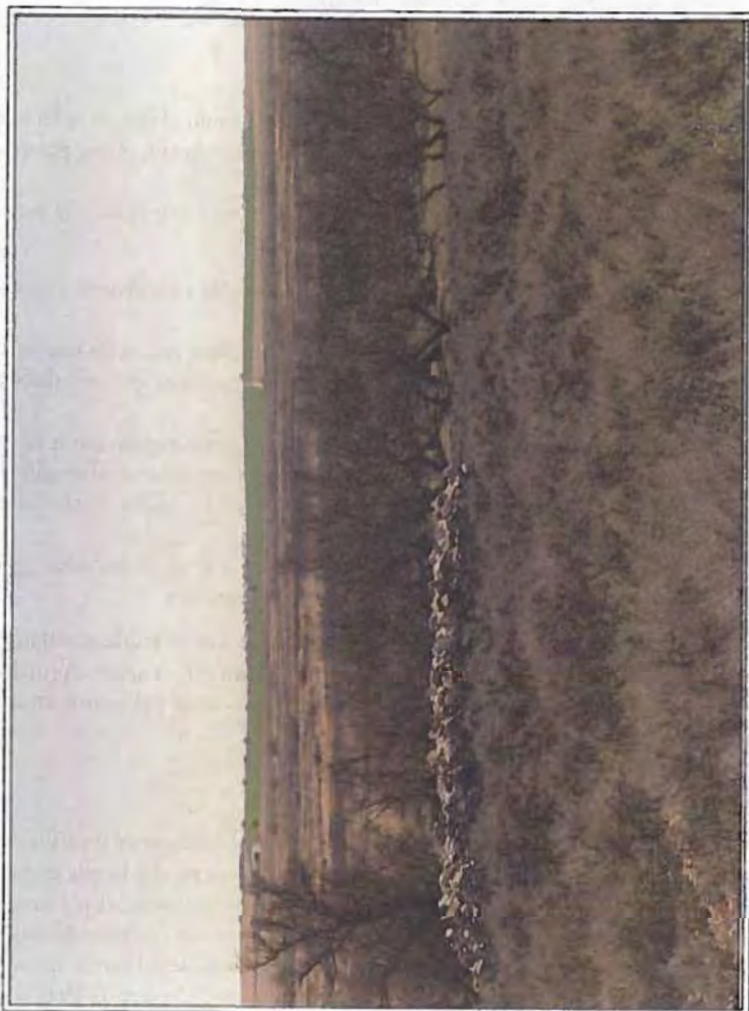
- La incorporación de sustancias químicas, asociadas a los abonos, con composición nitrogenada.
- Los pesticidas y plaguicidas utilizados en el combate contra las plagas.
- El propio estiércol y sus productos de descomposición, que son disueltos en el agua de infiltración que se acumula en el acuífero.
- La materia orgánica de los efluentes líquidos y aguas negras, tanto de los animales como del hombre, ya que cuando se evacúan directamente al medio o a través del pozo negro, hay un peligro latente de contaminación bacteriológica e incluso vírica altamente peligrosa.
- La utilización de vehículos ligeros y pesados en las actividades agrícolas-ganaderas, que pueden verter aceites pesados contaminantes.

También hay que tener en cuenta que la eliminación de residuos sólidos puede llegar a ser un problema grave cuando se evacúan sin criterio. Aquí pueden incluirse los derivados orgánicos como alpechines, muy peligrosos en amplias zonas del país.

El ciclo de la contaminación de acuíferos

En todos estos casos, los productos citados –ya directamente o mediante disoluciones– pueden alcanzar el nivel freático, diluyéndose en él y lo que es peor, volver a la superficie a través de la extracción del agua del subsuelo, cuyos suministros suelen hacerse mediante pozos de bombeo, que revierte de nuevo en la actividad y en el uso humano, o en las actividades agro-ganaderas, de tal forma que el tratamiento que se dé al acuífero, acaba por cerrarse en un ciclo con incidencia directa sobre las actividades humanas.

SOBREEXPLOTACION DE ACUIFEROS, RIESGOS ECOLOGICOS EN HUMEDALES



Tablas de Daimiel. (Ciudad Real)

Evolución de los acuíferos

Los acuíferos se recargan, de forma natural, por la precipitación atmosférica, o cuando están conectados con sistemas fluviales o lacustres, mediante el régimen hídrico de éstos. Cuando la explotación por extracción –independientemente del uso agrícola, urbano o industrial– sobrepasa la recarga, el nivel freático del acuífero desciende progresivamente.

Se pueden establecer índices de evolución del acuífero (i.e.a) que relaciona el volumen del acuífero (\sqrt{a}) con los volúmenes de recarga (\sqrt{r}); así, si el volumen del acuífero es progresivamente menor que el de recarga, el acuífero verá descender su nivel freático, si $\sqrt{a} = \sqrt{r}$, el acuífero permanecerá inmutable, mientras que si $\sqrt{a} > \sqrt{r}$, el nivel freático subirá.

Aunque existe un grado de dificultad importante en la evaluación de la extracción relacionada con la recarga, para saber en definitiva si el acuífero se mantiene o entra en crisis de sobreexplotación, siempre se pueden observar las repercusiones ecológicas inmediatas.

Consecuencias ambientales

En el ejemplo mostrado, el «antiguo humedal», Reserva de la Biosfera que constituye el Parque Nacional de las Tablas de Daimiel –de más de 2.000 hectáreas inundadas– ha reducido su extensión superficial alarmantemente de un tiempo a esta parte, a sólo varias decenas de hectáreas. Es evidente que el humedal que constituye el Parque Nacional de las Tablas está afectado por la sobreexplotación del acuífero n.º 23 manchego. El sistema constituido por el conjunto hídrico del Guadiana-Cigüela-Tablas está en trance de desaparición, al incrementarse de 30.000 a cerca de 150.000 las hectáreas regadas a sus expensas y a la disminución de cerca de 3.000 Hm.³ del volumen del acuífero.

El cambio experimentado en la agricultura, del secano tradicional a regadío, la extensión local del terreno dedicado al abastecimiento y la exportación nacional-internacional, el riego intensivo sin control de horario –normalmente en las horas de mayor capacidad evaporativa, cuyo único beneficio es «dar de beber al Sol»–, el abuso en los volúmenes extraídos, junto con la sequía, hace que de seguir las cosas al ritmo de extracción del comienzo de la década de los 90, el agotamiento del acuífero se produzca en 45 años. Como la presión parece incrementarse, el proceso ya acuñado de «daimelización» seguirá aumentando, por lo que deben ir tomándose medidas urgentes en la zona para no acabar con el Parque Nacional, sino con toda la infraestructura agrícola de la zona. Los sucesivos trasvases, el último realizado en febrero de 1996, son parches inoportunos a una lastimosa situación.

SOBREEXPLOTACION DE ACUIFEROS. RIESGOS ECOLOGICOS EN HUMEDALES



Parque Natural de Ruidera. (Ciudad Real)



Génesis de humedales

Los conjuntos hídricos que constituyen los humedales necesitan unas condiciones geológicas peculiares, con rocas impermeables que formen el lecho aislante a partir del cual se acumula el agua en otras permeables. A veces la erosión diferencial determina una superficie topográfica que corta el nivel freático, para que el agua aflore en superficie libremente. En el caso de Ruidera, el humedal se asienta sobre rocas del Mesozoico, con una litología de arcillas rojas de edad triásica en el muro de la columna estratigráfica, que son impermeables, seguidas hacia el techo por rocas de composición calco-dolomítica de tonos rojizos del tipo denominado carniolas. El conjunto superior calcáreo es fácilmente erosionable por meteorización química, de tipo carbonatación, por lo que adquiere una porosidad secundaria, que permite la infiltración de las aguas hasta alcanzar el paquete de rocas impermeable arcilloso de edad triásica.

La imposibilidad de seguir infiltrándose y la topografía superficial permite el afloramiento y la circulación del agua del acuífero, el cual es en realidad un sistema fluvial con remansos lagunares.

La concentración bicarbonatada de las aguas por la disolución del sustrato por donde discurre, asociada a la actividad biológica de estructuras algáceas, posibilita la formación en algunos lugares —donde se dan las condiciones ideales—, de sistemas travertínicos que crecen oponiéndose a la propia acción hidráulica fluvial. Este crecimiento forma barreras que remansaban las aguas formando «lagunas», la cual saltaba por el frente travertínico sobre ellas, de una «laguna» a la siguiente. Estas barreras constituidas por carbonato cálcico (Ca CO_3) también crecían en los laterales del valle.

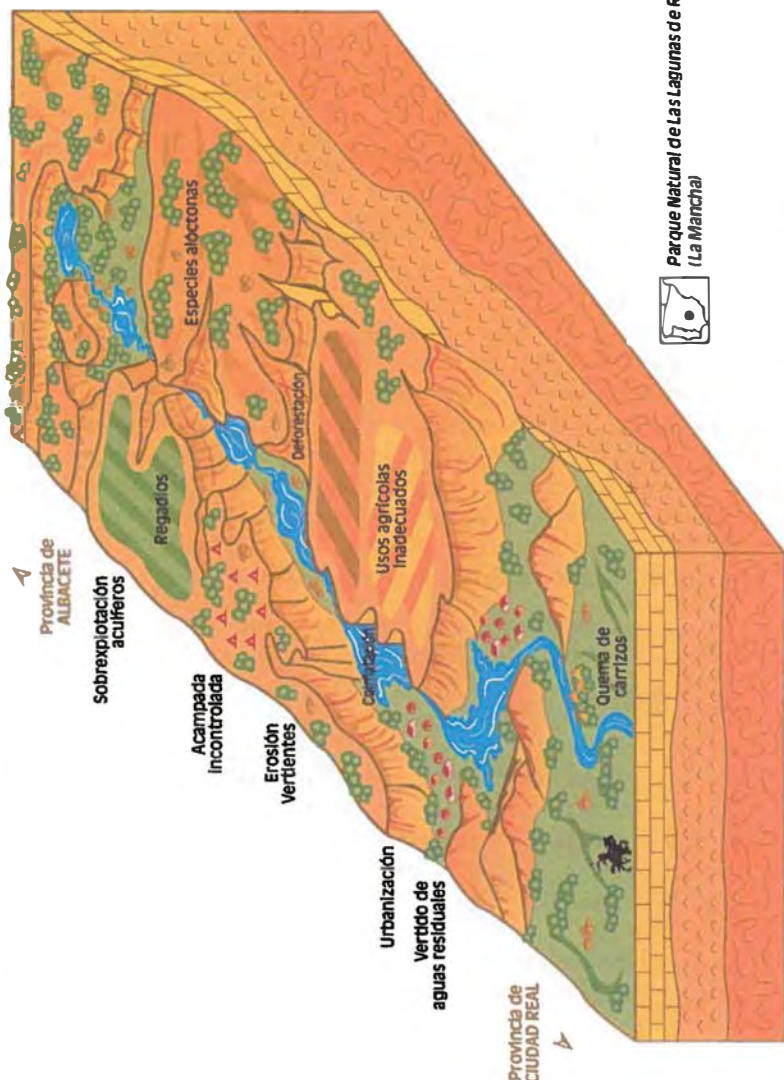
Consecuencias ambientales de la sobreexplotación

La escasa precipitación acuosa de la zona, junto con la sobreexplotación del acuífero del Campo de Montiel, que es el que alimenta el sistema, han hecho bajar el nivel de las aguas alarmantemente de manera que el sistema fluvial que nutre las lagunas de Ruidera ha dejado de funcionar como tal.

La formación de travertinos, actualmente sólo continúa en la «laguna» más baja, la laguna del Rey, y a niveles topográficos cuantitativamente cada vez menores. De las lagunas más altas, la «laguna» Blanca, hoy es sólo un recuerdo en la mente de los que la conocieron. En este caso, el nivel del acuífero está actualmente 10 metros bajo el fondo de lo que fue «la laguna», el cual está sometido en la actualidad a procesos geológicos de tipo eólico, alejados genéticamente de los fluvio-lacustres.

El problema se acentúa si se tiene en cuenta el resto de actividades antrópicas en la zona, actividades que surgen en parte, derivadas por la propia catalogación administrativa del parque, como Parque Natural de las Lagunas de Ruidera, entendiéndose que en la consideración legislativa de las lagunas como tales formas carecen de servidumbre, frente a las formas fluviales reconocidas, que tienen servidumbres que las protegerían de las contaminaciones antrópicas. Posiblemente las soluciones ambientales a la problemática planteada pasan por una nueva catalogación para su protección dentro del Derecho Ambiental.

IMPACTOS ANTROPICOS. EL PARQUE NATURAL DE RUIDERA



Efectos ambientales y Derecho Ambiental. (Caso de Ruidera)

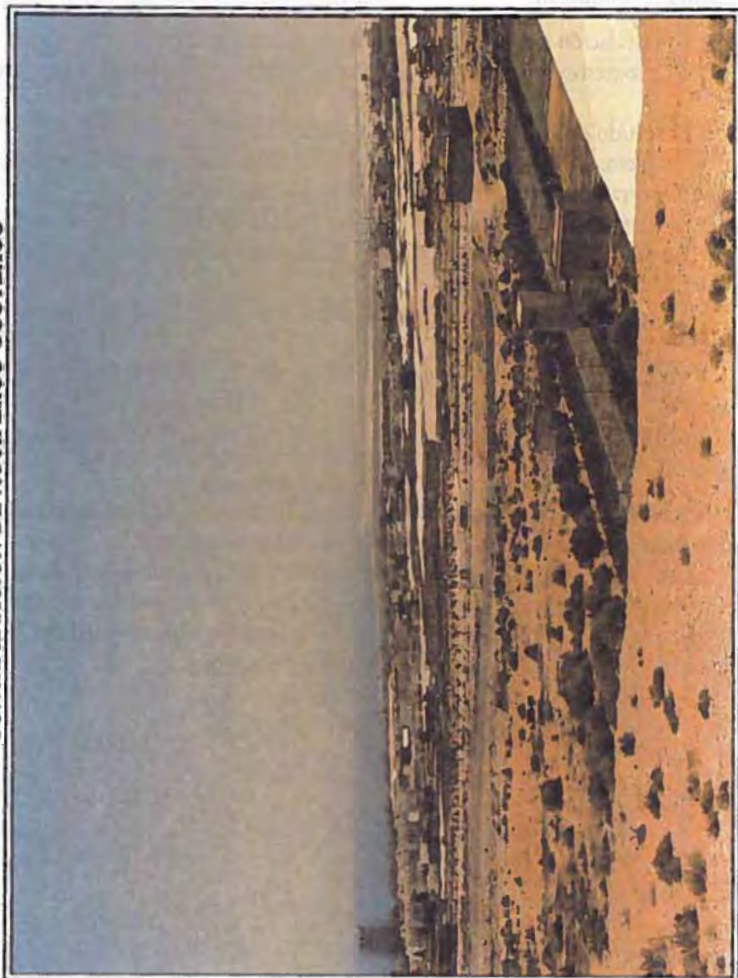
El descenso del nivel de las «lagunas» de Ruidera, propiciado por el abuso en la extracción del agua subterránea para la agricultura, que alimentaba el sistema, junto con la escasa precipitación atmosférica en la zona y la peculiar catalogación del Parque Natural en el Derecho Ambiental como un sistema lagunar y por tanto sin servidumbres constructivas-urbanizables, etc., han permitido que entre otras acciones se produzcan:

- La instalación de urbanizaciones en sus mismos bordes.
- La progresiva acumulación de residuos sólidos y líquidos en sus proximidades.
- El vertido de aguas residuales sin depurar.
- La quema de los carrizales y otras plantas autóctonas para su sustitución posterior por otras alóctonas y con diferentes necesidades hídricas.
- La acampada sin control con el esparcimiento de residuos por el entorno.
- La eliminación de la vegetación de las laderas (deforestación), lo que permite la intensificación de la erosión.
- La colmatación progresiva de los cauces fluviales por sedimentos no sujetos ni estabilizados por la vegetación arrancada.
- Culminando en el colmo de la estulticia, con la instalación en alguna de las «lagunas», ya seca por la sobreexplotación como es la de la Redondilla, de lugares de esparcimiento, como piscinas rodeadas de césped regado con el agua que se sus trae al acuífero.

Vistas las actuaciones apuntadas para este último caso, incluso habría que considerar, como foco contaminante, las decisiones políticas.

El resultado es la alteración progresiva del conjunto, el desmonte de las barreras travertínicas por erosión, unas veces natural y otras por erosión antrópica, y el fin previsto en los próximos años del conjunto, de no tomarse medidas políticas lógicas, drásticas y urgentes para salvaguardar el conjunto.

CONTAMINACION DE ACUIFEROS COSTEROS



Campo de Dalías. (Almería)



Contaminación de acuíferos costeros

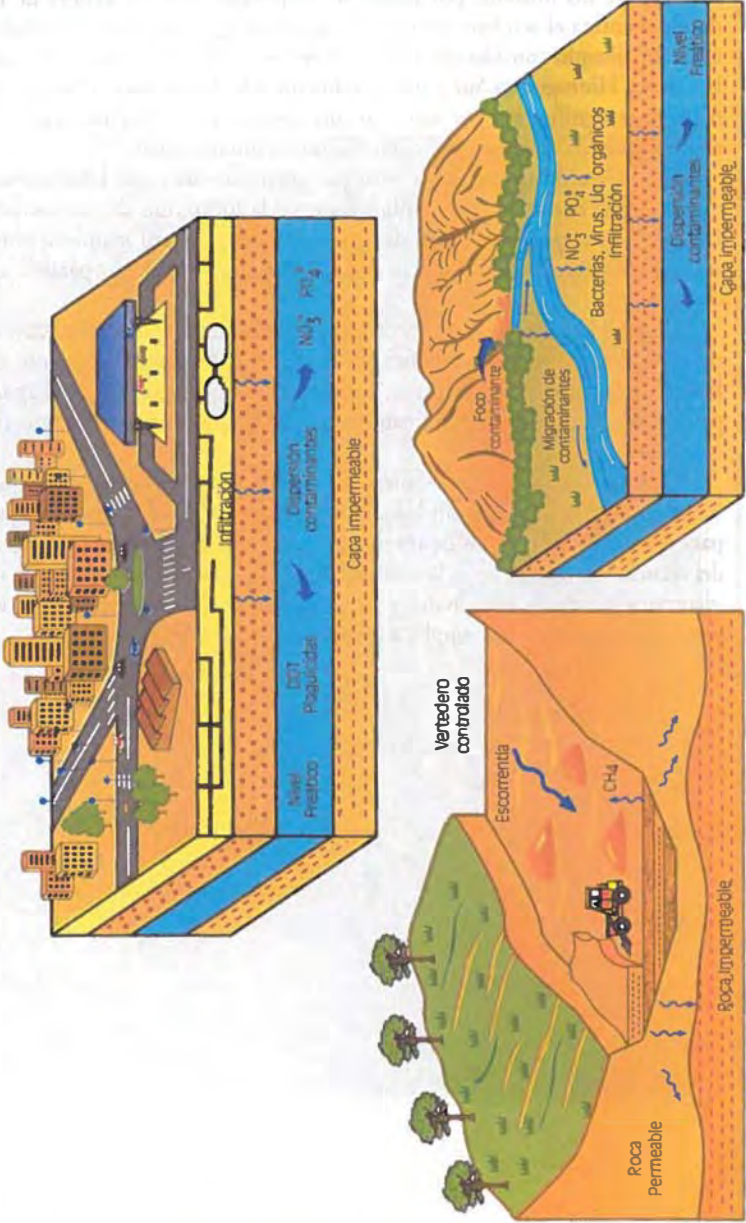
Un caso de contaminación de acuíferos muy significativo lo constituye la salinización de los mismos, por causas no imputables a la naturaleza de las rocas donde se forma el acuífero, sino a la intrusión de agua marina en los acuíferos costeros. El ejemplo considerado es el acuífero del Campo de Dalías, perteneciente a la Cuenca Hidrográfica Sur y correspondiente a la denominada Unidad Geológica 6.14, muy significativo por sustentar una economía próspera mediante el cultivo en invernadero con gran proyección nacional e internacional.

El acuífero de agua dulce se sitúa por encima de las aguas saladas marinas. La diferencia de densidad entre ámbos favorece la formación de un contacto neto. Cuando la recarga (incremento de agua dulce del acuífero) mantiene éste en una situación de superávit, el contacto emerge en el interior del mar paralelo a la línea de costa.

Cuando la recarga es inferior al bombeo (caso de la sobreexplotación como el del ejemplo) se produce un déficit en el acuífero. Además del descenso del nivel freático del acuífero de agua dulce, el contacto entre el agua dulce y el agua salada, penetra en el continente invaginándose en la boca del pozo y contaminando éste con sales.

Como consecuencia de lo anterior, existe un riesgo complejo para la actividad económica de la zona. Por un lado, la sobreexplotación del acuífero de agua dulce para mantener los cultivos de invernadero conlleva la posibilidad de agotamiento del recurso y lo que es peor, la posibilidad de salinización de los pozos de riego. La incorporación de las sales marinas al agua de regar acabaría por arruinar los cultivos y la economía de una amplia zona andaluza dependiente de ellos.

CONTAMINACION DE ACUIFEROS EN ZONAS URBANAS Y LIMITROFES



Circunstancias que favorecen la contaminación

En las zonas urbanas, la posibilidad de contaminación de los acuíferos está ligada a dos hechos fundamentales (aunque existan otros relacionados): la propia infraestructura de las ciudades y la generación de residuos (líquidos, aguas negras, etc., y residuos sólidos).

Causas de la contaminación de acuíferos

En el primer caso, en el de la infraestructura, los principales focos de contaminación están relacionados con las deficiencias de los materiales de los canales de distribución, los cuales si son de aguas potables, no es demasiado problemático, salvo los daños que puedan causar a las infraestructuras y los posibles riesgos derivados.

En cualquier caso, recargarán (al menos hipotéticamente) los acuíferos, aunque si son de evacuación de aguas negras, asociadas a la eliminación de residuos, ya plantea otros graves problemas colaterales, al infiltrar a los acuíferos, en caso de roturas, productos orgánicos, bacteriológicos, e inclusive con virus patógenos.

Los riegos y drenajes suponen otros problemas añadidos, ya que pueden inyectar al acuífero productos nitrogenados, plaguicidas y pesticidas del cuidado de parques, jardines, etc.

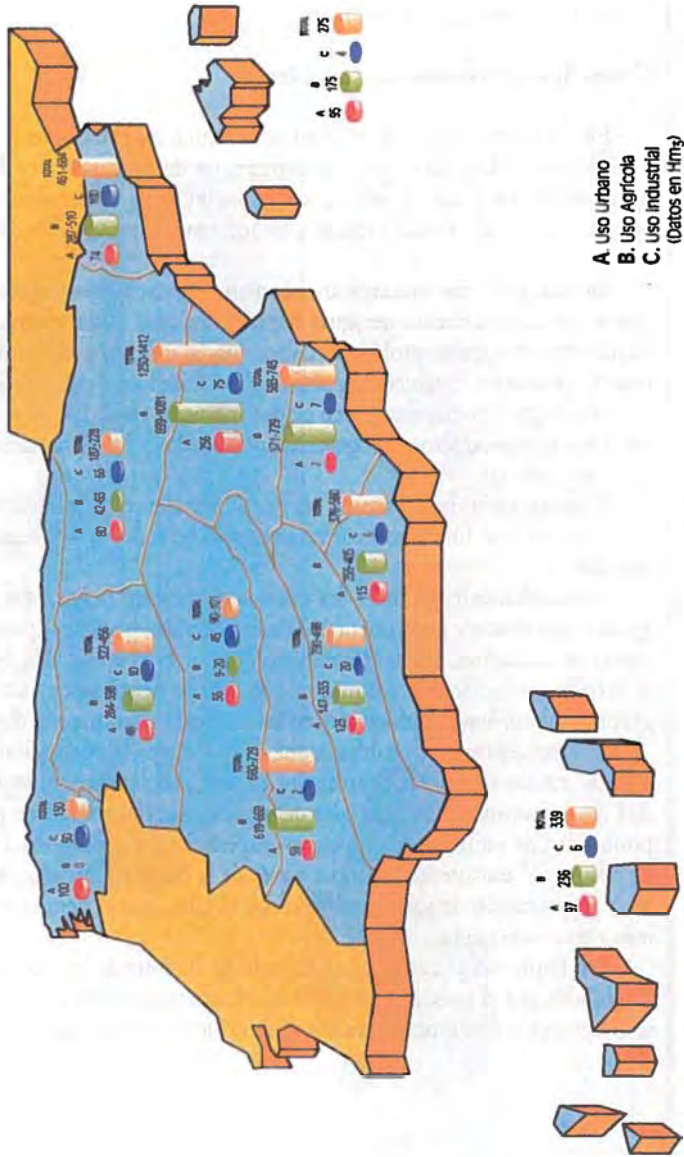
El tercer mecanismo, similar en su concepción, es la infiltración desde gasolineras, cuando no funcionan correctamente o se accidentan los sistemas de estanqueidad.

Indudablemente, en todos los casos se supone un riesgo de contaminación de aguas subterráneas y previamente por extensión de las aguas superficiales, en situaciones de accidentes, sin la más mínima connotación voluntaria. Sin lugar a dudas el vertido no accidental, voluntario a la red de distribución, que existe, plantea gravísimos problemas ambientales en las circunstancias que nos ocupan.

El segundo caso, el problema que se plantea es la evacuación de los residuos sólidos. En los vertederos controlados existen problemas para lograr la estanqueidad de los vertidos; hay una falta de seguridad en el sellado de los mismos, con posibilidad de infiltración a los cursos superficiales y profundos. La incorporación de residuos al ecosistema urbano a través de la fauna y flora asociada a los vertederos y la generación de gases nocivos como el CH_4 , con el tiempo, son otros problemas a tener en cuenta.

Por tanto, en el caso de los vertederos incontrolados, extraordinariamente difundidos por el país, las posibilidades de contaminación son totales, sobre todo si la legislación es tan permisiva como en el ejemplo mostrado.

USOS CUANTIFICADOS DEL AGUA SUBTERRANEA



Usos de las aguas subterráneas

En el gráfico adjunto pueden observarse los usos cuantificados del agua subterránea en España.

La utilización de las aguas subterráneas se diversifica en:

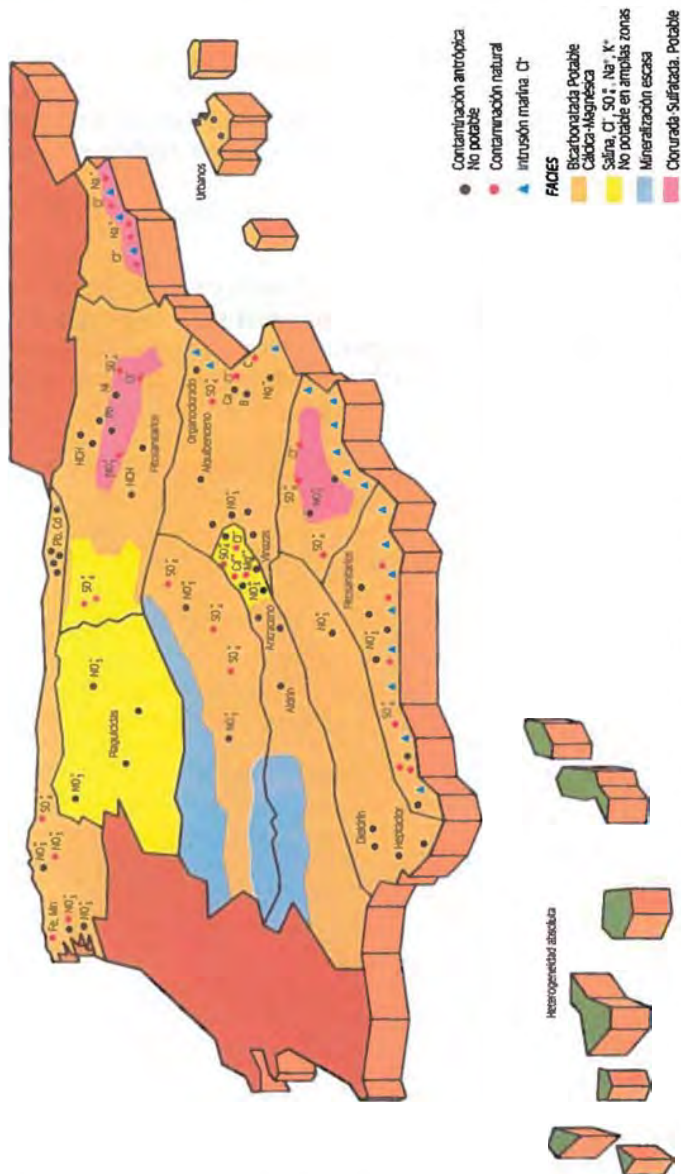
- El abastecimiento urbano, complementando cada vez más la de los embalses. Dependiendo de la cuenca hidrográfica de que se trate y para el uso citado, se alcanzan valores máximos en la del Júcar y mínimos en la del Segura.

- El uso agrícola, con utilización máxima también en la cuenca del Júcar y mínimo en el Tajo, y...

- El uso industrial, con máximo aprovechamiento en las cuencas catalanas y un mínimo en la del Guadiana.

Los usos del agua subterránea pueden estudiarse en relación con la actividad fundamental de las provincias o autonomías, con las precipitaciones regionales con la importancia de las escorrentías superficiales. O dicho de otra forma, existen implicaciones y relaciones de tipo climatológico, económico y social, en el uso del agua subterránea.

CALIDAD DE LAS AGUAS SUBTERRANEAS. PRINCIPALES FOCOS CONTAMINANTES



Calidad de aguas

Hablar de calidad de aguas subterráneas a escala nacional es muy difícil teniendo en cuenta la variabilidad de los parámetros que controlan esa calidad. La composición de las aguas subterráneas están en relación con el tipo del acuífero.

Composición general de los acuíferos españoles

La mayoría de los acuíferos están desarrollados a expensas de rocas de composición carbonática, que aportan a las aguas iones bicarbonatados disueltos y por tanto tienen una composición bicarbonatada cálcica, o bicarbonatada cálcica-magnésica, con presencias puntuales de otros iones como el sodio, etc. Las otras grandes zonas con acuíferos, se dan en las cuencas geológicas detrítico-salinas, con rocas cuya génesis se corresponde con procesos de evaporación y sobresaturación de antiguos lagos, por eso se concentran en las aguas subterráneas elementos salinos, en concreto concentraciones de sulfatos, cloruros y nitratos naturales.

Tipos de facies de acuíferos

Teniendo en cuenta la distribución de los acuíferos, hay que entender la composición de las facies acuosas, que son fundamentalmente: la bicarbonática cálcica y cálcico-magnésica, normalmente potables salvo excepciones puntuales de contaminación natural o antrópica; la salina, en sentido estricto, característica de las cuencas fluviales del Duero, la occidental del Ebro y la oriental del Guadiana. En este caso, la composición suele sobrepasar los valores mínimos estandar para su uso; además el residuo sólido disuelto y otros parámetros físico-químicos impiden su potabilidad para el consumo humano o de regadío, etc.

En algunas cuencas existen facies salinas de composición sulfatada-cloruradas, que incrementan la concentración de iones Cl^- , SO_4^{2-} , etc. variando zonalmente la potabilidad de las aguas en los bordes y en el centro de la cuenca. Otras veces, las facies acuosas presentan mineralización escasa, cuando las aguas están asociadas a acuíferos desarrollados en rocas ígneas y metamórficas (caso de la cuenca del Tajo, Sur de la del Duero o en la cuenca Norte).

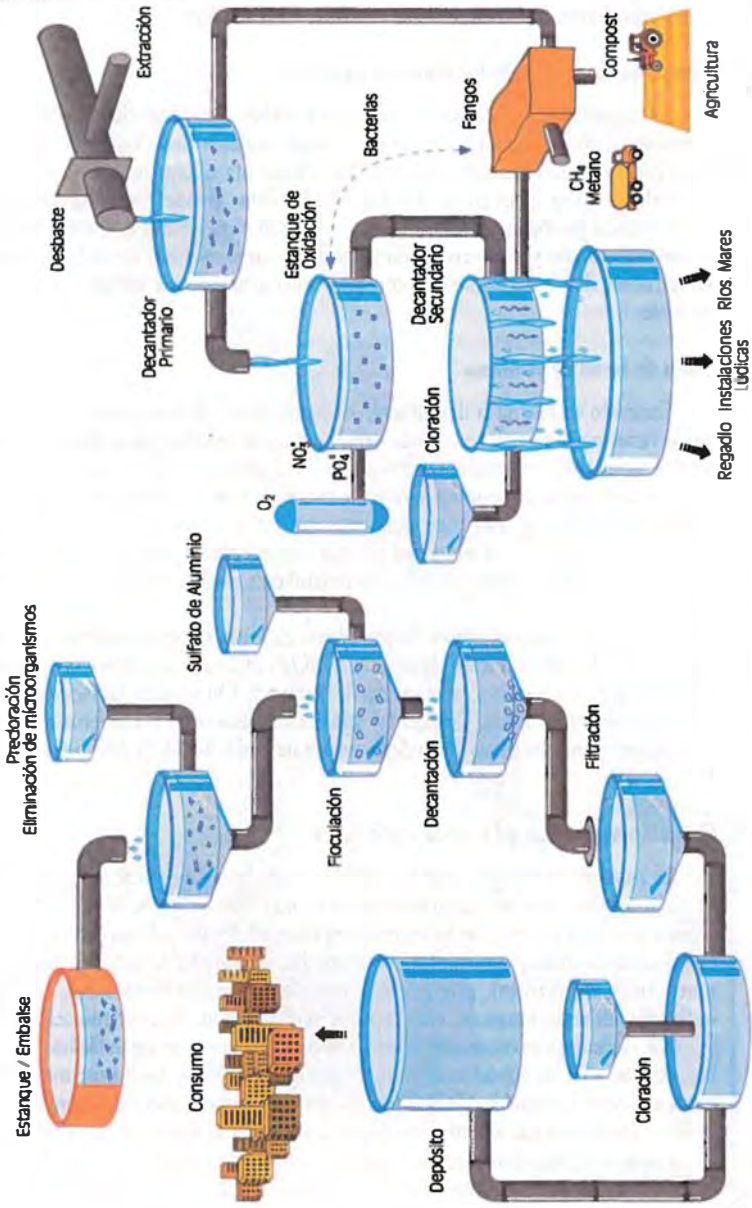
Contaminación puntual natural y antrópica

La contaminación que varía los parámetros de las aguas puede ser puntual, natural, y su composición variable, normalmente con iones tipo SO_4^{2-} , NO_3^- , Fe^{2+} , Mn^{2+} , Cl^- , este último muy relacionado con las intrusiones costeras. Y puntual con génesis antrópica, con composiciones iónicas similares a las apuntadas, asociadas a acciones de riegos con fertilizantes (nitratos, nitritos), plaguicidas y pesticidas. Los metales pesados, hidrocarburos e industrias aceiteras, vinateras, etc., completan el panorama de contaminación puntual.

Los pesticidas son extremadamente conflictivos, ya que se integran fácilmente en los ciclos bioquímicos y en los ecosistemas, en todos sus niveles tróficos. En ecosistemas marinos, afectan la actividad fotosintética de las algas, el desarrollo embrionario y el crecimiento de larvas y alevines. En ecosistemas terrestres debilitan la cosecha y autoinmunizan a los enemigos.

Los principales compuestos químicos usados como pesticidas, herbicidas, son el HCH (hexaclorociclo-hexano), Aldrín, Dieldrín, DDT y Heptacloro. Para la salud suponen riesgo cancerígeno, mutagénico, incrementan las enfermedades del aparato respiratorio y la transmisión neuronal.

POTABILIZACIÓN. TRATAMIENTOS DE AGUAS RESIDUALES



Concepto de potabilización

Las aguas residuales, urbanas o industriales en España se vierten sin tratamiento alguno en una proporción del 70% del total. La directiva 91/271 de la UE obliga al saneamiento del 100% del agua para el año 2005. Por eso se hace obligado su tratamiento. Se entiende por potabilización «los procesos físico-químicos que sufre el agua desde la captación, superficial o profunda, hasta la distribución para el consumo humano una vez ajustados sus parámetros físico-químicos a la normativa standard de calidad de agua».

Etapas de la potabilización

Desde la captación hasta el almacenaje, el agua se contamina por microorganismos, compuestos orgánicos e inorgánicos. Su uso requiere un tratamiento previo con varias fases. La primera, consiste en el trasvase del agua por usar, a un estanque donde sufre una primera cloración, con el fin de eliminar bacterias y microorganismos. Un segundo trasvase la lleva a otro depósito, donde se le añade sulfato de aluminio, que al unirse a la materia inorgánica, la hace flocular por gravedad al aumentar la densidad. Con esto se produce la decantación de la materia inorgánica. El agua resultante se filtra para la eliminación del residuo sólido. Limpia ya de impurezas, se pasa a un tanque para la cloración definitiva, que elimina los microorganismos resistentes de las fases anteriores. De ahí pasa a los tanques de almacenaje, ya potabilizada, desde donde es distribuida a la red.

Tratamiento de aguas residuales

El uso posterior del agua vuelve a cargarla de impurezas con distinta composición, según su procedencia. Son las aguas residuales. Su reutilización requiere un tratamiento para reducir: a) Los sólidos en suspensión, b) la DBO₅ (demanda biológica de oxígeno a los cinco días), c) la DQO (demanda química de oxígeno), d) ajustar los valores del pH, temperatura, conductividad, turbidez y los nutrientes nitrogenados, a los valores de calidad mínima, e) eliminar los fertilizantes, los detergentes, los metales pesados y los microorganismos.

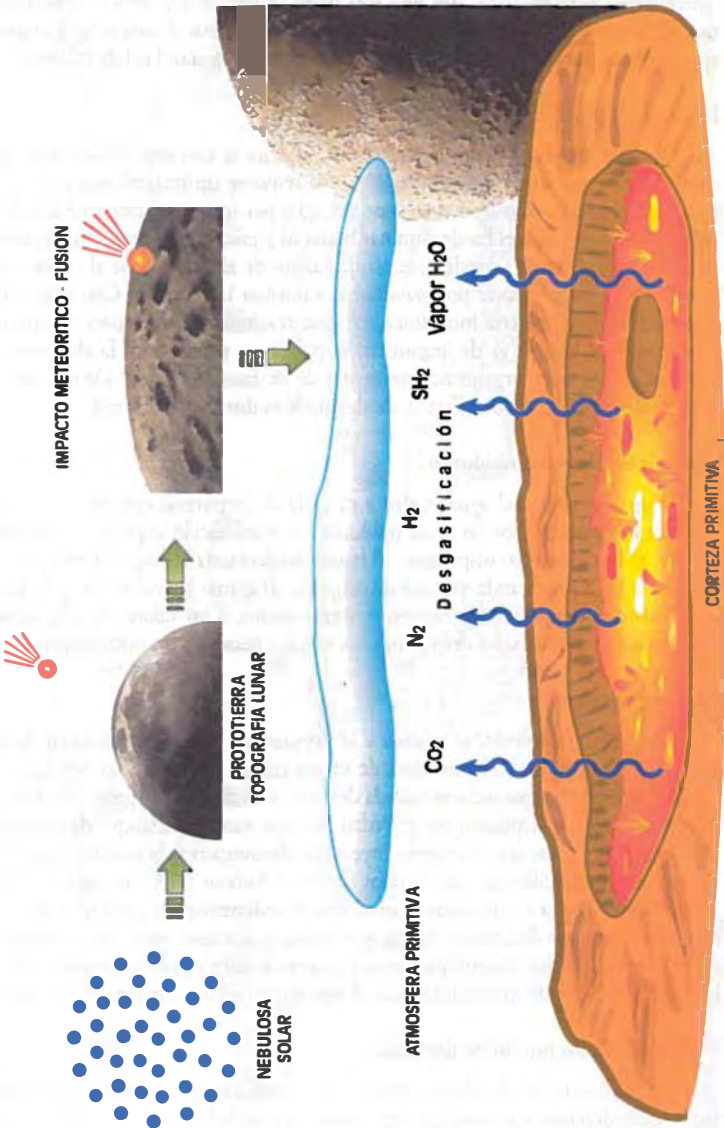
Fases del tratamiento

Desde el acantarillado, se traslada a la depuradora, donde por un filtro de malla muy gruesa, se eliminan los contaminantes de mayor calibre: los trapos, las botellas, etc. (operación de debaste). El agua sucia se traslada después, a un decantador primario, donde las partículas más gruesas se depositan por gravedad. De aquí van a un estanque de oxidación, donde las bacterias aeróbicas con el oxígeno inyectado, descomponen la materia orgánica presente, en compuestos sencillos de tipo nitratos (NO₃⁻) y fosfatos (PO₄⁻) inorgánicos. El siguiente trasvase lleva al agua a otro decantador, donde se sedimentan las partículas sólidas que quedan. El agua en este decantador se deja que rebose el estanque, para caer a otro donde se cloran para eliminar los microorganismos patógenos. Este agua, no potable para consumo humano, reúne la suficiente calidad para el regadío o el vertido directo a ríos o mar.

Utilización de los productos derivados

Los productos sólidos de los decantadores primarios y secundarios debidamente tratados, deshidratados y fermentados, producen por un lado biogás, utilizable como energía en la depuradora y por otro una excelente materia para abono en algunos casos, que se utilizan en un 55% en agricultura para prevenir la degradación de los suelos, restableciendo elementos químicos, materia orgánica y rebajando la utilización de fertilizantes.

ORIGEN Y COMPOSICION DE LA TIERRA



Génesis y características de la Tierra

Una vez constituida la Tierra como planeta individualizado; o protoplaneta, por un mecanismo de acreción generalizada de materia a expensas de la que existía en la nebulosa solar; sus características generales están más próximas a las de un cuerpo como la Luna actual que a las de una Tierra como la que conocemos hoy, con unas capas fluidas, la Atmósfera y la Hidrósfera como sistemas fundamentales diferenciados.

Tendría una morfología lunar, con una topografía profundamente craterizada por los impactos meteoríticos, sin Atmósfera ni océanos. Los choques producidos de esta manera, se hacían con cuerpos progresivamente mayores, del tamaño de grandes asteroides o planetoides, lo que ocasionaría la liberación de una energía tan tremenda que fundiría, por un lado, el área del impacto y, por otro, el cuerpo impactante por volatilización. La masa de éste se integraría en la de la futura Tierra. (Mecanismo de acreción.)

La generalización del proceso provocaría la fusión total del protoplaneta, a la que seguiría la diferenciación gravitatoria en capas, para determinar su estructura heterogénea y lo que es más importante, para la futura evolución del cuerpo y la desgasificación de sus componentes volátiles, que posteriormente formarían la Atmósfera y los primitivos océanos.

Composición de la atmósfera primitiva

Los gases liberados de los magmas primitivos (equivalentes a los que se desprenden en la actualidad en los volcanes activos), tendrían una composición mezcla de: Dióxido de carbono, así como el monóxido del mismo compuesto, nitrógeno molecular, hidrógeno, sulfídrico, monóxido de azufre, dióxido de azufre, fluorhídrico, vapor de agua, etc. Estos gases tratarían de escapar al espacio, aunque quedarían retenidos por la fuerza de atracción gravitatoria alrededor de la Tierra, de esta manera se formaría la Atmósfera primitiva.

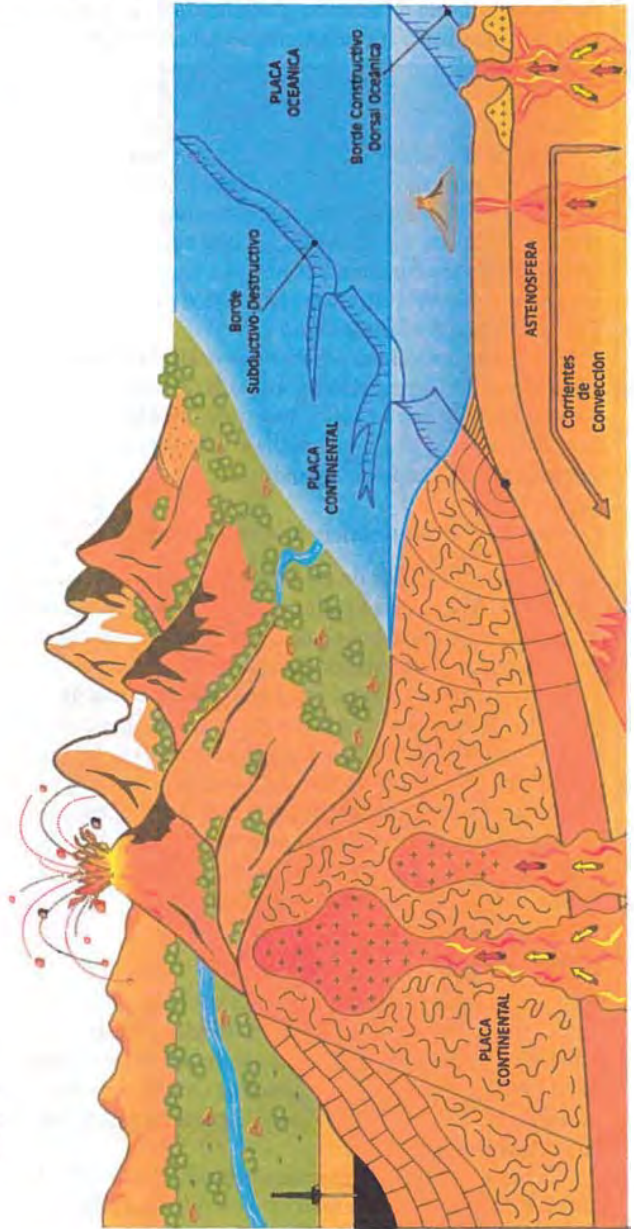
La disminución de la tasa de impacto, iría acompañada de un enfriamiento que permitiría la formación de una corteza primigenia y la condensación de algunos de los componentes de la atmósfera primitiva, concretamente el vapor de agua, que precipitaría en forma de lluvia, rellenando con el tiempo las cuencas deprimidas, formando los océanos primitivos.

Consecuencias ambientales

Con una composición atmosférica como la citada más arriba, es posible que se dieran las circunstancias ambientales ideales para la formación de determinadas moléculas orgánicas, por procesos absolutamente naturales. Éstas se irían concentrando en los océanos hasta conseguir con el paso del tiempo, la capacidad de autoduplicación, la individualización, primero procariótica y heterótrofa, y eucariótica y autótrofa después.

La formación de sistemas autorreproducibles, y en algunos casos con capacidad de sintetizar su propia materia y energía a partir de la materia inorgánica, contribuyó sobremedida a la modificación de la Atmósfera primitiva hacia composiciones más próximas a las actuales.

MODELO DE FUNCIONAMIENTO GLOBAL. TECTONICA DE PLACAS



Concepto de placa litosférica

Una placa litosférica, puede definirse tanto en la horizontal como en la vertical. En la horizontal se define como un trozo de litosfera limitado por un borde, representado en superficie por un cinturón lineal de focos sísmicos y volcánicos. El tamaño es variable, desde la gigantesca Placa Pacífica, hasta la menor del Caribe, Ibérica, u otras consideradas como microplacas.

En la vertical, la Litosfera está constituida por la corteza, oceánica y/o continental y por el manto superior rígido. Toda ella funciona como una unidad y responde a los esfuerzos tectónicos rompiéndose. El límite inferior está constituido por la Astenosfera, canal de baja velocidad de las ondas sísmicas, que tiene una rigidez mucho menor, comportándose frente a los esfuerzos tectónicos fluyendo. En la misma vertical, pueden definirse también placas oceánicas, placas mixtas, placas continentales, según esté constituida por Litosfera oceánica, Litosfera oceánica con continente o Litosfera continental.

Tipos de bordes

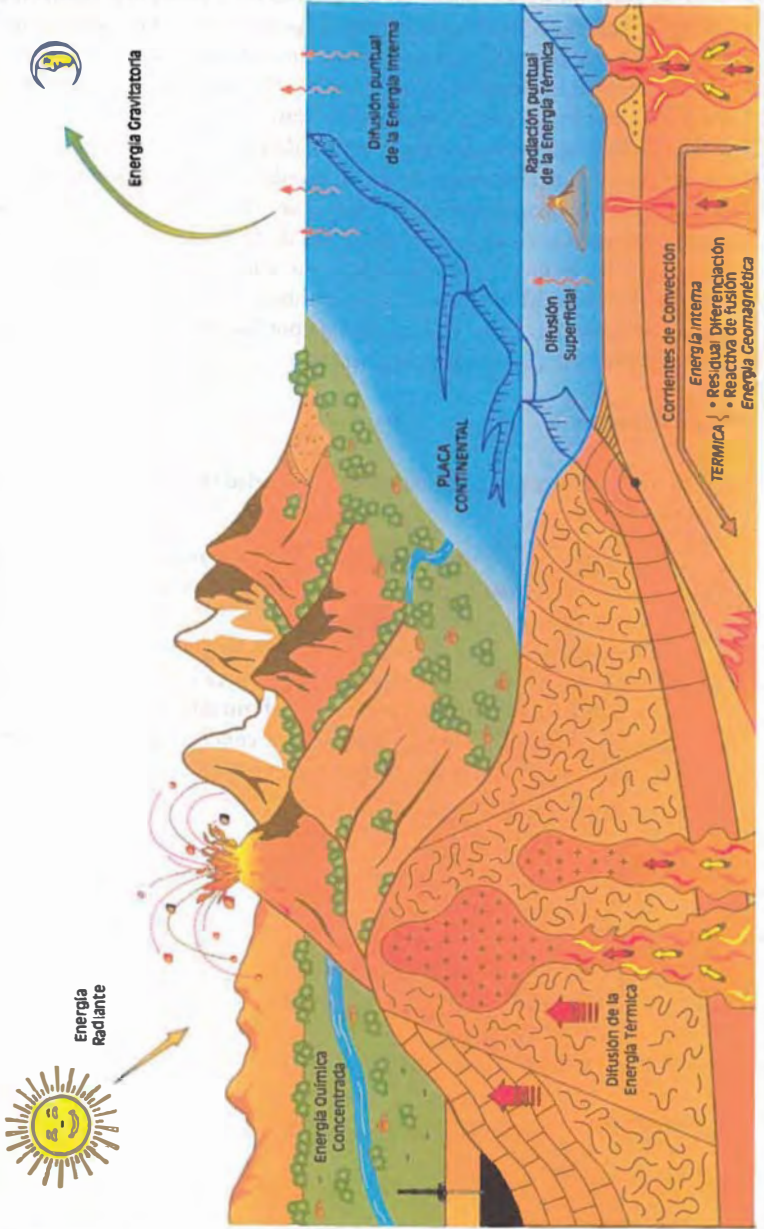
El borde de una placa, definido por la actividad sísmica y volcánica, puede ser de varios tipos:

Borde constructivo, situado en zona de Dorsal oceánica, con valle de Rift-Valley central, caracterizado por la salida de material magmático del interior, que se solidifica y construye Litosfera oceánica.

Borde destructivo, zona de subducción, área geográfica de confluencia de dos placas, donde una de ellas se sumerge bajo la otra para acabar fundiéndose.

Borde con falla de transformación o transformante, área de fractura que desplaza una dorsal en la horizontal y que pone en contacto dos placas con un movimiento antagónico de cizalla. No representado en el esquema.

ENERGIAS INTERVIENTENTES EN LOS PROCESOS GEOLOGICOS



Tipos de energías planetarias

Los procesos geológicos en la Tierra están controlados y producidos por varios tipos de energías. Algunos son los responsables de acontecimientos a macroescala muy importantes en la dinámica terrestre, pero que están más alejados aparentemente de lo que se podría llamar repercusión o influencia directa en el medio, paisaje e incluso en aspectos sociales. Mientras que otros son más inmediatos, más próximos a la actividad del hombre y su área de influencia.

Entre aquellas energías, hay que apuntar el magnetismo planetario, la energía magnética responsable del magnetismo de las rocas actual y pasado, sin más incidencia, o la atracción gravitatoria responsable de acontecimientos tan importantes como la propia forma de la Tierra, las mareas –agentes causales de muchos procesos–, etc., o la energía química almacenada y concentrada en la materia mineral de diferentes formas, al unirse los elementos para formar moléculas y macromoléculas y al revés cuando se descomponen en elementos sencillos.

La energía interna. Origen

En cualquier caso, y precisamente por su mayor proximidad, siempre se han considerado como responsables de los procesos geológicos en general, dos tipos de energías: la energía interna, relacionada genéticamente como parte del remanente fundido en los primeros estadios de la consolidación planetaria, después de la acreción, fusión y diferenciación del planeta; o la aportada por la desintegración de los elementos radioactivos de vida media larga (energía nuclear), que transforma la materia en materia y energía de acuerdo con $e=m.c^2$.

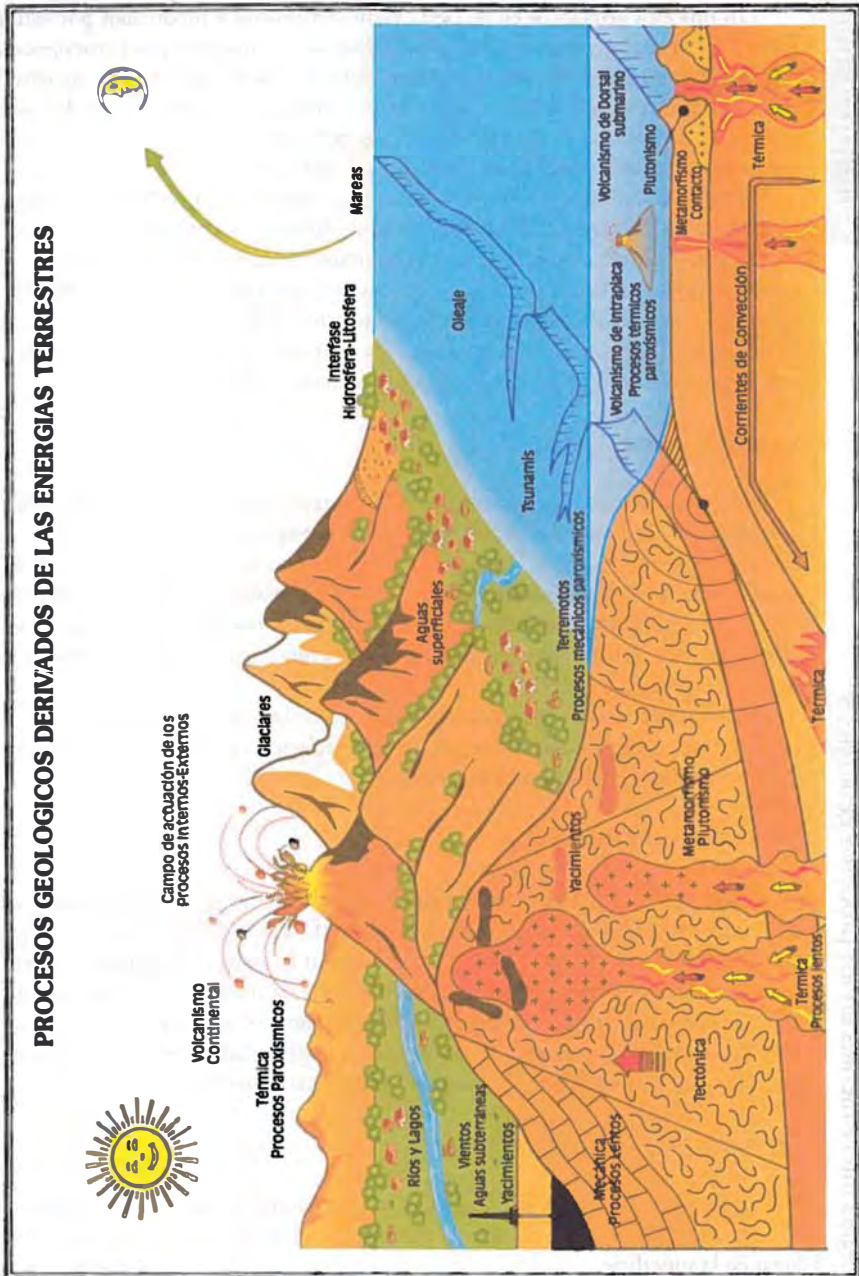
Esta energía interna se gasta en difundirse por la superficie del globo (volcanismo) o en corrientes convectivas, causantes y relacionadas con la mayoría de los acontecimientos de la dinámica planetaria.

La energía externa. Origen

La energía externa es la energía radiante solar (energía electromagnética), genéticamente ligada a los procesos nucleares de fusión en la estrella, que al llegar a la Tierra se transforma en otras energías al utilizar la materia del planeta. Así tendremos energía cinética, asociada al movimiento de una masa de aire (energía eólica), o del agua (energía hidráulica) y energía potencial, energía de posición susceptible de transformarse en cinética de actuar la gravedad y respecto a un plano de referencia. Y en calor sensible, capaz de transportar la materia.

Consecuencias

En términos generales, la energía interna determina la aparición de los procesos geológicos internos y la energía externa los procesos geológicos que tienen lugar en la superficie.



Procesos geológicos. Tipos

Si se consideran exclusivamente los dos grandes tipos de energías tradicionales (energías internas y externas), cada una lleva asociada o es responsable de diferentes procesos geológicos, clasificables a su vez en: procesos geológicos internos y procesos geológicos externos.

Procesos geológicos internos. Clases

Los procesos geológicos internos, producidos por la energía interna del planeta, pueden clasificarse en:

- **Procesos geológicos térmicos**, controlados por el factor de temperatura esencialmente y que causan procesos como el magmatismo (plutonismo, si no aparece el magma en superficie y volcanismo, cuando sí lo hace), o inducen los procesos metamórficos (metamorfismo de contacto, en rocas situadas alrededor de focos caloríficos o regional asociado a zonas o áreas geosinclinales).

- **Procesos geológicos mecánicos**, cuando son las fuerzas dirigidas o asimilables, las responsables de los mismos. Estos procesos son los culpables de la generación de terremotos (normalmente como consecuencia de la fracturación de las rocas), del plegamiento de las rocas para la generación de cordilleras, etc.

Es indudable que los procesos internos contribuyen a la formación del paisaje. En las grandes zonas orogénicas, las cordilleras, serían donde coexisten de forma antagónica los procesos externos e internos.

Procesos geológicos externos, tipo y efectos

Los procesos geológicos externos, son producidos por la energía externa procedente del sol. Esta energía cuando interacciona con la materia, ya sea el aire, el agua o la roca, determina la aparición de fenómenos diversos como los vientos, la lluvia, la meteorización, el transporte, etc., de manera que en las interfases entre la Atmósfera-Litosfera, la Hidrosfera y Litosfera, se desarrollan acciones geológicas de erosión, transporte y sedimentación que tienen por agentes a la acción eólica, a las aguas superficiales (de escorrentía, encauzadas de tipo torrente, río, lagos, etc.) o aguas subterráneas de infiltración, a las aguas marinas movidas por el oleaje, mares, corrientes marinas o a la acción del agua congelada de los glaciares.



*Bloque Temático 3: Relaciones
Ambientales entre el Hombre y la
Geosfera*

Unidad Didáctica 8: Los Recursos Naturales

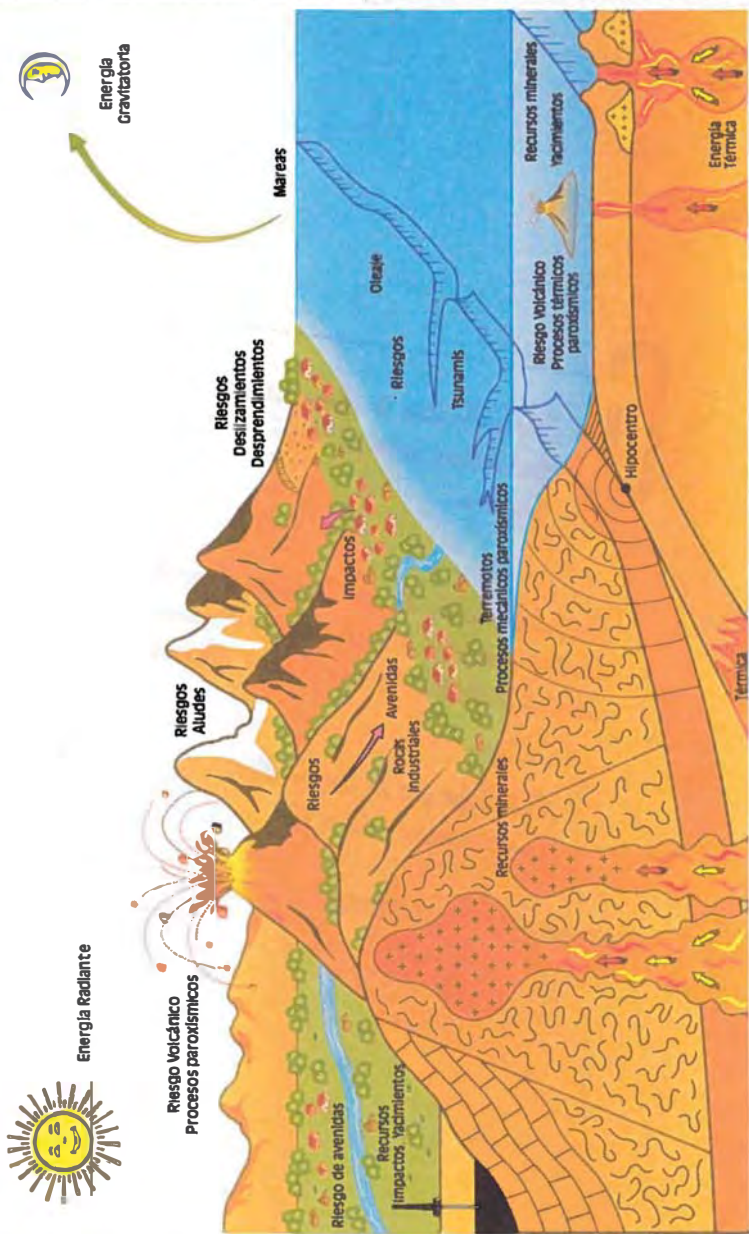
Unidad Didáctica 9: Los Impactos Ambientales

Unidad Didáctica 10: Los Riesgos Naturales

Materiales que la desarrollan:

Transparencias: 65 a 107

RELACIONES AMBIENTALES ENTRE EL HOMBRE Y LA GEOSFERA



Relaciones ambientales entre el hombre y la Geosfera

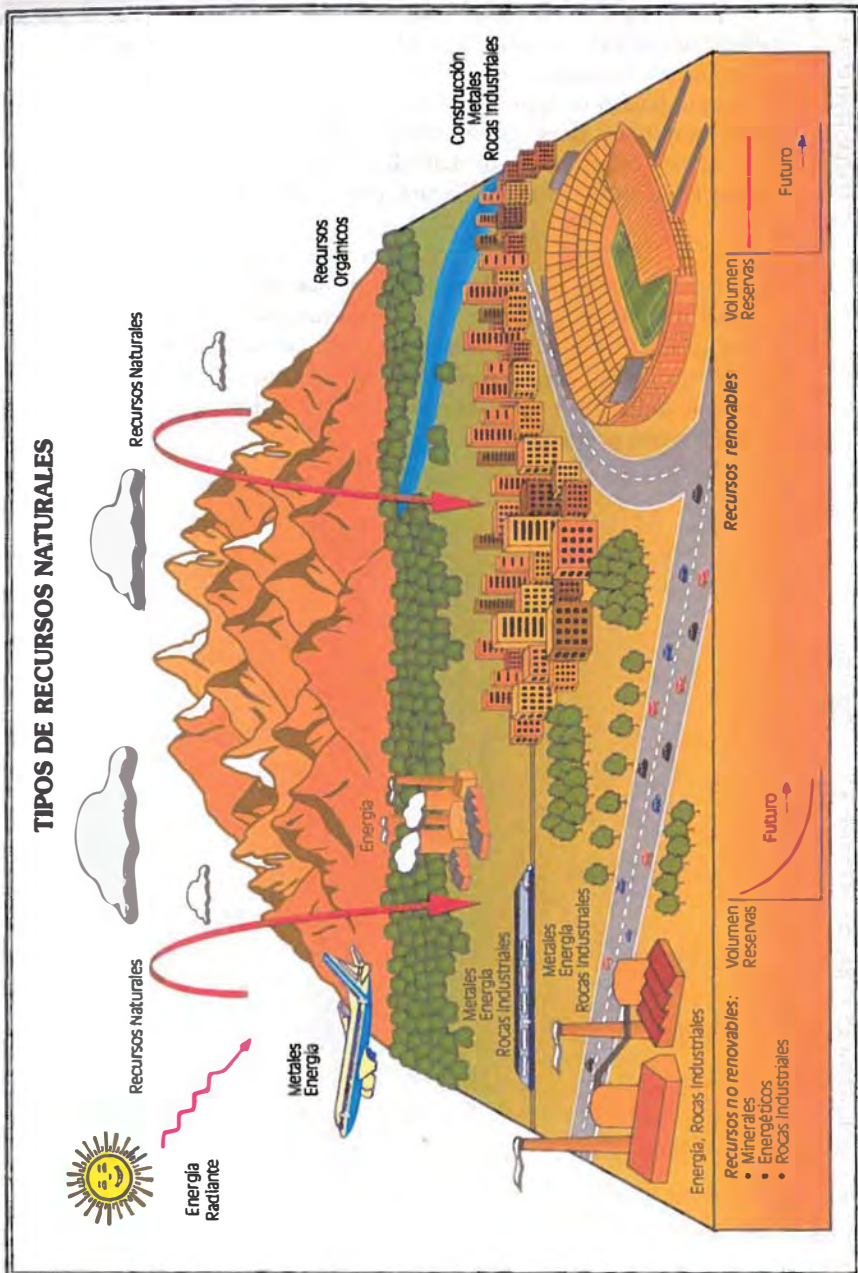
Desde el punto de vista individual, ambiental y sobre todo social, se pueden establecer una serie de relaciones ambientales entre el hombre y la Geosfera.

Las bases de relación se establecen en función de los siguientes aspectos:

- La posibilidad de aprovechamiento económico de la materia mineral de la Tierra con distintos fines, ya que aporta multitud de rocas y minerales sumamente interesantes, los **recursos naturales**: concentración sólida, líquida o gaseosa en el océano o en el continente, potencialmente utilizable económicamente.

- La incidencia catastrófica (o no) para bienes, personas o haciendas de los acontecimientos geológicos, es decir, los **riesgos naturales**.

- Los **impactos ambientales de origen antrópico**, que sobre la naturaleza ejerce el hombre, por la utilización irracional de los recursos de forma insostenible. Los impactos ambientales son de muchos tipos, de distinta naturaleza y diferente repercusión, casi siempre asociados con la extracción, el transporte o la manipulación de los bienes naturales.



Concepto de recurso

De un tiempo a esta parte, la necesidad de utilizar cada vez mayores recursos, entendidos como «cualquier materia prima –orgánica (madera, alimentos, etc.) producida por procesos asociados a la actividad de los seres vivos, o inorgánica, derivada de procesos geológicos externos o internos– capaz de suministrar al hombre un bien», han llegado a producir desequilibrios importantes en esa relación, traducidos en impactos ambientales.

Recursos no renovables y renovables

Los recursos, en función de su capacidad de regeneración dentro de unas coordenadas temporales asequibles a la vida humana, se clasifican en **recursos no renovables**, cuando su capacidad de regeneración es muy pequeña, al ser muy grandes los tiempos necesarios para su formación y **recursos renovables**, cuando su capacidad de regeneración es muy grande en relación a su tiempo de formación más corto.

El uso de recursos naturales ha producido desequilibrios muy importantes traducidos como impactos ambientales, agotamiento de reservas, etc. Por eso, el uso de los recursos debe ir encaminado hacia el aprovechamiento integral de los mismos, en el sentido que además de la aplicación inmediata se tenga en cuenta la previsión de uso futuro de los subproductos derivados. Para ello se está desarrollando una nueva tecnología apoyada incluso con biotecnología derivada de la ingeniería genética, que permite reutilizar escombreras, transformar estériles y gangas pesadas en menas, reaprovechar estériles para áridos, cenizas derivadas del uso en centrales térmicas de carbón, como aglomerante en cementos, reobtención de alumina, o la obtención de yeso a partir del tratamiento por desulfuración de los compuestos sulfurados emitidos en centrales térmicas (transparencia 73) con cal.

Tipos de recursos no renovables

Dentro de los recursos no renovables hay que considerar los recursos geológicos materiales: a) Yacimientos metálicos; b) Rocas industriales; c) Combustibles fósiles; d) Combustibles nucleares. Los dos primeros, para satisfacer campos como la construcción, ornamentación, estrategia, transporte, infraestructuras, etc.; el tercero y cuarto, para satisfacer las necesidades energéticas en su más amplia acepción.

Concepto de reserva

Tradicionalmente, el desarrollo de la humanidad se ha basado en los recursos no renovables, que presentan mejores propiedades para su uso. Sin embargo, el descenso de las reservas, entendiendo como reservas «los volúmenes de cualquier recurso aún por explotar», hace volver la vista a otras fuentes de recursos, los recursos renovables.

Tipos de recursos renovables

Los recursos renovables, con reservas ilimitadas, al menos a escala humana, son derivados de los procesos geológicos internos, como la energía interna terrestre (caso de las energías geotérmicas), o de los procesos externos ligados a la energía solar (caso de la energía hidráulica, mareomotriz, eólica o solar en sus distintas formas).

RECURSOS ENERGÉTICOS: GENESIS Y EXPLOTACION DEL CARBON

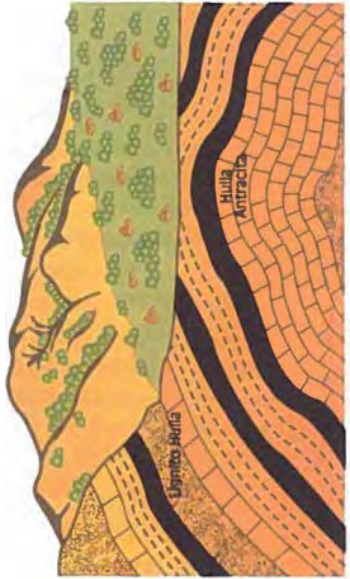
Acumulación de materia orgánica



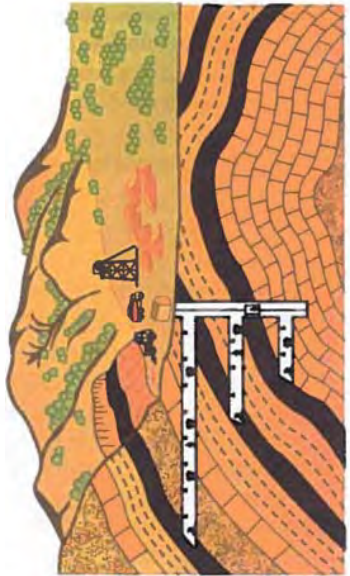
Formación de ciclomas



Tectónica



Explotación



Génesis del carbón. Causas del proceso

En la formación del combustible fósil de tipo carbón, interviene como materia prima previa y necesaria la biomasa vegetal, que debe morir y acumularse en las cuencas de sedimentación de tipo: límnic (lagos), o parálicas (áreas continentales íntimamente relacionadas con el mar).

Normalmente la muerte de los vegetales se produce por la inundación de las grandes extensiones boscosas, bien al producirse una transgresión o bien al hundirse por subsidencia el subsuelo, en una zona susceptible de hacerlo. Una vez muertos y acumulados, los restos orgánicos vegetales, sufren un enterramiento junto con los sedimentos inorgánicos que llegan a la cuenca. En estas condiciones, las bacterias anaeróbicas inician un proceso de transformación de la biomasa vegetal, rica en polisacáridos tipo celulosa y lignina, enriqueciéndose progresivamente en carbono, según la reacción:



Diagénesis del carbón

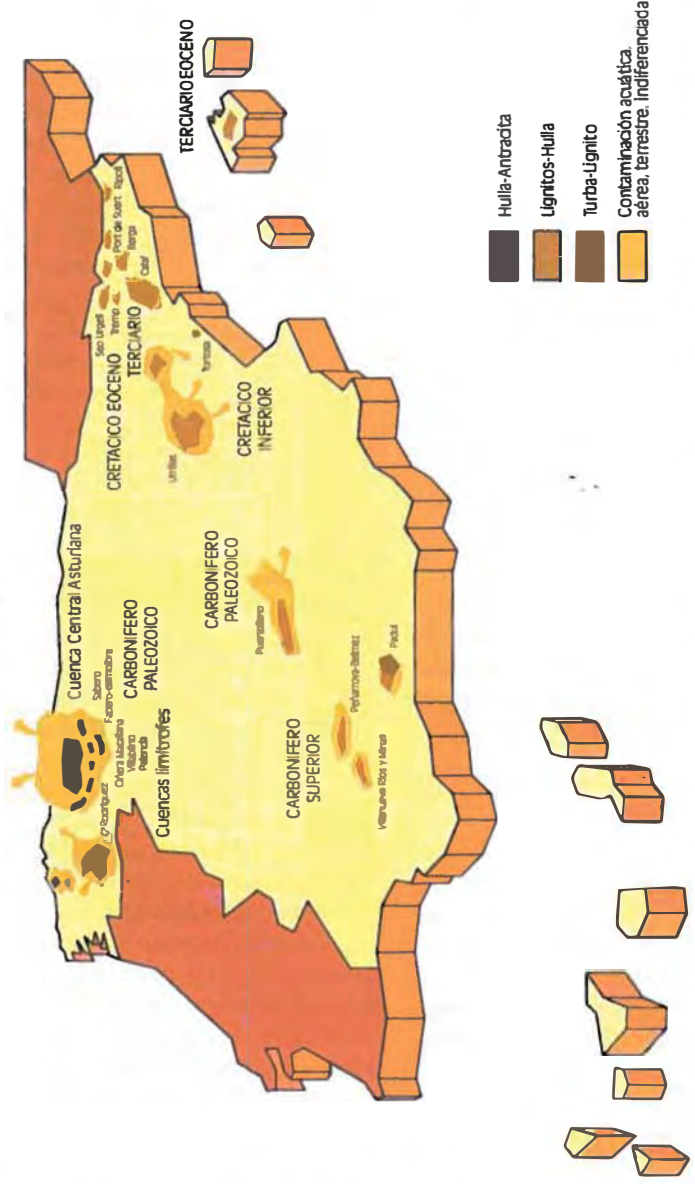
Los procesos de litificación incluidos dentro de la diagénesis que sufren los sedimentos para transformarse en rocas, donde está incluida la capa carbonosa, producen una maduración progresiva que compacta esta última, elimina los volátiles al disminuir la porosidad y aumenta la carbonización progresivamente, hasta alcanzar los términos más altos de la serie de los carbones: Turba, lignito, hulla y antracita.

Detección y explotación del carbón

La detección de las capas carbonosas se hace utilizando las técnicas de prospección geológicas habituales, estudios geológicos de superficie, geofísica u otras técnicas, que determine con precisión los mejores métodos de explotación posterior.

Estos son de dos tipos: la explotación a cielo abierto y en mina. Las previsiones futuras de uso de la energía química ligada a los carbones, apuntan a que, con reservas muy altas, aún permitirían su utilización durante centenares de años, aunque tiene el inconveniente de la dificultad de extracción progresiva, al encontrarse cada vez en lugares más profundos y los graves problemas ambientales de su utilización. Desde el punto de vista predictivo, en el futuro parece que habrá que obtener energía del carbón en procesos de licuefacción del mismo y en gasificaciones, proyectos ambos en fases experimentales, no rentables hoy, pero con futuro prometedor.

DISTRIBUCION ESPACIAL DEL CARBON. ESPACIOS CONTAMINADOS POR SU EXPLOTACION Y USO



Distribución geográfica del carbón en la Península Ibérica

Varias son las zonas de la Península Ibérica donde existen yacimientos de carbón. Desde el punto de vista económico, la más importante es la cuenca carbonífera Central Asturiana y las denominadas cuencas limítrofes.

Geológicamente, se trata de cuencas parálicas, de edad paleozoica superior-carbonífero, donde se formaron los carbones químicamente más maduros y evolucionados de la serie carbonosa, como son la hulla y la antracita.

De la misma edad (Paleozoico Superior-Carbonífero) y generado, en este caso en cuencas límnicas, son las cuencas carboníferas de Puertollano en Ciudad Real, y de la banda Peñaroya-Belmez, Villanueva de Ríos y Minas.

La cuenca carbonífera de Teruel, Utrillas, Mequinenza y Andorra, es más joven geológicamente, de edad Mesozoica-Cretácica inferior. Son carbones con menor índice de carbonización, de los tipos lignito-hulla, formados en cuencas parálicas mesozoicas.

De edad Cretácica-Cenozoica inferior (Eoceno) son los carbones de las cuencas norte de Cataluña, los carbones son lignitos escasamente rentables.

Más modernas son las cuencas gallegas de As Pontes en términos globales, o las de Padul en Granada. Aquéllas presentan carbones de tipo lignitos, estos últimos son turberas en fase de desarrollo.

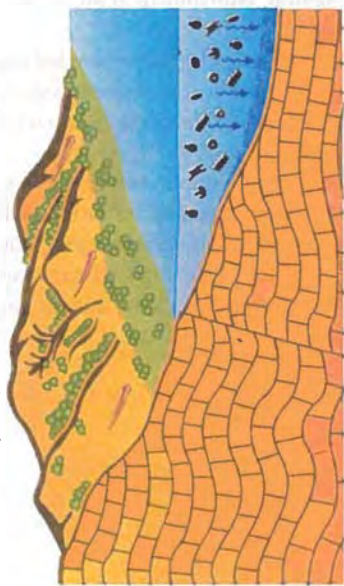
Desde el punto de vista ambiental y en términos generales, las cuencas carboníferas presentan problemas ambientales asociados a su explotación y tratamiento, tanto mayor cuanto más importante es la cuenca. Así, la Cuenca Central Asturiana y las Cuencas limítrofes, las más conflictivas, contaminan el medio acuático (ríos, lagos) y el terrestre.

Del resto de las cuencas, la de Teruel y las gallegas, merece destacar la contaminación aérea asociada al uso, sobre todo en las centrales térmicas de Andorra, As Pontes y Meirama, además de la contaminación debida a la extracción y tratamiento.

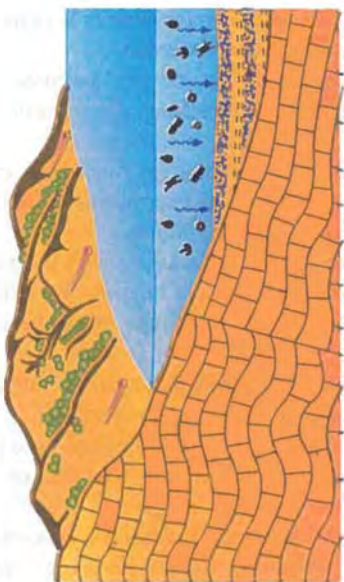
Esto es debido a que las concentraciones de impurezas de azufre y nitrógeno que presentan los carbones españoles es superior a las de los carbones de importación. Su uso en centrales y otras actividades generan derivados oxidados de azufre, sulfuroso (SO_2 , SO) o de nitrógeno (NO_x), contaminantes primarios que reaccionan con el vapor de agua de la Atmósfera, para dar ácidos sulfúricos y nítrico, que contaminan mediante lluvia ácida los alrededores.

RECURSOS ENERGETICOS: GENESIS Y EXPLOTACION DEL PETROLEO

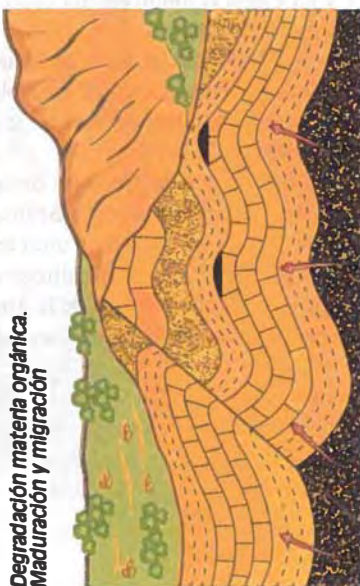
Muerte del fito y zooplacton. Sedimentación



Enterramiento de restos orgánicos



Degradación materia orgánica.
Maduración y migración



Explotación



Recursos energéticos. Génesis y explotación del petróleo

En la génesis del petróleo, al igual que en la del carbón y después de las controversias iniciales sobre la misma, intervienen los seres vivos. El petróleo se forma fundamentalmente a expensas de seres vivos marinos de tipo microscópico componentes del fitoplancton y del zooplancton, aunque quizá deban cuantificarse también, aportes de materia orgánica llevados hasta la cuenca de sedimentación por los ríos.

La muerte del fito y zooplancton fue ocasionada por causas **catástroficas** naturales en el pasado lejano, que variaron los parámetros físico-químicos y ambientales de los océanos donde vivían, produciendo la acumulación de los restos de estos organismos por sedimentación en la plataforma continental donde habitaban.

A la vez, al medio le llegaban sedimentos que van depositándose junto con los restos de materia orgánica y ésta acababa por enterrarse entre los sedimentos. Inmediatamente, y gracias a la actuación de las bacterias anaeróbicas, se inicia un proceso de degradación de la materia orgánica, enriqueciéndose en carbono e hidrógeno y eliminando oxígeno. En estos primeros momentos, se forman ya algunos hidrocarburos gaseosos sencillos de tipo metano (CH_4).

Las primeras fases de transformación de la materia orgánica en hidrocarburos, terminan con la formación de hidrocarburos sólidos, que impregnan las rocas que se han ido formando, por los procesos de **diagénesis** habituales, a la vez que aquéllos.

Los factores físicos del interior, los termodinámicos de presión y temperatura elevada, maduran el proceso diagenético formándose los hidrocarburos líquidos (sólo entre una gama precisa de temperatura), y si ésta supera determinados límites, se produce el **cracking** de las largas cadenas de hidrocarburos para formar los hidrocarburos gaseosos (gas natural).

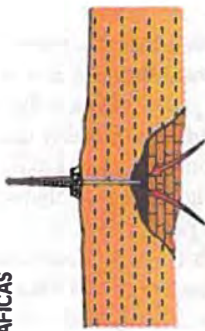
El hidrocarburo así formado, e independiente de su estado, sólido, líquido o gaseoso, ocupa la porosidad de la roca madre, «**roca formada a la vez que los hidrocarburos y que los contiene**» en gotas aisladas y dispersas en su interior.

Después, y dado que la densidad de los hidrocarburos es menor que las de las rocas que les rodean, inician un proceso de migración hacia niveles más superficiales. Si en este trayecto encuentran una roca porosa (normalmente arenisca), sellada entre capas impermeables, se acumula formando los yacimientos.

A la roca donde se acumula el petróleo después de su formación, se la llama «**roca almacén**». Genéticamente no tiene nada que ver con la roca madre. La estructura que impide la salida de los hidrocarburos a la superficie, donde se oxidaría (y perdería su interés), se la llama «**trampa petrolífera**».

YACIMIENTOS SEDIMENTARIOS CON INTERES ECONOMICO. TRAMPAS DE PETROLEO

TRAMPAS ESTRATIGRAFICAS



Roca Impermeable



PALEORRELIEVE



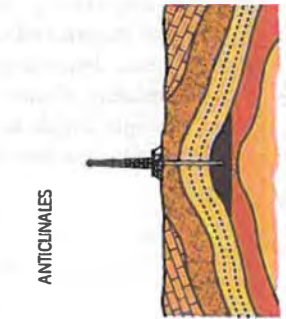
ACUMINADO
CAMBIO DE FACIES

Roca Impermeable

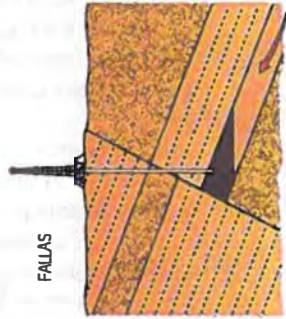


DOLOMITIZACION

TRAMPAS ESTRUCTURALES



ANTICINALES



FALLAS



DOMOS SALINAS

Yacimientos sedimentarios con interés económico. Trampas de petróleo

Los yacimientos de rocas con interés económico más importantes en la actualidad son los de los hidrocarburos, al constituir el recurso energético principal de la sociedad.

La materia orgánica, después de sufrir un proceso de diagénesis complejo con los sedimentos que la contiene, la roca madre, la transforma en hidrocarburos de distintos tipos. Después es necesario un proceso de migración que lo lleve hasta un lugar apropiado, las trampas, donde se acumule en cantidades que permitan su extracción.

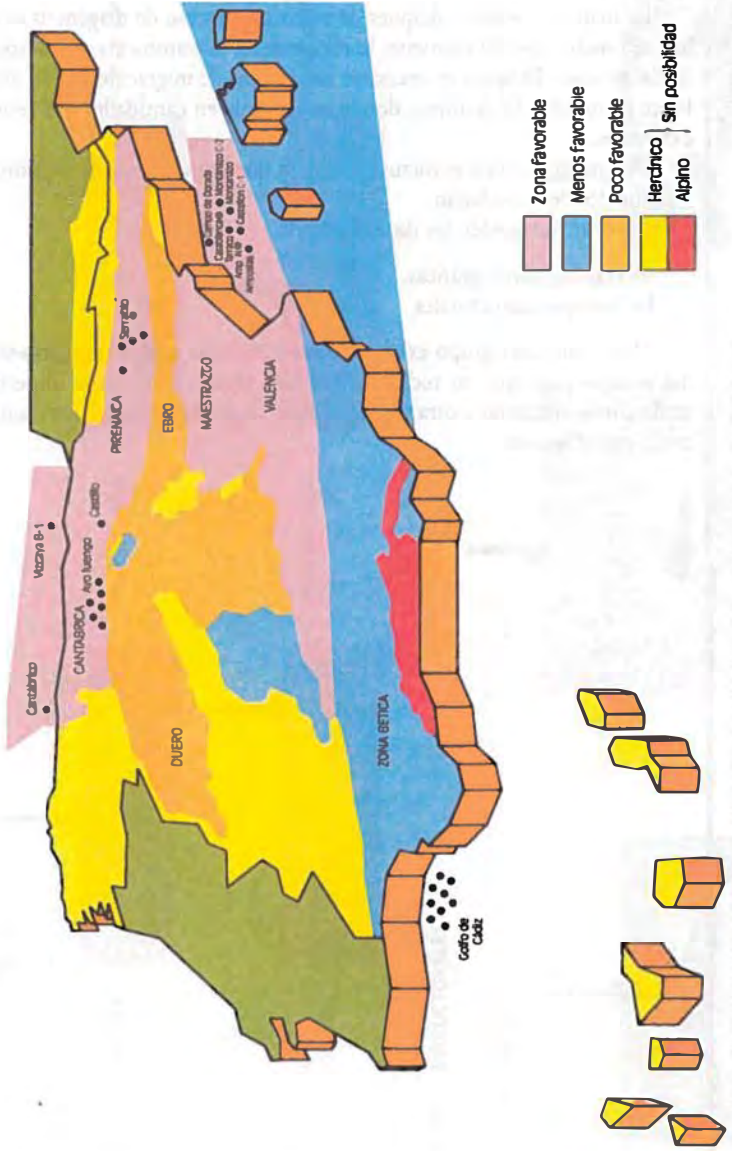
Una trampa es una estructura geológica que impide la salida de hidrocarburos al exterior, donde se oxidarían.

Las trampas pueden ser de varios tipos:

- a) Trampas estratigráficas.
- b) Trampas estructurales.

Dentro de cada grupo existen diversos procesos que favorecen la acumulación del petróleo, aunque en todos los casos se requiere una capa impermeable que actúe como obstáculo y otra porosa, donde se pueda acumular un fluido. Es la llamada roca almacén.

DISTRIBUCION DE LAS ZONAS GEOLOGICAS SUSCEPTIBLES DE CONTENER HIDROCARBUROS



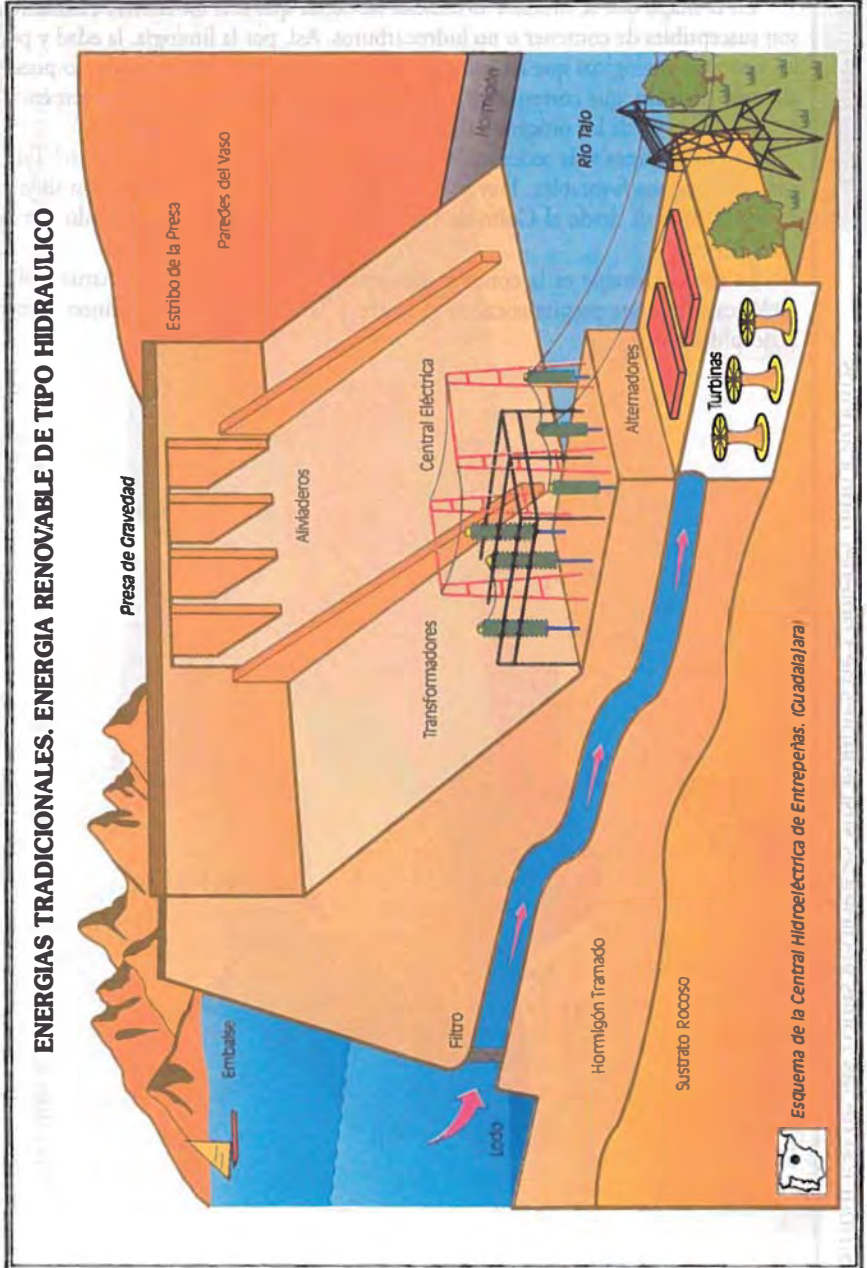
Distribución de las zonas susceptibles de contener hidrocarburos en España

En el mapa que se muestra se indican las zonas que con un criterio cualitativo son susceptibles de contener o no hidrocarburos. Así, por la litología, la edad y por los procesos geológicos que ha sufrido hay una amplia zona del país que no puede albergar petróleo, que corresponde con el núcleo más antiguo o Macizo Hespérico, así como los ejes de los orógenos alpinos.

Las depresiones más recientes, cuenca del Duero, Ebro y parte de la del Tajo, son áreas menos favorables. Hay una zona también clasificable como área menos favorable, que va desde el Golfo de Cádiz hasta las Islas Baleares, pasando por la zona Bética.

La zona favorable es la comprendida entre el litoral Cantábrico-Astur-Golfo de Vizcaya, la zona prepirenaica, en el Norte, y la del litoral Mediterráneo, frente al delta del Ebro.





Características

La energía hidráulica es una de las energías utilizadas de forma tradicional por el hombre, con la caracterización de ser, además de una de las energías limpias sin graves repercusiones ambientales, salvo las estructurales derivadas de la construcción del embalse, el de ser renovable, ajustada únicamente a las variaciones del ciclo hidrológico (ver transparencia 39). Representa valores de utilización del orden de 7% del total de la energía producida y de un 20% del de la energía eléctrica.

Desde el punto de vista tecnológico, para la obtención de la energía hidroeléctrica se requiere la construcción de un embalse capaz de represar un río en una zona geológicamente apropiada. El agua allí retenida tiene una energía potencial en relación con el campo gravitatorio, debido a la masa, a la gravedad y a la altura. Del tamaño de la presa, de la superficie anegada y del volumen resultante entre otros factores es donde deriva su problemática ambiental.

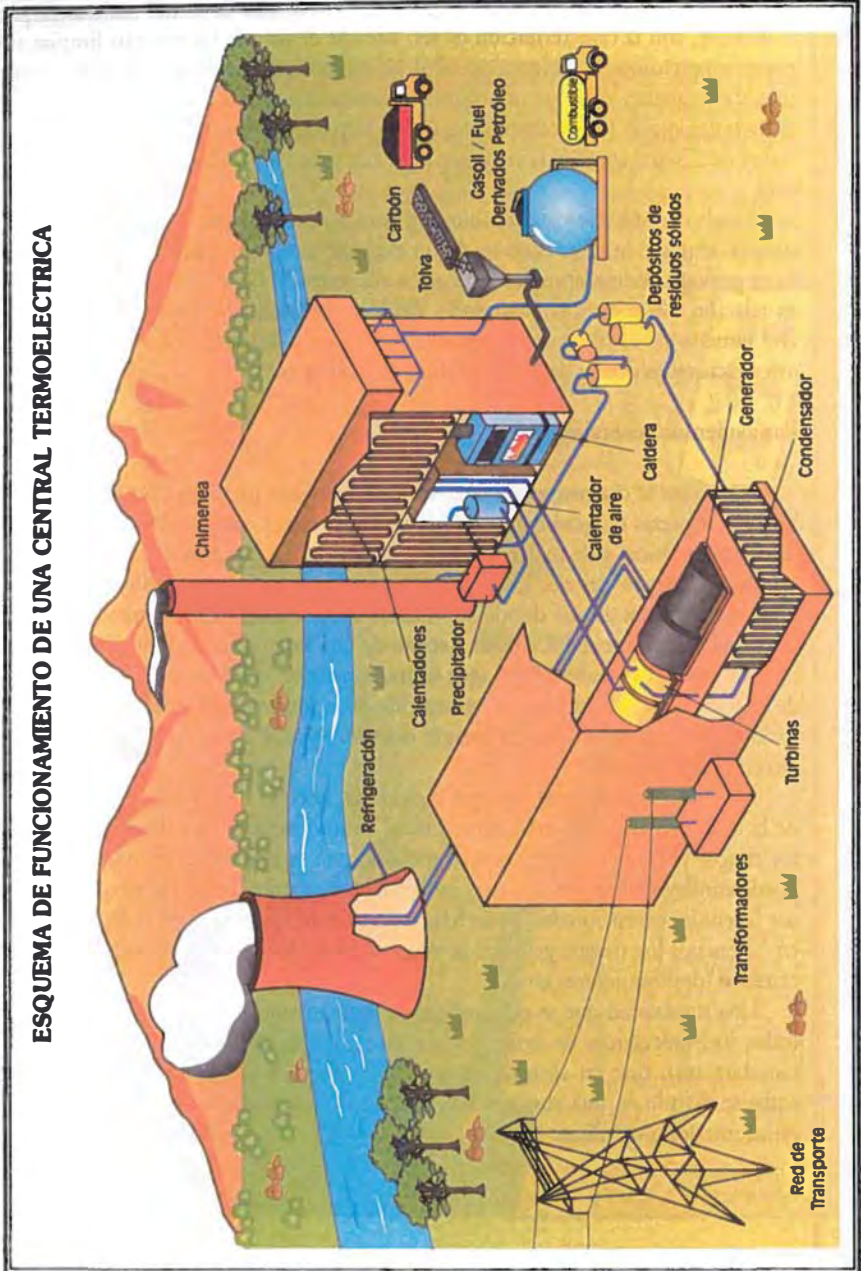
Fundamentos generales

Las presas se construyen de acuerdo con diferentes tipologías, las más habituales son las presas de gravedad y las presas de bóveda, y tienen además variaciones de diseño estéticas y de materiales de construcción. La presa cierra un tramo especialmente angosto del río. Además de la obra de ingeniería civil, llevan adosadas unas instalaciones anejas donde se instalan las turbinas, que son movidas por el agua de la presa que se hace pasar a través de una tubería en un flujo continuo. La energía mecánica potencial del agua se transforma en el salto en energía mecánica de tipo energía cinética, que es transmitida de la turbina a los generadores y alternadores para transformarla en energía eléctrica, que se acumula y/o se distribuye directamente a la red.

En el plano ambiental hay que considerar, además de los impactos derivados de la transformación de un sistema fluvial en uno lacustre (ver transparencia 47), los riesgos personales; de hacienda; sociales; que la hipotética rotura de la presa puede conllevar por otras acciones que en ella concurren, como los riesgos climáticos (avenidas excepcionales, gotas frías, etc..., como fue el caso de la presa de Tous en Valencia); los riesgos geológicos internos (terremotos); los procesos geológicos externos (deslizamientos, etc.).

Una modalidad que se está utilizando últimamente es la construcción de centrales hidroeléctricas de bombeo (un ejemplo válido sería la de Bolarque en Guadalajara), que en síntesis aprovecha la energía mecánica del agua de un embalse situado en una cota elevada, en tránsito gravitatorio a otro inferior. O las minicentrales hidráulicas.

ESQUEMA DE FUNCIONAMIENTO DE UNA CENTRAL TERMoeLECTRICA



Funcionamiento de una central termoeléctrica

El funcionamiento de una central termoeléctrica consta de varios sistemas técnicos. El primero de ellos, el combustible de la central, sirve para clasificarlas en **centrales termoeléctricas de carbón** y **centrales termoeléctricas de gasóleo**, **fuel** u otros fluidos. El segundo sistema lo constituyen las calderas, los calentadores y sobrecalentadores, en los que el combustible se quema. Con la energía calorífica liberada se calienta y sobrecalienta un fluido, el agua, hasta su vaporización.

El vapor de agua presurizado se hace pasar a través de la turbina y los aparatos mecánicos y eléctricos, para transformar la energía calorífica en mecánica y posteriormente en eléctrica hasta su distribución a la red. Además de los fluidos, son necesarios sistemas de condensación y de refrigeración, por lo que la ubicación de las centrales debe hacerse en las proximidades de ríos, mares, etc.

Problemática ambiental

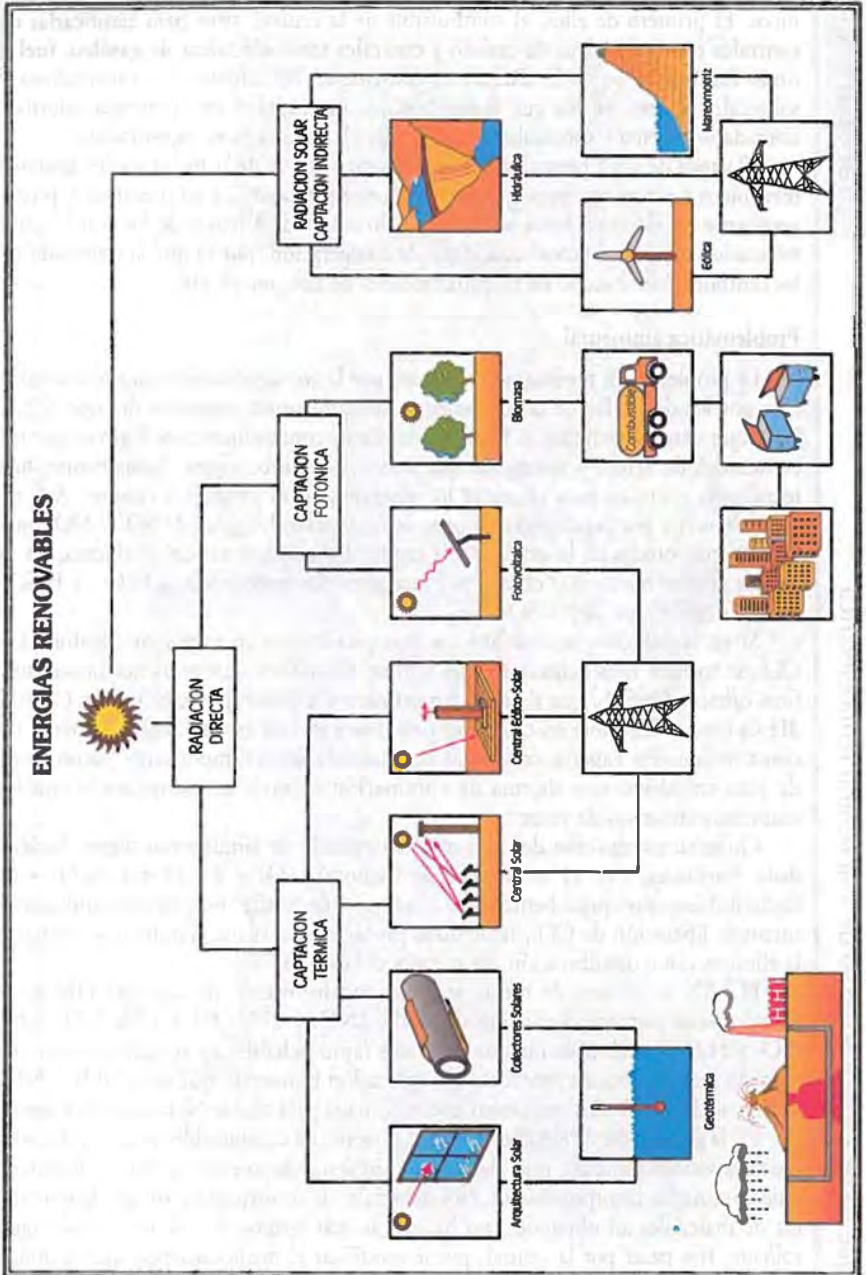
La problemática medioambiental pasa por la contaminación atmosférica inducida por los derivados de la combustión, contaminantes primarios del tipo SO_2 y NO_x que después generan la lluvia ácida. Estos contaminantes se forman por los contenidos de azufre y nitrógeno que tienen los combustibles. Actualmente, hay tecnología química para eliminar los contaminantes primarios citados. Así, en lugar de verter por las chimeneas, cada vez más altas, los gases de SO_2 y NO_x , que únicamente producen la exportación regional y continental del problema, en el primer caso se hace pasar el SO_2 por una solución acuosa: $\text{SO}_2 + \text{H}_2\text{O} \Rightarrow \text{H}_2\text{SO}_3 \Leftrightarrow \text{H}^+ + \text{HSO}_3^- \Leftrightarrow 2\text{H}^+ + \text{SO}_3^{2-}$

Si en la solución acuosa hay un precipitado con composición alcalina, CaCO_3 , se forman sales neutras de tipo sulfitos y bisulfitos. Las primeras forman sulfitos cálcicos CaSO_3 , que si se oxidan primero e hidratan después forman $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ (yeso), utilizable en cualquier país deficitario en esta sal, como material de construcción. En España, con varias cuencas salinas con importantes yacimientos de yeso-anhidrita, este sistema de eliminación entraría en competencia con las empresas extractivas de yesos.

Quizá una reducción del SO_2 sea otro método de eliminación futuro haciéndole reaccionar con el monóxido de carbono, $\text{SO}_2 + 2\text{CO} \Leftrightarrow 2\text{CO}_2 + \text{S}$. Indiscutiblemente quizá beneficie la obtención de azufre, no obstante ambientalmente la liberación de CO_2 , tiene otros problemas ya vistos. También se recurre a la eliminación o desulfuración, en su caso, del carbón.

El NO_x se elimina de forma análoga, con formación de sales del HNO_3 , al hacerlo pasar por una disolución de alcalis $2\text{NO}_2 + 2\text{NaOH} \Leftrightarrow \text{NaNO}_3 + \text{NaNO}_2 + \text{H}_2\text{O}$, formándose nitritos y nitratos (aprovechables en agricultura) y en un método más inocuo, de momento sin aplicación industrial, que sería $\text{NO}_x + \text{NH}_3 \Leftrightarrow \text{N}_2 + \text{H}_2\text{O}$, hacerlos reaccionar con amoníaco para tomar N_2 molecular y agua.

En la generación de electricidad, tras la quema de combustibles fósiles, se forman residuos sólidos (cenizas), que plantean el problema de su eliminación. Se ha intentado eliminarlos incorporándolos a los materiales de construcción, aunque la resistencia de materiales así obtenidos, no ha sido la más óptima. La eliminación de agua caliente, tras pasar por la central, puede modificar el medio acuático que se utilice como refrigerante.



Energías renovables

El desarrollo de la Humanidad ha estado condicionado a la utilización de los recursos naturales y entre ellos la energía necesaria para hacer funcionar su estructura social. El aprovechamiento de la energía solar ha sido una constante en el tiempo. Ahora, y después de la crisis económica de los años 70, donde quebró el sistema económico basado en la utilización de los combustibles fósiles (petróleo, carbón, etc.) y siendo conscientes de la incidencia que estos combustibles tienen sobre el medio ambiente, se ha vuelto a pensar, en la utilización de la energía solar, en la sustitución de los combustibles tradicionales.

Se entiende por energías o recursos renovables «aquellos recursos que a escala temporal humana constituyen una fuente inagotable». Todos ellos tienen de alguna manera en la energía solar y en sus transformaciones el origen fundamental, a excepción de:

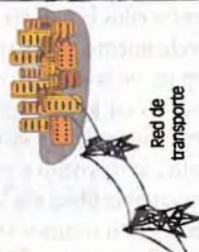
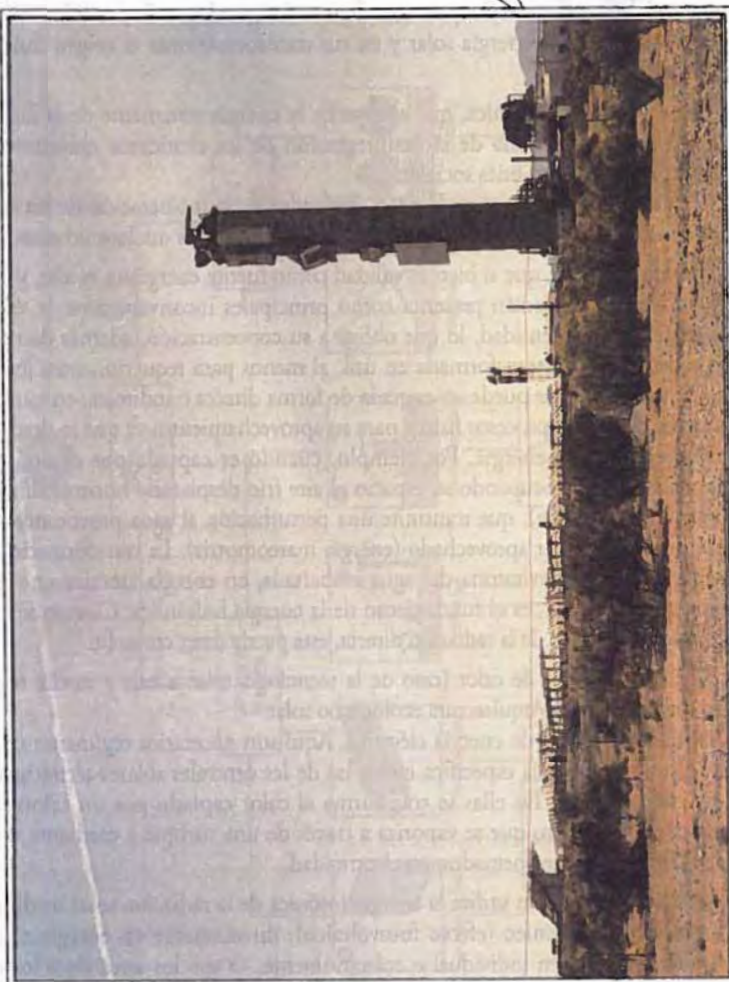
- La energía geotérmica, que aprovecha la energía remanente de la formación del planeta o la derivada de la desintegración de los elementos radiactivos, para calentar acuíferos con fines sociales.
- Los «combustibles tecnológicos» derivados de la incineración de los residuos sólidos urbanos generados en ingentes proporciones en los núcleos urbanos.

La energía solar, que si bien su calidad como fuente energética es alta, y además inagotable, su utilización presenta como principales inconvenientes: la variación estacional de su intensidad, lo que obliga a su concentración, además de necesitar alta tecnología para transformarla en útil, al menos para requerimientos industriales. La radiación solar puede ser captada de forma directa o indirecta, en este caso se necesitan diferentes procesos físicos para su aprovechamiento, ya que se desdobra en diferentes tipos de energía. Por ejemplo, cuando es captada por el aire, éste se calienta y asciende ocupando su espacio el aire frío desplazado horizontalmente, el viento (energía eólica), que transmite una perturbación al agua provocando el oleaje, susceptible de ser aprovechado (energía mareomotriz). La transformación de la energía potencial gravitatoria del agua embalsada, en energía cinética que se convierte en electricidad, es el fundamento de la energía hidráulica. Cuando se utilizan técnicas de captación de la radiación directa, ésta puede tener como fin:

- La producción de calor (caso de la tecnología solar a baja y media temperatura). Se utiliza en la Arquitectura ecológica o solar.
- La producción de energía eléctrica. Aquí son necesarios regímenes térmicos muy altos y tecnología específica como las de las centrales solares térmicas y centrales eólico-solares. En ellas se transforma el calor captado por un calorreceptor líquido, cedido a otro que se vaporiza a través de una turbina y mediante un conjunto alternador-transformador, en electricidad.

A veces la captación utiliza la energía fotónica de la radiación solar mediante un proceso artificial-técnico (efecto fotovoltaico), directamente en energía eléctrica, aprovechable también individual o colectivamente. O son los seres vivos los que la captan para convertir, mediante el proceso fotosintético, la materia inorgánica en biomasa utilizada esencialmente como combustible.

ESQUEMA DE FUNCIONAMIENTO DE UNA CENTRAL TERMOSOLAR



Central Termosolar de Tabernas. (Almería)



Funcionamiento de una central termosolar

El Sol, es un reactor nuclear de fusión, constituye una fuente inagotable y gratuita, de energía. En su interior y por una reacción nuclear que utiliza como combustible el hidrógeno, se forma helio, liberando ingentes cantidades de energía bajo diferentes formas susceptibles de ser aprovechadas. $4H_1^1 \Rightarrow He_2^4 + 2e^-$

En dicha reacción se produce una pérdida de masa entre los dos términos de 0,0276 unidades de masa atómica, que siguiendo la ecuación de Einstein ($E = mc^2$) da lugar a la liberación de 25,7 Mev, equivalente a $4,1 \times 10^{-12}$ julios por reacción. Como se ha calculado técnicamente, el Sol emite 10^{34} julios/año, lo que equivale a $2.4 \cdot 10^{16}$ fusiones. También representa una pérdida de masa solar evaluada en $3.5 \cdot 10^6$ Tm/sg. Aun así, tardará varios millones de años en gastar toda su energía, de ahí su clasificación de renovable.

Parte de la radiación solar (ver transparencias 10 y 11), alcanza directamente la Tierra, bien bajo radiación directa, bien como radiación difusa (reflejada del gas y polvo situado en la Atmósfera). Esa radiación que llega a la superficie es la que puede aprovecharse como energía alternativa a los combustibles tradicionales, nucleares u otras formas con mayores problemas ambientales, o con ciclos termodinámicos de menor rendimiento.

La utilización de la energía solar directa en este caso (puesto que al fin y al cabo también es debida a la energía solar de la biomasa, la del viento que se utiliza en centrales eólicas, la del oleaje en la energía mareomotriz o la de combustibles fósiles: carbón, petróleo, gas natural, etc...) como energía alternativa a las tradicionales, puede hacerse por dos métodos tecnológicos o vías de uso: la **térmica** -caso de las centrales termoeléctricas de receptor central (a altas temperaturas) que nos ocupa, o de otros mecanismos de baja y media temperatura (arquitectónica solar, o con técnica de colectores); y la **fotovoltaica**. En este último caso la conversión es una transformación directa: energía luminosa-energía eléctrica.

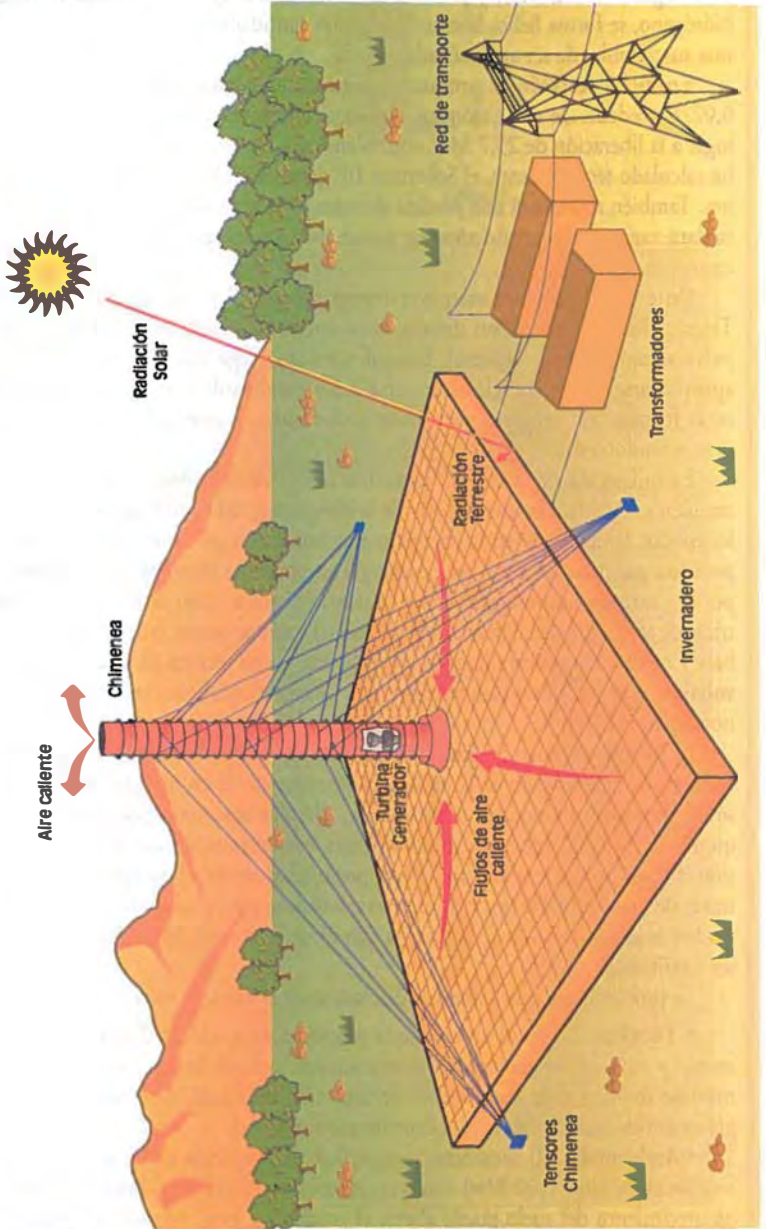
El método térmico a altas temperaturas, que permite alcanzarse los 3.000° C, se basa en la concentración de la radiación solar que incide en unos heliostatos del campo sobre un receptor colocado en una torre. El calor absorbido por el receptor térmico químico, que tiene diferentes composiciones, es transmitido a un fluido para su conversión directa o indirecta en vapor (con posibilidad de ser almacenado). Ese vapor, y a través de una turbina o una máquina termodinámica acoplada a un alternador-transformador, acaba por convertir la energía calorífica en energía eléctrica, en disposición de ser distribuida.

La problemática que plantea la utilización de la Energía Solar, es de dos tipos:

- **Técnicos.** En tanto en cuanto la propia energía solar es dispersa, sujeta a oscilaciones y variaciones geográficas y estacionales, que no hacen coincidir los ciclos de máximo uso con el de rendimiento de una tecnología cara, sobre todo cuando la energía requerida alcanza valores del llamado uso industrial.

- **Ambientales.** Al considerar la superficie de ocupación de las centrales solares con rendimientos altos (100 Mw) como excesiva (10 km^2 para 2.5 km^2 de heliostatos). El oscurecimiento del suelo puede alterar el ecosistema local, además del efecto visual en el paisaje, considerado éste como bien cultural.

ENERGIAS ALTERNATIVAS: CENTRAL EOLICO-SOLAR



Fundamento

La energía solar, como se apuntaba antes, puede utilizarse de diferentes formas, una de ellas es la producción de energía eléctrica en las centrales eólico-solares. El mecanismo técnico es extraordinariamente sencillo y está fundamentado en el denominado efecto invernadero. Así la central, idealización de la central eólico-solar constituida en su momento en Manzanares (Ciudad Real), consta de un invernadero de plástico, de unos 250 m. de diámetro, en un campo colector de 40.000 m², que permite el paso de la radiación solar de longitudes de onda más corta, energéticamente activas.

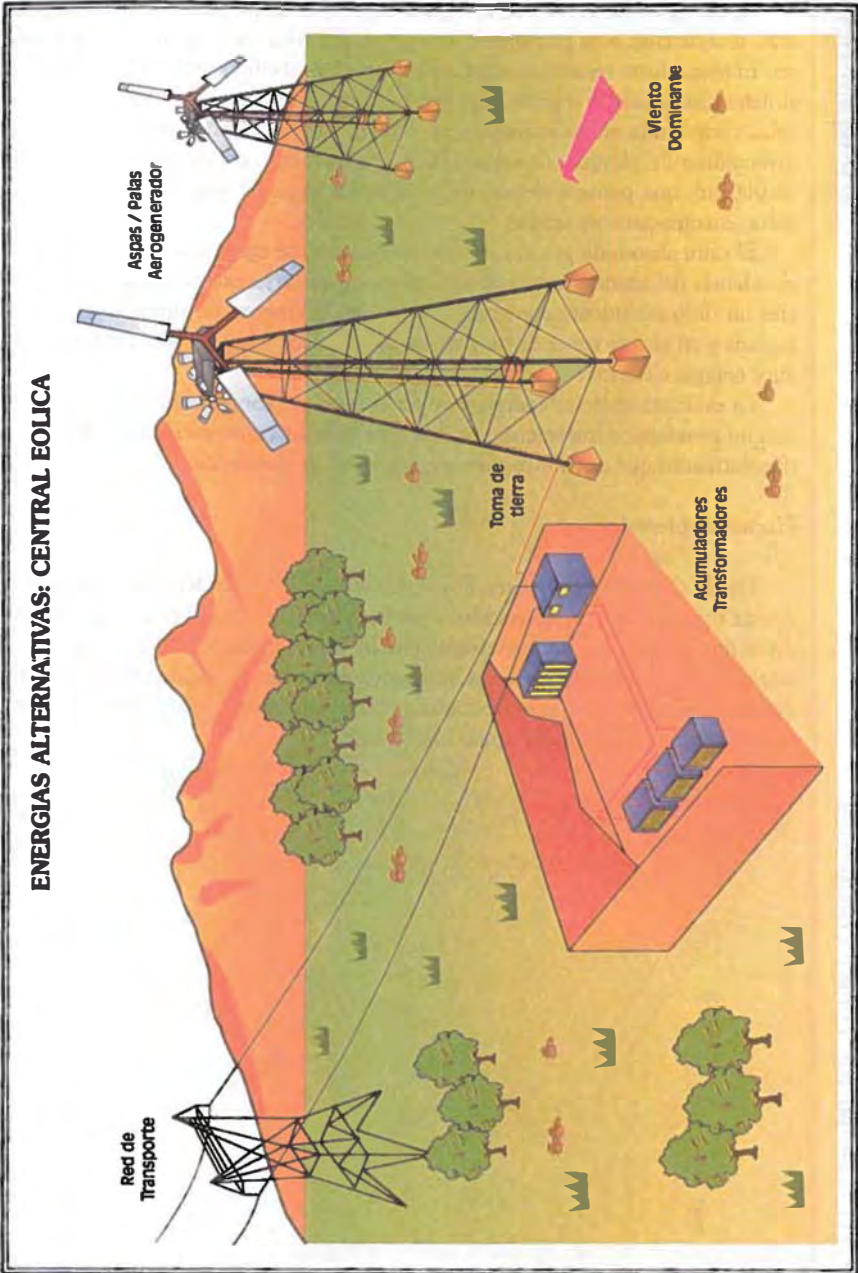
El calor absorbido por el suelo del invernadero se traspa al aire contenido en él, además del absorbido por el aire debajo de la carpa plástica. Ese aire caliente crea un flujo ascendente por una chimenea de 200 metros de altura, debidamente anclada y en chorro capaz de mover una turbina acoplada a un generador que produce energía eléctrica.

La evacuación de la energía por un sistema de conducción normal no crea ningún problema. Únicamente requiere una mínima construcción que albergue el transformador que distribuye esa energía a la red de distribución.

Efectos ambientales

Desde el punto de vista medioambiental hay que considerar que una central de este tipo, que genera electricidad a partir de la energía solar, es una energía limpia y renovable. Los problemas ambientales están asociados en estos casos a la extensión superficial que deberían ocupar los invernaderos, incidiendo no obstante de forma mínima en los ecosistemas terrestres, y al impacto visual sobre el paisaje, cuantificable, entendido éste como bien cultural.

ENERGIAS ALTERNATIVAS: CENTRAL EOLICA



Fundamento

Siguiendo la pauta de disminución de los impactos ambientales derivados del uso de las energías tradicionales y por tanto de la disminución de la dependencia de aquéllas, la energía eólica debe ocupar un papel preponderante en aquellos lugares que lo permitan las situaciones meteorológicas.

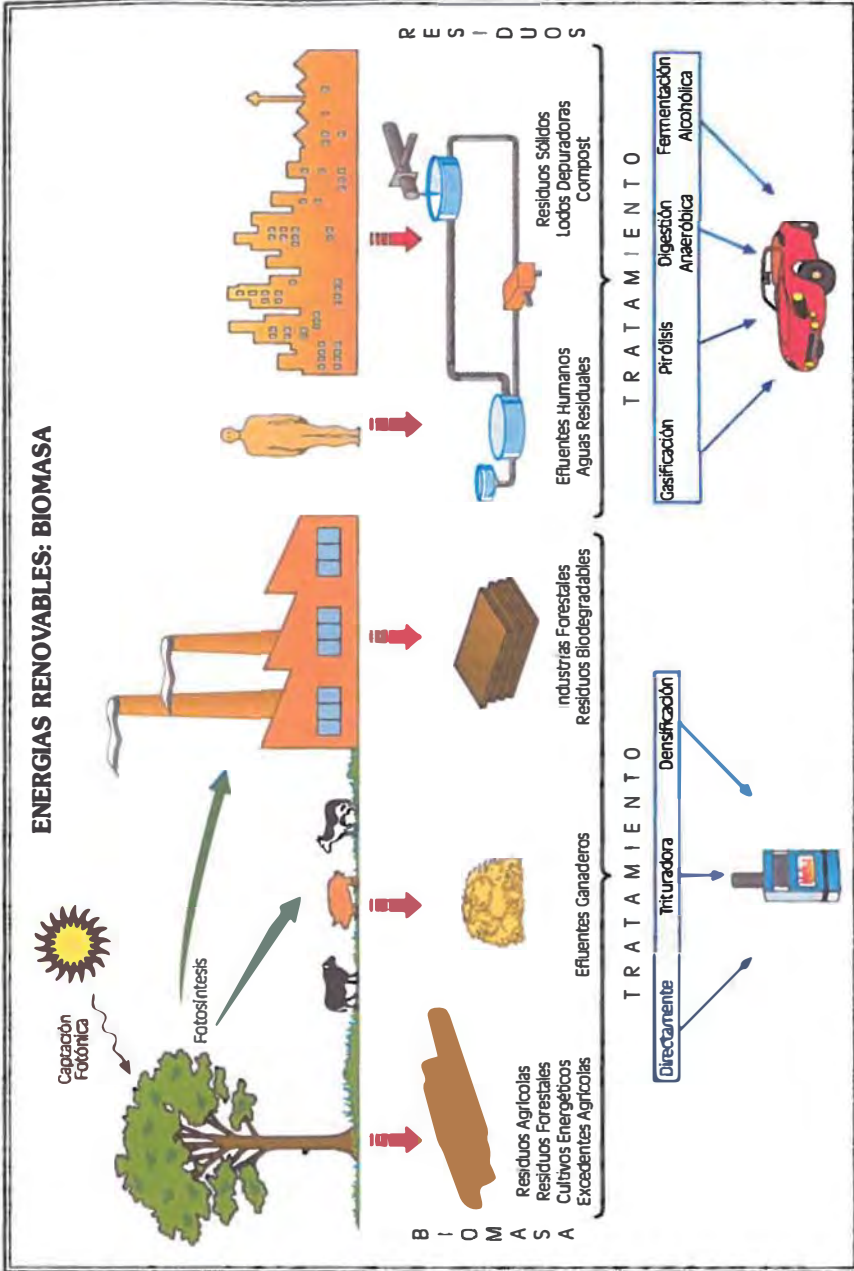
El aspecto meramente técnico es muy sencillo, limitándose a un conjunto de aeroturbinas, si el uso es colectivo, que forman un parque eólico, o una turbina individual para requerimientos menores, encargadas de la transformación de la energía eólica, en energía eléctrica o en energía mecánica.

El aerogenerador, en el caso que se muestra, para producir energía eléctrica consta de: unas palas, aspas aerodinámicas construidas ya de material ligero, tipo fibra de vidrio u otros. Las palas están engarzadas en un buje horizontal, el cual transmite el par motriz del rotor de baja velocidad a un multiplicador de velocidad, gracias a una caja de engranajes.

El multiplicador se conecta a un generador, con funcionamiento basado en la inducción electromecánica, que transforma la energía de rotación (mecánica) en energía eléctrica. Una vez conseguida ésta a través de un transformador pasa a la red.

Efectos ambientales

Los efectos medioambientales de este tipo de instalación dependen de varios factores: del emplazamiento, del tamaño de la instalación (parque eólico-individual) y de la proximidad de núcleos urbanos. Los impactos significativos vienen a ser: la incidencia que las instalaciones tienen sobre todo en las migraciones de la fauna avícola; el impacto visual, más acentuado en los parques eólicos, donde proliferan estas estructuras (279 molinos en el parque de Tarifa) con previsiones de macroampliación; el ruido, ciertamente intenso y estresante para cualquier organismo vivo, independiente de la capacidad de adaptación de éstos; y de la erosión de suelos, que se produce durante la instalación de la infraestructura necesaria.



Concepto

Se entiende por biomasa «el conjunto de materia orgánica, fundamentalmente de origen vegetal, animal o procedente de la transformación natural o artificial de la misma». El proceso natural principal de la génesis de la biomasa es la fotosíntesis, mediante la cual los pigmentos vegetales (clorofila, xantofila, carotenos) captan energía solar fotónica para utilizarla en transformar la materia inorgánica absorbida por las hojas del tipo CO_2 , y las sales minerales absorbidas por las raíces, en materia orgánica, en biomasa vegetal, en definitiva, según la reacción:



La energía solar se transforma mediante este sistema en energía química susceptible de ser utilizada por los organismos heterótrofos (animales), bien directamente para convertirla en biomasa animal, o para hacerlo en bienes de consumo. Los productos desechables de ambas transformaciones son los materiales que se utilizan en el campo energético como recurso renovable.

Tipos de biomasa

La clasificación de la biomasa puede hacerse en cuatro grandes grupos:

Biomasa natural. Producida en los ecosistemas sin tratamiento alguno.

Biomasa residual. Subproducto de la transformación múltiple de aquella.

Cultivos energéticos. Específicos para su tratamiento como combustible.

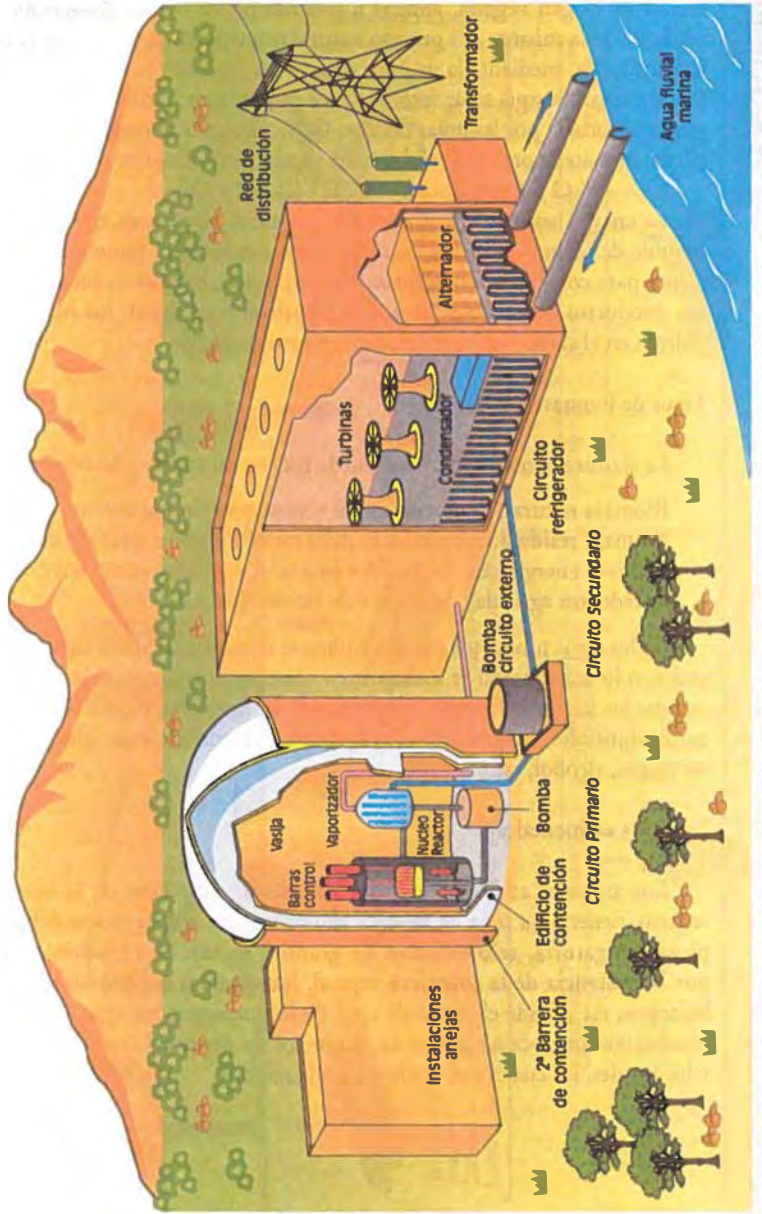
Excedentes agrícolas. Sobrantes de recolección, talas, etc.

Todos estos productos pueden utilizarse directamente para su utilización energética, o lo más normal es someterlos a tratamientos físicos, térmicos o bioquímicos que los hagan utilizables en la combustión hogareña, o para su transformación en combustibles. En este caso, se requieren tratamientos especiales para convertirlos en gas, alcohol, etc.

Aspectos ambientales

Los aspectos ambientales derivados de la utilización de la biomasa como recurso, tienen una serie de ventajas resumibles en: conservación del medio, limpieza obligatoria, reforestación de grandes masas, eliminación de la erosión por la existencia de la cobertera vegetal, incrementar los hábitat, diversificar los biótopos, etc. Desde el punto de vista de los impactos, hay que considerar que su combustión provoca emisiones de productos no deseados, como los hidrocarburos y los fenoles, los cuales son nocivos para la salud.

ESQUEMA DE FUNCIONAMIENTO DE UN REACTOR NUCLEAR DE AGUA A PRESION



Reactor nuclear de agua a presión

El esquema de una central nuclear para la obtención de energía eléctrica es muy sencillo, si se considera exclusivamente los aspectos físicos básicos, no así si se incluyen los sistemas de seguridad necesarios para mantener la estanqueidad del conjunto.

En síntesis, el proceso consiste en la fisión (escisión) del material radiactivo acumulado en las barras de control dentro de la vasija que constituye el núcleo central del reactor.

Las reacciones nucleares en las centrales de ese tipo suelen utilizar un núcleo fisionable (el uranio ${}^{238}_{92}\text{U}$ normalmente) al que se bombardea con un neutrón, ${}^{238}_{92}\text{U} + {}^1_0\text{n} \Rightarrow \text{Mo} + \text{La} + {}^1_0\text{n} + \text{energía}$, para dar nuevos elementos resultantes de la fisión del uranio y la generación de partículas emergentes que pueden seguir la reacción (en cadena) y la liberación de energía (200 mev.). Como resultado de la fisión se libera energía que sirve para calentar un fluido, el agua normalmente, hasta su vaporización. Desde el vaporizador, se lleva fuera del núcleo del reactor hasta una turbina encargada de transformar la energía calorífica en energía eléctrica, que mediante los alternadores correspondientes y los transformadores van directamente a la red.

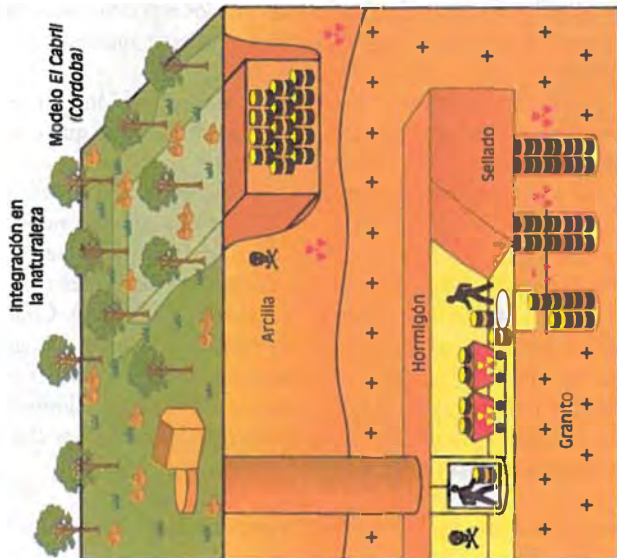
Aspectos ambientales básicos en la central nuclear

El sistema necesita un circuito refrigerador, normalmente agua de los sistemas naturales fluviales o marinos, que condense el agua del circuito secundario para circular de nuevo por el circuito primario. Evidentemente todos estos fluidos no se interconectan entre sí, manteniendo la estanqueidad del sistema.

Desde el punto de vista medioambiental, dada la peligrosidad de esta energía, las medidas de seguridad son extremas. Éstas van desde la elección de zonas geológicamente estables, que no constituyan riesgos geológicos capaces de perturbar las infraestructuras de la central, hasta los controles exhaustivos de los sistemas de contención de radiación, que son de varios tipos: vainas metálicas que aíslan los combustibles y las sustancias radiactivas que se forman; la vasija metálica, que impediría la salida de cualquier átomo que pudiera haber escapado de las vainas. Aun así, existe una tercera barrera de protección, constituida por los edificios de hormigón, impenetrables para la radiación.

Los fluidos en contacto con el núcleo del reactor contaminado por radiactividad, están en un circuito estanco, que no entra en contacto con el resto de fluidos de los circuitos externos. La multiplicación de los sistemas y los controles de calidad, hacen muy difícil el fallo técnico. La totalidad de los accidentes, se deben a fallos humanos, de imprevisión, relajación de vigilancia, manipulación incorrecta, etc.

PROBLEMATICA AMBIENTAL DE LOS RESIDUOS RADIOACTIVOS



Concepto de residuo

Se llama residuo a «cualquier sustancia, producto u objeto natural o de fabricación industrial inútil en el proceso de producción, transformación o utilización actual, que debe ser abandonado a su suerte».

Tipos

La clasificación de los residuos es compleja. Si se utiliza como criterio de clasificación su génesis, tendríamos: residuos agrícolas, ganaderos, industriales, tecnológicos, nucleoelectrónicos o radiactivos, etc. De los citados, los residuos radioactivos son los más peligrosos: por sus efectos sobre los seres vivos y por la duración de la acción.

Residuos radiactivos

«Aquella sustancia que contiene radionucleidos en concentraciones superiores a la admisible para el correcto funcionamiento de los sistemas naturales biogénicos, en opinión de las autoridades competentes y que al carecer de uso actual o en el futuro inmediato, deben abandonarse sin manejar y sin control posterior al mismo.»

La principal fuente de producción son las centrales nucleares (95%), y en menor medida la investigación, la medicina (5%).

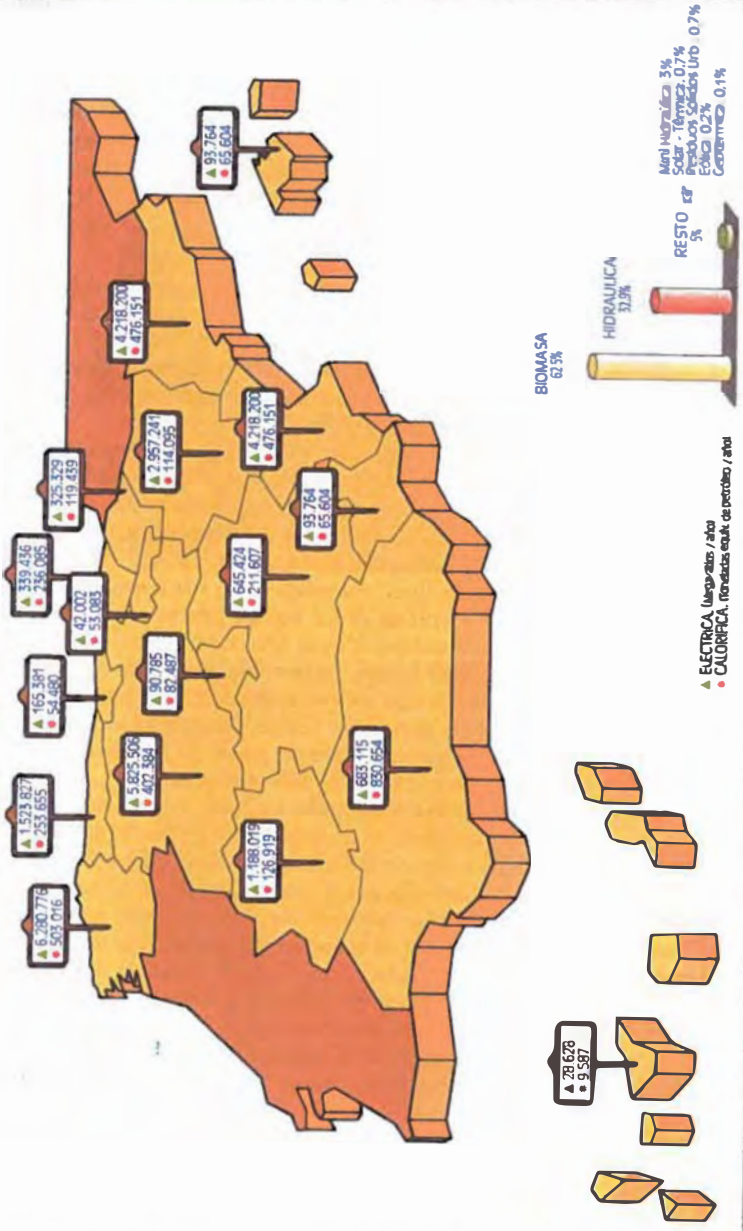
Los residuos radiactivos pueden ser sólidos, líquidos y gaseosos e incluyen tanto los generados como resultado de la transformación del combustible utilizado en la central (uranio, plutonio, neptunio, americio, curio), como los productos activados radiológicamente por el uso del combustible, caso del cobalto o del níquel radiactivo, o que en contacto con el proceso radiactivo, se contaminan.

La gestión de estos residuos, entendida como «las actividades encaminadas a la modificación de las características de los mismos para su reutilización, eliminación o almacén», se ajustan a la normativa de la Dirección General XI del C.E y debe ser informada por el Consejo de Europa. La tecnología para la inocuidad de los productos sigue dos estrategias: una de tipo abierto, consistente en el confinamiento de los productos 4.000 años para que durante ese tiempo, decaigan sus propiedades radiactivas; y otra de tipo cerrado, que pretende separar el uranio del plutonio, para su reutilización como combustibles, de los transuránidos de fisión nuclear.

La intensidad radioactiva de los productos puede ser: alta, media y baja. Las técnicas por seguir en su tratamiento es la siguiente: los productos de tipo transuránidos y los productos de fisión se separan del uranio y plutonio del combustible mediante una solución ácida, agua y disolvente, que al final del proceso son altamente contaminantes. Esta solución se vitrifica y se introduce en un cilindro de acero inoxidable y titanio que a su vez se incluye en un bidón de hormigón. En este caso hay tres niveles de seguridad previos al almacenaje. Los productos residuales de las vainas de combustible de vida media se incluyen en los bidones metálicos cementados, mientras que los residuos tecnológicos contaminados en toda las operaciones se cementan directamente.

Desde la prohibición de vertidos radiactivos a las fosas marinas (Convención de Londres de 1993), los países de la órbita española abogan por una estrategia de tipo abierto, en la que la gestión de los residuos se hace como si fueran de alta actividad. Se tratan en varias etapas, una primera en las piscinas para que decaigan en intensidad los isótopos de vida media corta; una segunda de almacenamiento intermedio, también en piscinas o en vía seca con contenedores; y una tercera de encapsulado en envases de cobre externos, donde los huecos se rellenan con cobre fundido para darle una homogeneidad completa, antes de cementarlos para su almacenaje en condiciones geológicas de máxima estabilidad.

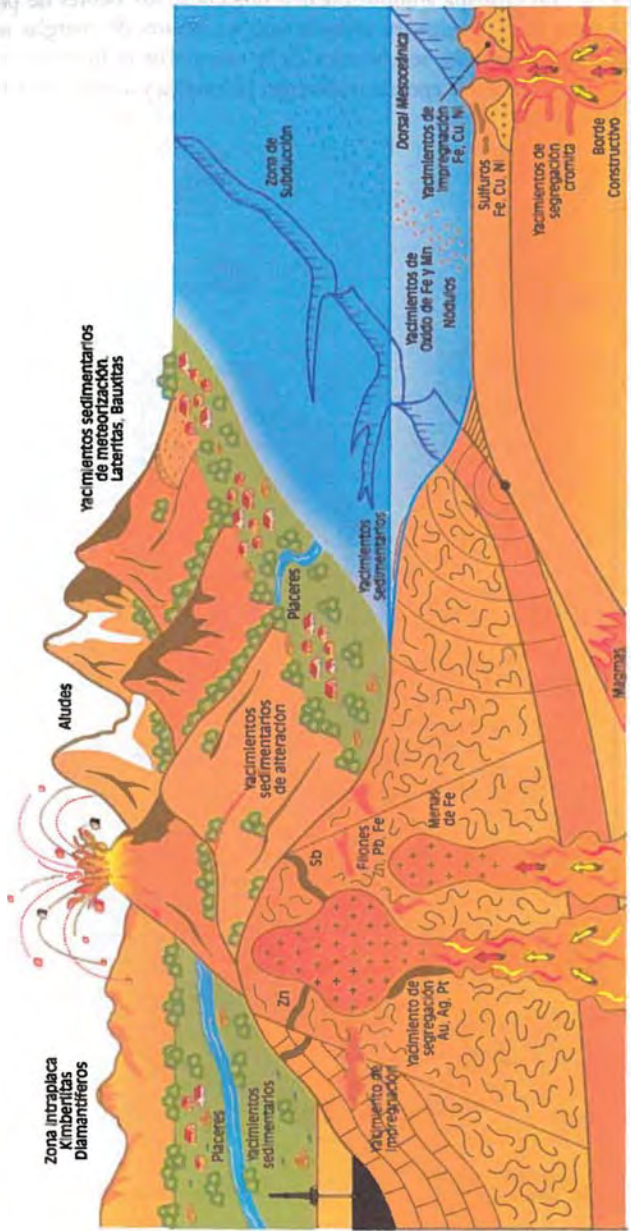
PRODUCCION ELECTRICA Y TERMICA EN ESPAÑA CON ENERGIAS RENOVABLES



Producción eléctrica y térmica en España con energías renovables

En el mapa adjunto pueden observarse los valores de producción de energía eléctrica y térmica, en relación con las fuentes de energías renovables. Los máximos porcentajes se obtienen de la energía de la biomasa, en clara competencia favorable con la energía tradicional hidráulica y a mucha distancia del resto.

GENESIS DE LOS RECURSOS MINERALES



Concepto de yacimiento

Los yacimientos minerales son masas minerales que poseen concentraciones superiores a los valores medios de la corteza. Tienen diversas génesis y normalmente el concepto hace referencia a minerales metálicos. La mayoría de los yacimientos de minerales metálicos están ligados a un origen magmático, casi siempre de las fases magmáticas posteriores a la formación de los principales minerales petrogenéticos, aunque algunos pueden tener también origen ortomagmáticos. Las concentraciones se producen habitualmente en las fases pegmatíticas-neumatolíticas y sobre todo hidrotermal.

Yacimientos de minerales metálicos y dinámica global

Los yacimientos minerales metálicos están distribuidos en la corteza siguiendo dos pautas que marca la dinámica global, es decir, geográficamente están asociados a los bordes de placa. Así, en los bordes constructivos, del tipo de dorsal mesoceánica, se encuentran numerosos yacimientos de óxidos de hierro y de nódulos de manganeso, tapizando las amplias plataformas que constituyen los fondos oceánicos próximas a la dorsal, a veces incluidas dentro de la delgada capa sedimentaria que tapiza esos fondos. También son característicos de esta megaestructura, los depósitos de sulfuros de hierro, cobre y níquel, en forma de minerales tipo: blenda, pirita y galena, relacionados con las coladas de lavas almohadilladas que se forman en la dorsal. Típicos, asimismo, son los yacimientos de segregación magmáticos de cromo (cromita), ligados al magmatismo plutónico en estas zonas.

Yacimientos metálicos en zonas de subducción

En las zonas de subducción existen otros yacimientos minerales asociados a los magmas que se generan por la fusión de la placa subducente, además aparecen zonados desde la zona de subducción hasta el interior del continente en disposición paralela. Así, se encuentran los yacimientos de sulfuros de hierro, los filonianos de sulfuros de Zn, Pb, Fe, los de estaño, antimonio, el cobre porfirico andino o los yacimientos de segregación, propios del magmatismo de estas áreas, como son: el oro, la plata, el platino y un amplio etc.

Yacimientos en zonas de intraplaca

En las zonas de intraplaca, el magmatismo está unido a la génesis de los puntos calientes. Pueden aparecer en procesos volcánicos de tipo kimberlítico (yacimientos de impregnación de diamantes).

Yacimientos sedimentarios

A veces la génesis del yacimiento metálico no está provocada por fenómenos magmáticos, sino sedimentarios. En este grupo hay que incluir las concentraciones de minerales pesados, metálicos en placeres, caso del oro, plata, casiterita, etc. Los depósitos sedimentarios, de enriquecimiento supergénico, provocado por la acción de procesos de meteorización sobre filones de sulfuros, hace aparecer en la montera de alteración otros minerales diferentes a los originales, como óxidos e hidróxidos del componente original.

A veces en el caso de minerales no metálicos son procesos clásicos sedimentarios los causantes de la concentración de determinados minerales, sales, fosfatos, etc. En algunos casos la meteorización de determinados tipos de rocas, ígneas en general, concentra algunos elementos como el aluminio y el hierro, dando bauxitas y lateritas.

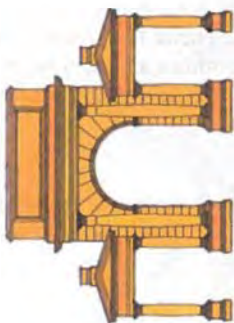
De escaso interés son los yacimientos metamórficos.

APLICACIONES DE LAS ROCAS INDUSTRIALES

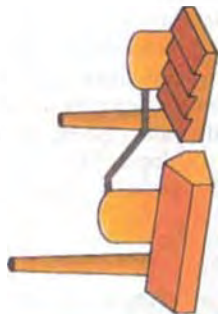


CONSTRUCCION / ORNAMENTACION

- Areniscas
- Calizas
- Mármol
- Andesta
- Basalto
- Granito
- Ofita
- Porfido



- Traquita
- Serpentina
- Pizarra



CEMENTERA / YESERA

- Arenisca
- Caliza
- Dolomia
- Margas
- Pumita
- Yeso



VIDRIO

- Arena
- Caliza
- Arcilla
- Cuarzita



ARIDOS DE MACHAQUEO

- Grava
- Arenas
- Areniscas
- Calizas
- Granito
- Cuarzita
- Mármol
- Areniscas
- Calizas
- Basalto
- Ofita



- Pórfido
- Pumita
- Traquita



CERAMICA / LADRILLOS

- Arcillas



ASLANTES / FUNDENTES / ABRASIVOS

- Arcillas
- Areniscas
- Dolomia
- Basalto



Aplicaciones de las rocas industriales

Se llaman rocas industriales a «todos los materiales con génesis geológica y que sin tener concentraciones especiales en la corteza terrestre, son utilizados por el hombre en los procesos industriales, ya sea de forma directa o tras un tratamiento de preparación adecuado en sus propiedades físicas y químicas».

Utilización de recursos industriales

Los campos industriales donde se utilizan las rocas son los siguientes:

- **Construcción:** piedras de construcción de viviendas, monumentos, obras públicas, infraestructuras, etc.
- **Ornamentación:** donde se utilizan rocas con propiedades físicas u ópticas especialmente bellas.
- **Aglomerantes:** rocas utilizadas para la fabricación de cementos, cales, yesos.
- **Áridos:** rocas trituradas con diversos tamaños, que sirve de base a las obras públicas.
- **Vidrio y Cerámica,** otras como aislantes, fundientes, correctivos, aditivos, abrasivos, arenas de moldeo, etc.

Materiales que se usan en las obras públicas

- **Materiales en estado natural sin transformación.** Se utilizan en: terraplenes, relleno en presas y escolleras de puertos.
- **Áridos naturales:** Material detrítico natural, que es desenlodado y cribado para obtener granulometrías diversas, se utiliza para formar los elementos inertes en los hormigones de tipo Portland.
- **Áridos de machaqueo:** Balasto de vías férreas, sus condiciones mecánicas frente a esfuerzos dirigidos le permiten ese uso.
- **Ornamentales,** utilizadas en fachadas, pavimento, techado, recubrimiento de paramentos.
- **Materias primas** para cerámicas y cementos.

RECURSOS NATURALES NO RENOVABLES. EL SUELO: ESTRUCTURA



Carretera de Nuevo Baztan-Anchuelo. (Madrid)



Concepto de suelo

Se entiende por suelo la «parte de la corteza terrestre, formada por elementos minerales (de la roca madre sobre el que se desarrolla, o derivados de la alteración mecánica, química o bioquímica de la misma), materia orgánica (constituida por biopolímeros y geopolímeros) y una fase líquida heterogénea (de agua, iones, coloides, en disolución o suspensión, acompañado todo ello por una fase gaseosa (de aire, CO₂, N₂) y seres vivos».

Por tanto, como se ve en el concepto de suelo, es el resultado de la interrelación de factores: físico-químicos, biológicos, geológicos y ambientales. Debe considerarse como un sistema único, dinámico, lento en su formación, y sobre todo extraordinariamente frágil a las agresiones externas.

De hecho, podría considerarse el suelo como: «un paréntesis entre la alteración química y la erosión mecánica». En ese lapso de tiempo el hombre lo utiliza en su beneficio, no siempre racionalmente. Por eso, salvo excepciones puntuales, como los suelos ecuatoriales tipo bauxitas y lateritas, muy potentes y protegidos por la cobertura vegetal en esa zona, no se conservan en el registro geológico.

Causas ambientales de la alteración de los suelos

Como se ha apuntado más arriba, al ser los suelos extraordinariamente frágiles a las acciones externas, son muchas las que provocan la alteración de un suelo, siendo la causa antrópica la más importante. La clasificación sería:

Acciones químicas antrópicas:

La adición de sustancias químicas al suelo, como fertilizantes, correctores, insecticidas, pesticidas, detergentes, nutrientes, etc. Determinan un cambio en el quimismo del suelo y las reacciones naturales con estos nuevos productos, producen otras reacciones químicas diferentes a las habituales.

Acciones mecánicas antrópicas:

La más importante es la sobreexplotación, que implica un exceso de regadío que a su vez puede arrastrar una salinización del agua del acuífero (posibilidad de riesgo) que acaba por salinizar el suelo.

Si se modifica la cobertura vegetal, se deforesta, se pastorea en exceso, se introducen técnicas de trabajo inadecuadas, como roturaciones pendientes o literalmente se eliminan por obras públicas, minería, infraestructuras, o actividades lúdicas (4x4, Mountain Bike, trials, etc.) y se introducen factores que alteran el suelo con efectos socioeconómicos graves como es fácil colegir.

ESTRUCTURA DE UN SUELO. FACTORES QUE INTERVIENEN EN SU FORMACION

Interpete



AI ROCA FRESCA

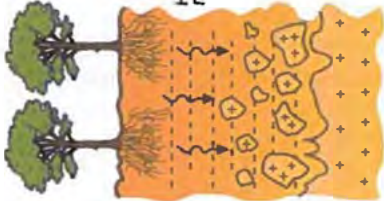
Horizonte con Roca Alterada (C)



Roca Fresca

BI SUELO POCO EVOLUCIONADO

Horizonte A. Con materia orgánica

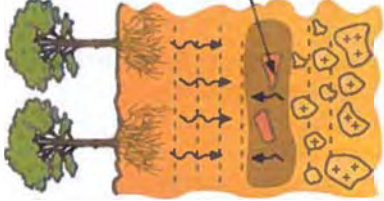


Horizonte C. Roca alterada.

Roca fresca

C) SUELO RELATIVAMENTE EVOLUCIONADO

Horizonte A. De lixiviación.



Caliche, Costras
Horizonte B. De acumulación

Horizonte C. Roca alterada.

DI SUELO EVOLUCIONADO

1. CLIMA



2. RELIEVE



Suelo evolucionado
Erosión Intensa
Acumulación

Suelo joven

Encharcamiento

3. TIEMPO



4. ORIENTACION

Ladera Norte
Umbría



Insolación
Evaporación

5. VEGETACION



Factores que intervienen en la formación del suelo

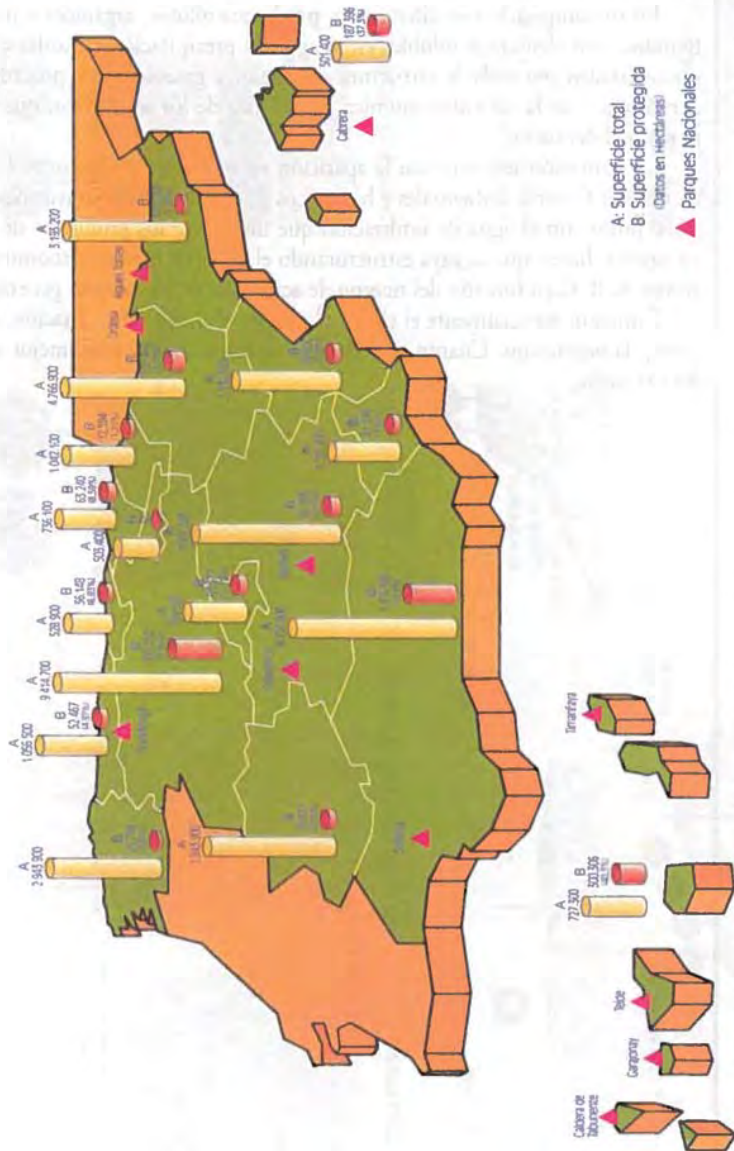
El suelo es el resultado de la alteración de las rocas por la acción conjunta de factores climáticos, litológicos, y de los seres vivos o de la materia orgánica derivada de su descomposición.

En su composición se diferencian: productos sólidos, orgánicos o inorgánicos; líquidos, con elementos solubles en el agua de precipitación atmosférica, que son removilizados por toda la estructura del suelo; y gaseosos, aire procedente de la Atmósfera o de la actividad química y biológica de los seres vivos, que ocupan la porosidad del suelo.

La formación se inicia con la aparición en superficie de las rocas. La meteorización por factores ambientales y biológicos de las rocas y sus constituyentes minerales, junto con el agua de infiltración que distribuye los productos de alteración en niveles, hacen que se vaya estructurando el suelo en niveles, denominados horizontes A, B, C en función del tiempo de actuación de los factores generadores.

Éstos son esencialmente el clima, el relieve, el tiempo de actuación, la orientación y la vegetación. Cuanto más tiempo actúen estos factores, mejor se desarrollará el suelo.

ESPACIOS PROTEGIDOS EN ESPAÑA



Espacios protegidos en España

En el mapa de la España peninsular e insular puede observarse mediante gráficos la superficie «protegida» de cada una de las comunidades autónomas. El concepto de proteger debe entenderse de forma amplia, como ecológico, no restrictivo ni punitivo frente a la intervención ecológica racional, encaminado a la conservación de la estructura del ecosistema del espacio protegido y alejado de la utilización turística y de la demagogia verde. Esto, en la mayoría de los casos no se llega a hacer, siendo peor el remedio que la enfermedad, por la ineficacia del gestor (en este país la administración), con lo cual quizá deba comenzarse a pensar en la diversificación alternativa de la gestión, con participación privada.

A grandes rasgos merece destacarse las cifras del territorio protegido insular en ambos archipiélagos, que alcanza un mínimo de 37,3% para el balear y un 40,3% para el canario. Aunque posiblemente el espacio protegido debería ser mayor con el apunte anterior, comparativamente con la superficie protegida peninsular, está mucho mejor.

En la España peninsular, únicamente Andalucía con el 16,9% de la superficie protegida y Madrid con el 11,72%, superan el 10% de espacios tutelados. A mayor distancia están las comunidades de Cantabria, Cataluña y Asturias, en torno al 5% de espacio protegido. El resto de las comunidades, con dificultad alcanzan el 3% y muchas ni siquiera el 1% del territorio está protegido.

Clasificación de los espacios protegidos

Desde el punto de vista del interés ecológico, geológico, visual, cultural, estético o lúdico, los espacios protegidos presentan diversas categorías administrativas, como: las Reservas de la Biosfera, Parques Nacionales, Parques Naturales y Áreas de Recursos Manejados. Parece que debe imponerse una normativa que homogenice el grado de protección y sobre todo los objetivos que se pretenden (que no deben ser precisamente políticos o utilizados políticamente, caso de Cabañeros, Anchuras, Cabriel, etc., cuando se olvidan otros como Daimiel, Ruidera, etc.).

La clasificación de su interés, en función de las particularidades de cada caso, debe hacerse con mayor detalle. No obstante, a grandes rasgos, existen espacios protegidos de tipo: marítimo-continental (caso de Cabrera), otros exclusivamente continentales: marismas (Doñana), glaciares (Ibónes pirenaicos), humedales (Daimiel), montaña (Covadonga), o mixtos como las albuferas (Valencia), etc. con las características formas y floras de cada espacio que la particulariza.

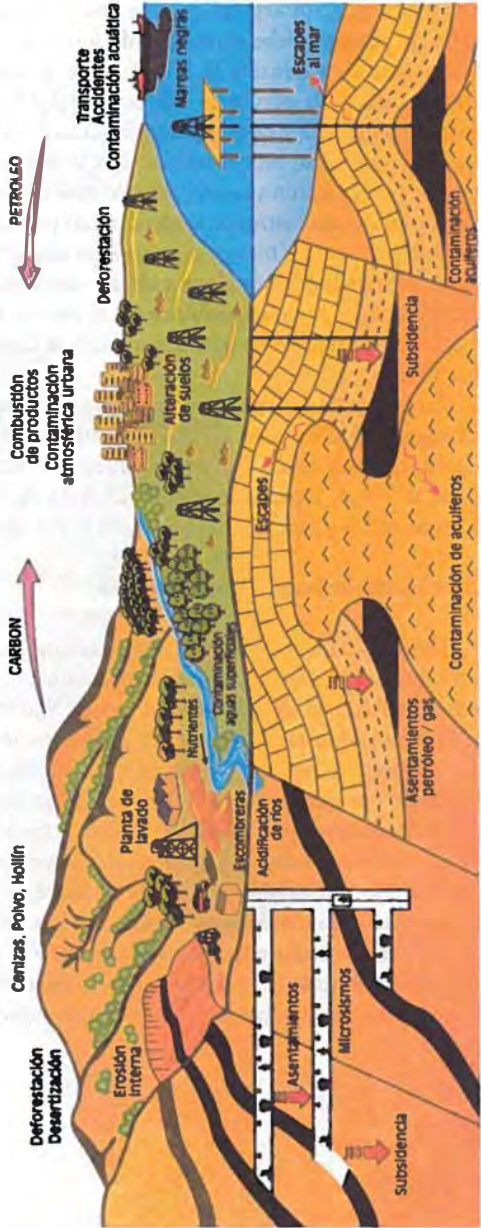
IMPACTOS AMBIENTALES DERIVADOS DE LA EXPLOTACION, TRANSPORTE Y USO DE LOS RECURSOS ENERGETICOS TRADICIONALES

EFFECTO INVERNADERO ← ||||| CONTAMINACION ATMOSFERICA GLOBAL → ||||| CALENTAMIENTO

CARBON →

← PETROLEO

Combustión de productos Contaminación atmosférica urbana



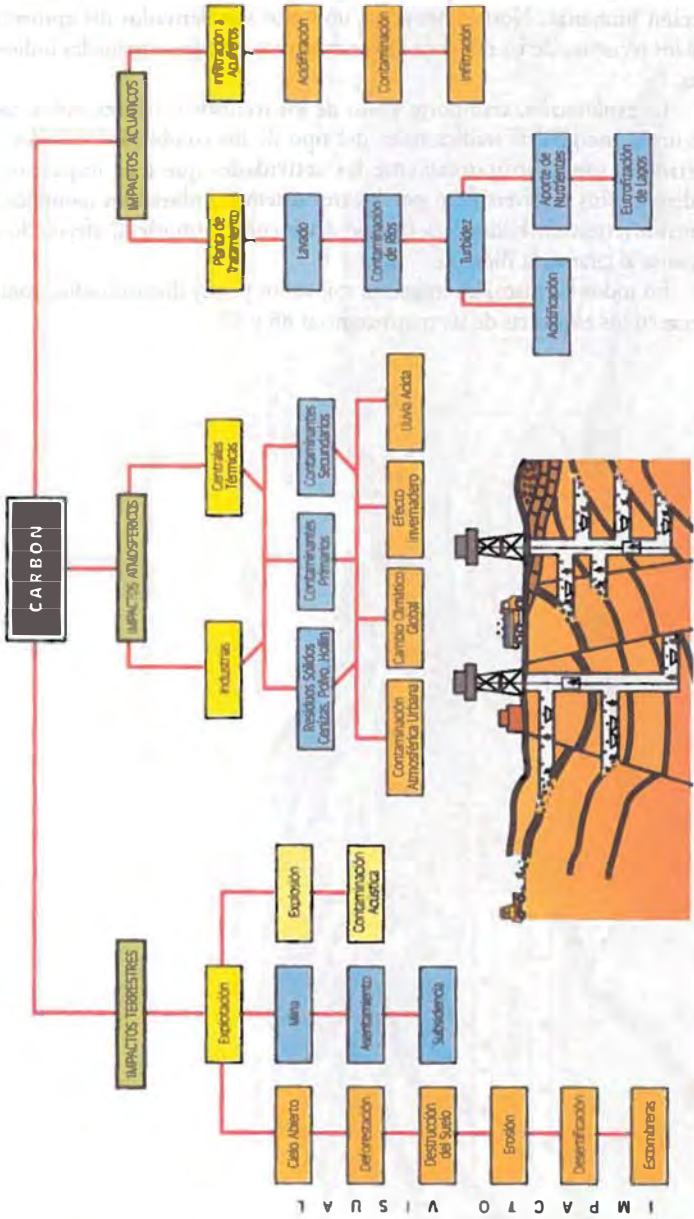
Concepto de impacto

Se entiende como impacto ambiental, «la **modificación del entorno por la acción humana**». Normalmente los impactos son derivados del aprovechamiento de los recursos, de las obras de infraestructuras o de las actividades lúdico-recreativas.

La explotación, transporte y uso de los recursos naturales, sobre todo de los recursos energéticos tradicionales del tipo de los combustibles fósiles: carbón y petróleo, son cuantitativamente las actividades que más impactos produce. Además éstos se diversifican por los tres sistemas ambientales naturales: Geosfera (medio terrestre), Hidrosfera (medio acuático) y Atmósfera, afectando de forma intensa al cuarto, la Biosfera.

En todos los casos, los impactos son varios y muy diversificados, como pueden verse en los esquemas de las transparencias 88 y 89.

IMPACTOS AMBIENTALES DE LOS RECURSOS ENERGETICOS TRADICIONALES: EL CARBON

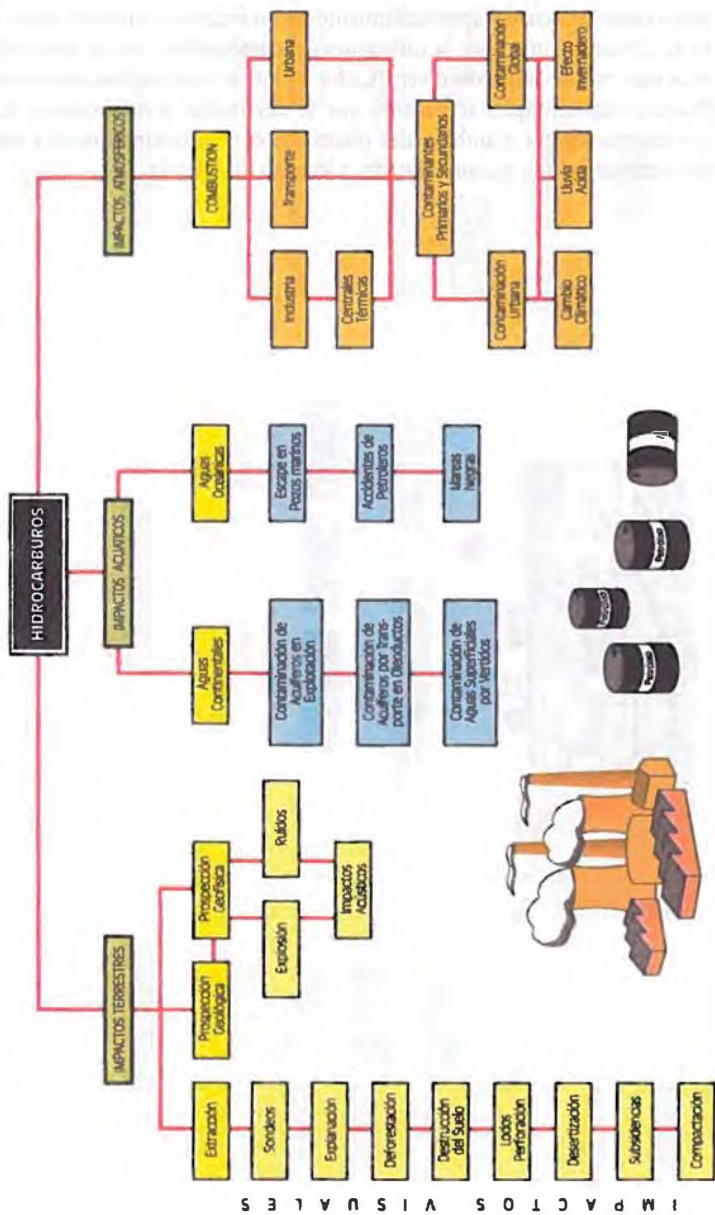


IMPACTOS ECOLOGICOS GENERALIZADOS

Impactos ambientales del carbón

Como se ha apuntado antes, los principales impactos ambientales se producen como consecuencia del aprovechamiento de los recursos minerales, rocas y energéticos. En este último caso, la utilización del combustible fósil de tipo carbón, provoca una serie de impactos diversificados en los tres medios fundamentales y como efecto de las múltiples actividades que se desarrollan a su alrededor. Las consecuencias ecológicas y ambientales plasmadas en el esquema, pueden relacionarse con otras de ámbito puntual tratadas a lo largo del trabajo.

IMPACTOS AMBIENTALES DE LOS RECURSOS ENERGETICOS TRADICIONALES: HIDROCARBUROS



IMPACTOS ECOLOGICOS GENERALIZADOS

Impactos ambientales de los hidrocarburos

Como se ha apuntado antes, los principales impactos ambientales se producen como consecuencia del aprovechamiento de los recursos minerales, rocas y energéticos. En este último caso, la utilización del combustible fósil de tipo hidrocarburos, provoca una serie de impactos diversificados en los tres medios fundamentales y como efecto de las múltiples actividades que se desarrollan a su alrededor. Las consecuencias ecológicas y ambientales plasmadas en el esquema pueden relacionarse con otras de ámbito puntual tratadas a lo largo del trabajo.



PROBLEMATICA AMBIENTAL DERIVADA DE LA EXPLOTACION DE LOS RECURSOS MINERALES



Explotación mineral en cantera. Orozko (Vizcaya)



Problemática ambiental derivada de la explotación de los recursos minerales

La explotación de recursos minerales, para mantener el desarrollo económico de la humanidad, tanto de minerales metálicos como no metálicos, así como de rocas industriales o de minerales radiactivos, conlleva para el medio ambiente una serie de impactos. En términos generales, esos impactos afectan tanto al medio terrestre, como al acuático o al aéreo.

La acción antrópica en relación con la modificación del entorno, de seguir las cosas como hasta ahora, en crecimiento exponencial, agudizará los problemas ambientales, que se harían insoportables para el medio. Por tanto, es necesario controlarla para disminuir los problemas y para preservar los recursos.

Impactos en el medio terrestre y acuático

En relación con el medio terrestre, los impactos pasan por la destrucción general del paisaje como consecuencia de: la deforestación o eliminación de la masa boscosa; la destrucción de los suelos; el incremento de la erosión y como consecuencia la desertificación; la instalación de las plantas transformadoras y extractoras, que con su actividad suelen generar escombreras y productos de desecho que modifican profundamente las aguas superficiales y subterráneas, acidificándolas o eutrofizándolas, llegando a ser un problema ecológico acuático grave.

Impactos aéreos

En general, la utilización posterior como materias primas en construcción, obras públicas, ornamentación, etc., no suele, como en el caso de los recursos energéticos no renovables del tipo carbón o petróleo, dar contaminantes secundarios derivados del uso que afecten al medio aéreo, aunque existe la posibilidad de contaminación del entorno por acción de residuos sólidos como: hollín, cenizas, polvo, residuos sólidos en general, en la Atmósfera.


Medidas de protección de las materias primas materiales

Las medidas protectoras en relación con las materias primas, deben pasar por:

- El aprovechamiento integral de los recursos (tanto de productos como de subproductos) por todas las técnicas posibles.
- El aprovechamiento de los vertidos mineros y los desechos industriales.
- El reciclado de materiales de derribo, chatarras y residuos sólidos urbanos.
- La sustitución de sustancias con potencial impacto ambiental.

RECUPERACION DE ZONAS IMPACTADAS POR LA EXTRACCION DE MATERIAS PRIMAS



 Huerta de Valdecarabanos. (Toledo)

Recuperación de espacios. Legislación

De un tiempo a esta parte, según el Real Decreto 2984/82, del 15 de octubre de 1982, «se establece la obligatoriedad de **restablecer las áreas dedicadas a la explotación de recursos para conseguir la recuperación de impactos ambientales**». Sin embargo, esta obligatoriedad no parece que en muchos casos se cumpla. Hay ejemplos en los que la autoridad competente hace dejación de sus obligaciones y no pone en conocimiento del poder judicial, encargado de la aplicación correcta de la ley, los casos que la incumplen.

Desde el punto de vista educativo-ambiental, el ejercicio de restauración de impactos ambientales resulta excelente para el aprendizaje. En el caso que nos ocupa y que se muestra en el esquema, una cantera abandonada, después de la extracción de yesos para su utilización industrial, permite plantearse esta posibilidad de restauración.

En este caso se trata de **fixar como objetivos prioritarios: la disminución del impacto visual, la reconversión de un espacio degradado en otro utilizable para uso público y su integración en el pueblo, la plantación de especies autóctonas y ornamentales para repoblación vegetal, etc.**

Con estos objetivos, parece evidente que al lector se le puedan ocurrir diseños de tipo constructivo, de ornamentación, de uso público del suelo, etc., en el espacio ocupado por la cantera, que recupere, con el fin propuesto en la legislación, el espacio degradado.

EFFECTOS AMBIENTALES QUE AFECTAN AL SUELO



Principales causas de la alteración de suelos

La alteración de los suelos se produce por diferentes causas, la primera causa por citar sería la deforestación, por la tala indiscriminada de árboles, o los incendios, naturales (cada vez menores) o provocados (en incremento, por el afán especulador). La deforestación favorece el que la precipitación acuosa actúe sobre la superficie rocosa pelada de vegetación de varias formas: primero **removilizando las partículas del suelo** por acción del impacto, después **discurriendo por la superficie y arrastrando las partículas del suelo que están sueltas**, en procesos de arrojada difusa, que acaba por ocasionar encauzamiento (las cárcavas), que **arrastran la masa edáfica**. La generalización del proceso da lugar a la morfología de badlands y a la multiplicación del volumen del suelo eliminado.

Incidencia del sustrato

En la generación de las formas descritas interviene también el sustrato rocoso, en este caso rocas homogéneas de tipo arcilloso. La ausencia de una vegetación densa que sirva de anclaje del suelo favorece la removilización por acción de la deflación eólica. La componente horizontal del viento elimina un volumen del suelo. En el caso de la acción del agua y del viento la masa de suelo pasa a las zonas bajas, desde donde es arrastrado por los cauces mayores hacia otros lugares donde se acumulan los sedimentos.

Movimientos de ladera

Una zona sin vegetación favorece también los movimientos de ladera que por gravedad arrastran los suelos de las laderas hacia las zonas deprimidas para ser evacuados.

Soluciones alternativas

Las soluciones más sencillas para evitar la alteración de los suelos pasan por:

- La repoblación con especies autóctonas, «**especies adaptadas al ecosistema de la zona**», y no con otras alóctonas como la utilizada en las falsas repoblaciones administrativas de los equivocados planes forestales, que usan pinos y sobre todo eucaliptos, especie esta última, de crecimiento rápido y continuo, aun después de talados (si no se eliminan los tocones), con unas necesidades hídricas desmesuradas y unos efectos ambientales tremendos, ya que en su desarrollo, impermeabilizan el suelo, facilitando las inundaciones, y lo acidifica, con lo cual desaparecen especies simbióticas de microorganismos asociados a las raíces de otros vegetales, como bacterias y hongos micorrizas. Además no sirven de alimento y favorecen la erosión.

- La elaboración de **bancales**, y cuando se dice elaboración de bancales, es «para dar a la ladera un aspecto escalonado que evite la escorrentía torrencial», y no la excavación con maquinaria pesada que arrastre el suelo original, sino que evite una escorrentía acelerada, produzcan roturas en la pendiente para favorecer la infiltración y la disminución de la energía cinética del agua, dedicada a la erosión.

CAUSAS DE LA DESERTIFICACION



Desierto de Tabernas. (Almería)



Concepto de desierto

Se entiende por desierto «aquellas regiones del planeta con unas características climáticas particulares, derivadas de unos factores de tiempo meteorológico peculiares». Así, las precipitaciones no superan los 250 mm. anuales normalmente, bajo condiciones climáticas anticiclónicas (de presión alta), y sin vegetación ni fauna significativa, pero característica.

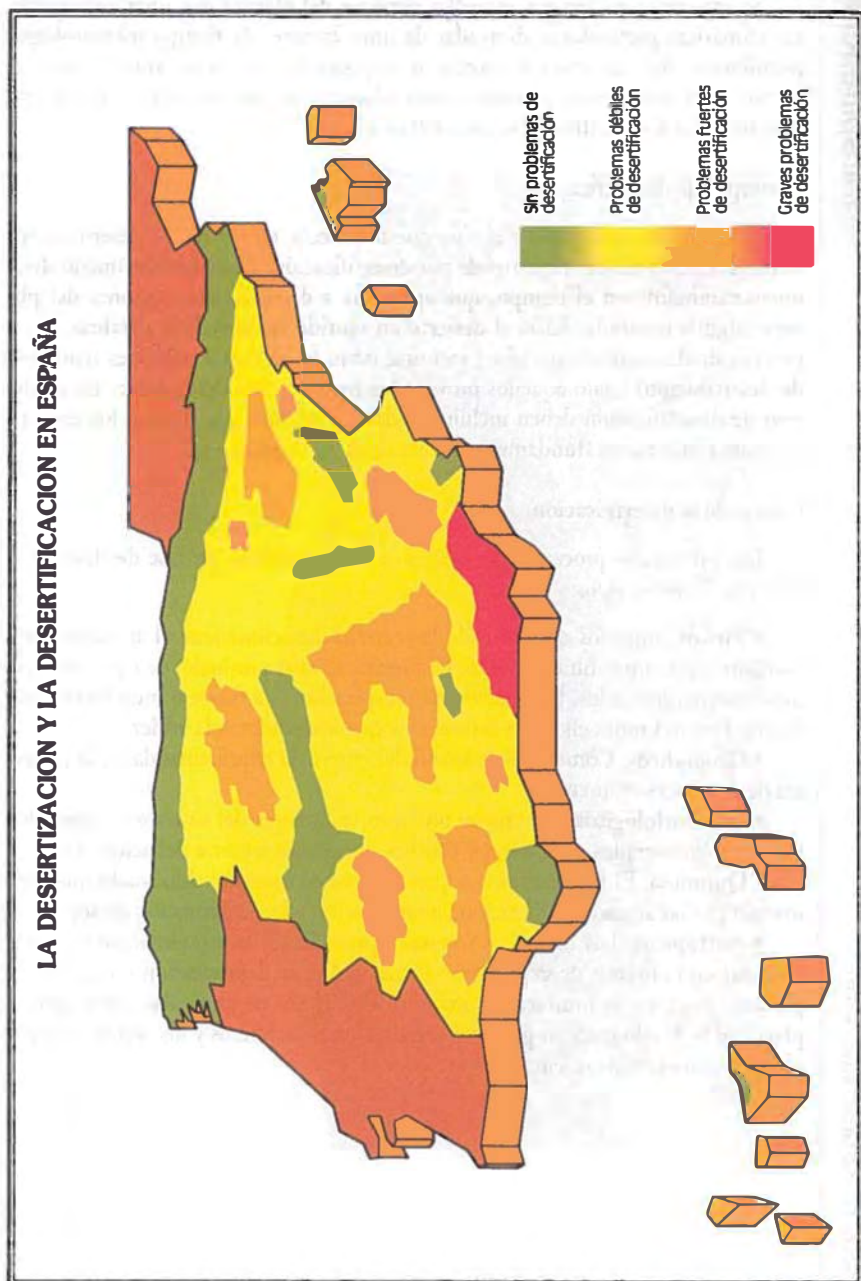
Concepto de desertificación

Se considera aquí, por ser el tipo que nos afecta, el proceso de desertificación hacia el desierto cálido. Se entiende por desertificación como «un fenómeno dinámico, cambiante en el tiempo, que aproxima a determinadas regiones del planeta (alguna española) hacia el desierto en sentido estricto de la palabra». En el proceso de desertificación, deben incluirse tanto los procesos naturales (concepto de desertización) como aquéllos provocados por la acción del hombre. En el proceso de desertificación deben incluirse todas las acciones que alteran los ecosistemas más importantes (fundamentalmente el suelo, bosques, etc.).

Causas de la desertificación

Los principales procesos que afectan a los ecosistemas en fase de desertificación son de varios tipos:

- **Físicos.** Aquellos derivados de las condiciones climáticas: el anticiclón permanente, las temperaturas elevadas, las precipitaciones puntuales de tipo torrencial que arrastran los suelos, la fuerte evapotranspiración y la fuerte o muy fuerte insolación. Factores todos ellos que favorecen y que incrementan la aridez.
- **Geográficos.** Como la disposición del relieve, la continentalidad y la presencia de corrientes marinas.
- **Geomorfológicos.** El entorno próximo, la litología del sustrato erosionable y los suelos encostrados por costras y caliches, sometidos a fuerte deflación eólica.
- **Químicos.** El fuerte arrastre superficial por escorrentía, el lixiviado profundo intenso por las aguas de infiltración, la salinización y la alcalinización de suelos.
- **Antrópicos.** Los incendios forestales provocados, la esquilmación de masas boscosas con criterios de explotación inadecuados, la deforestación en general, el pastoreo abusivo, las roturaciones inapropiadas, el uso de pesticidas, fertilizantes y plaguicidas, la salinización por sobreexplotación de acuíferos y los vertidos orgánicos (alpechines, vinazas, etc.) incontrolados.



Desertización y desertificación en España

La desertificación en España se manifiesta en todos los valores de los índices establecidos (desde el índice menor, sin problemas de desertificación, hasta los graves o muy graves problemas de desertificación).

Comenzando por estos últimos, hay que apuntar que la superficie afectada por los graves o muy graves problemas ocupan un 30% del territorio nacional, y están concentrados geográficamente en el sureste peninsular.

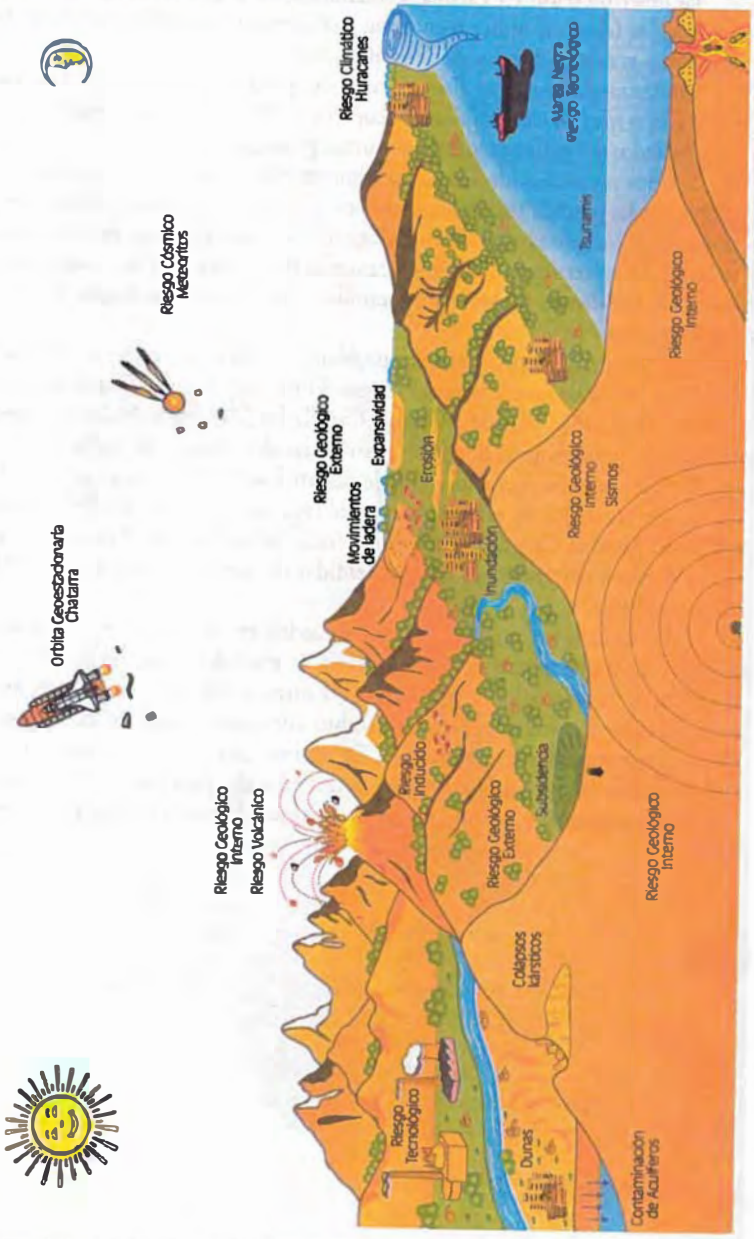
Son las provincias de Granada, Almería y Murcia las más afectadas por este problema. La pérdida secular de suelo por la erosión favorecida por factores de distintos tipos ha roto el equilibrio ecológico y la zona está en un proceso de desertificación de su territorio. Morfológicamente las formas tipo cárcavas y en asociación, los bad-lands, junto con las ramblas, son las características del paisaje de estas regiones.

El 45% del territorio presenta problemas moderados a fuertes de desertificación. Las zonas de las cuencas del Duero, Ebro, Tajo y Guadalquivir, en las comunidades de Castilla y León, Aragón, Castilla-La Mancha y Andalucía, presentan localmente grandes áreas donde hay profundas alteraciones del suelo.

El 25% restante tiene una tasa de desertificación prácticamente nula. La alteración de los suelos en estas regiones que coinciden con la Cordillera Cantábrica, Pirineos, Sistema Central, Cordillera Ibérica, Sierra Morena, y unas más meridionales del área del Estrecho, son de pérdidas de suelo menores a 10 Tm/Ha/año, valor asumible.

En resumen, las circunstancias que pueden evitar el grave riesgo de desertificación en el país pasan por la adopción de medidas y corrección de impactos antrópicos (a corto o muy corto plazo), y otras para evitar la modificación de las condiciones climáticas generales (cambio climático), también de origen antrópico, como medidas a medio plazo. En ambos casos, aún caben medidas parciales de reequilibrio; y a largo plazo, la restauración pasa por el comportamiento general de Gaia, en cuyo organigrama, la especie humana no parece contar.

RELACIONES AMBIENTALES ENTRE EL HOMBRE Y LA LITOSFERA: RIESGOS NATURALES E INDUCIDOS



Riesgos naturales

La tercera base de la relación del hombre con la Geosfera, además de la obtención de recursos y de la generación de impactos ambientales, es la de riesgos naturales, que sufre como consecuencia de la actividad de la Tierra.

Concepto de riesgo

«Cualquier proceso, situación o suceso en el sistema general considerado, la Geosfera, que, con génesis natural, inducida por acción antrópica, o combinada de ambas, puede ocasionar un daño económico personal o social y en cuya predicción, prevención y/o corrección se han empleado criterios geológicos».

En la definición conviene matizar algunos aspectos con el fin de clarificarla en lo posible. En primer lugar, la definición supone, por un lado, situaciones de riesgo hipotético, que puede ocasionar en el caso de producirse, un daño; con el de riesgo real, cuando se desencadena el proceso o conjunto de acciones geológicas dependientes entre sí, que culminan con una catástrofe o no.

Concepto de catástrofe

Por tanto, la catástrofe es «la activación del riesgo», en cuyo caso puede ocasionar daños cuando no haya podido predecirse y por tanto prevenirse, o no se hayan adoptado medidas de protección civil, o no (en caso contrario) se han podido predecir su ocurrencia en el momento preciso o paliado sus efectos.

Predicción, prevención, corrección

La predicción, prevención y corrección en algunos casos es difícil, como en los riesgos sísmicos, mientras que en otros es más sencillo y las técnicas están más avanzadas, caso de los volcánicos, los climáticos, etc.

La anticipación del acontecimiento en espacio, tiempo, desarrollo e intensidad, indudablemente posibilita la prevención y la corrección del suceso o de sus efectos.

Clasificación de los riesgos. Tipos

Desde el punto de vista de la clasificación de los riesgos se va a utilizar una clasificación que amplía los términos, además de a los riesgos naturales (sin intervención humana) a los riesgos inducidos (por acción humana) y a las situaciones mixtas.

Los riesgos naturales podrían ser a su vez biológicos (que desencadenan daños para la salud, comunidades etc.), caso de las plagas, epidemias, etc., y físicos. Por todo ello, en la planificación del territorio deben tenerse en cuenta factores como:

- El índice de población. (PA)
- El índice de coste geológico. (CG)
- El coeficiente de proximidad al evento, en valores de (0, 0,5, 1) de lejanía a proximidad.
- El factor de catástrofe
- La frecuencia de sucesos.

En este último caso, los riesgos naturales físicos pueden ser, según las causas que los producen: climáticos, geológicos, geoclimáticos o cósmicos. Los riesgos inducidos son los ocasionados por la acción humana sobre la Geosfera, como son el aprovechamiento-agotamiento de los recursos naturales, la contaminación (vista en otros capítulos), etc. En este apartado deben considerarse también los riesgos tecnológicos, derivados de la utilización de la tecnología aplicada; en energía (Chernobyl, Three Island), Industria química (Bophal), etc... Los mixtos son los derivados de situaciones híbridas en los que la acción humana condiciona procesos geológicos naturales.

RIESGOS NATURALES DE TIPO FISICO: CLIMATICOS, GEOCLIMATICOS, COSMICOS

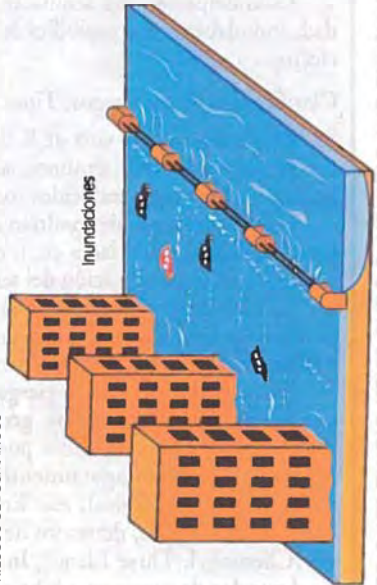
RIESGOS CLIMATICOS



RIESGOS CLIMATICOS



RIESGOS GEOCLIMATICOS



RIESGOS COSMICOS



Riesgos físicos

Se entiende por riesgos físicos «aquellos riesgos que con génesis exclusivamente natural son producidos por diferentes procesos: climáticos, geológicos, geoclimáticos o cósmicos».

Riesgos climáticos

Los riesgos climáticos son los producidos por los factores que determinan el tiempo meteorológico en una región geográfica particular. Como prototipos de riesgos climáticos están:

- Los ciclones tropicales, tifones o huracanes. Se tratan de torbellinos circulares con calma en el centro (ojo) y vientos extraordinariamente violentos, que tienen su origen en la zona ecuatorial y su génesis, quizá esté asociada al choque de masas de aire con diferente temperatura, grado de humedad y direcciones contrarias.
- Las olas de frío y calor, en relación con situaciones atmosféricas y climáticas regionales y globales. Las gotas frías del este peninsular serían un buen ejemplo, ya que son las causantes de las mayores inundaciones y catástrofes de este país.

Riesgos geoclimáticos

Causados cuando se combinan factores propiamente climáticos con otros de tipo geológico de superficie, al entrar en acción factores naturales de tipo morfológicos de las cuencas hidrográficas, cursos de agua, mecanismos de evacuación de los mismos, precipitaciones, etc.; y también antrópicos, como son las regulaciones de presas, la construcción de autopistas, la obstrucción de desagües y demás circunstancias particulares que a veces se dan en las inundaciones.

Riesgos cósmicos

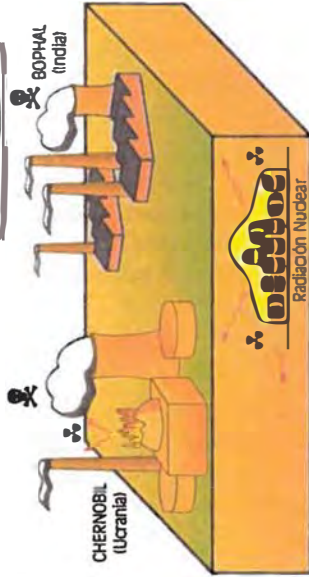
Por último, hay un riesgo físico latente que es el riesgo cósmico, o la posibilidad de que se produzcan impactos de un cuerpo cósmico de tipo meteorítico o cometario. Es un riesgo real, que, por otro lado, podría ser responsable de profundos cambios ambientales, como ya ha ocurrido en el pasado y parece que ocurrirá en el futuro.

Riesgos cósmicos inducidos

Mientras tanto y como consecuencia del desarrollo tecnológico asociado a las técnicas aeroespaciales, existe a una determinada altura sobre el planeta una órbita, llamada geoestacionaria, donde hay multitud de chatarra en disposición de impactar sobre las naves o de caer sobre la superficie, generando el riesgo cósmico (como recientemente ha ocurrido con un satélite de China, caído el 20 de marzo de 1996).

RIESGOS TECNOLOGICOS

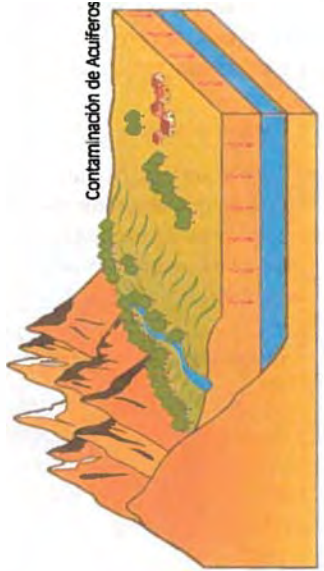
RADIACIONES NUCLEARES



MAREAS NEGRAS



VERTIDOS ANTROPICOS



AGOTAMIENTO DE RECURSOS



Concepto de riesgo tecnológico

Se entiende por riesgo tecnológico «todos aquellos riesgos derivados de la actividad humana, en relación con un nuevo sistema, la Tecnosfera, entendido como el conjunto de estructuras energéticas, tecnológicas o de cualquier otro tipo, creadas por el hombre para facilitar su desarrollo».

Tipos de riesgos tecnológicos

En ese sentido se han visto a lo largo del trabajo algunos riesgos, así como las circunstancias concurrentes en estos casos y su incidencia sobre el medio ambiente general. Dentro de este grupo de riesgos están los derivados de accidentes nucleares de Chernobyl, Three Islands (Harrisburg), o catástrofes ligadas a la actividad industrial, caso del accidente de Bhopal (India), etc.

También en este grupo de riesgos, está el transporte de combustibles fósiles, que puede producir mareas negras y su incidencia en el medio (ver transparencia 43), o la contaminación de acuíferos y la utilización de recursos naturales (ver transparencia 90).

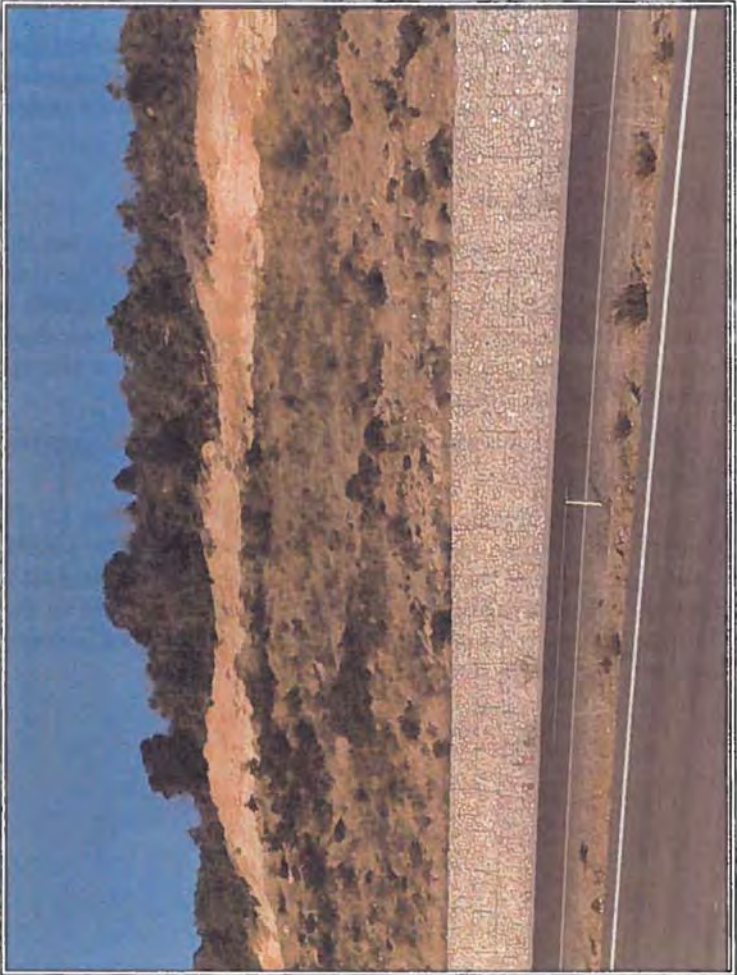
Consecuencias ambientales

En los primeros ejemplos citados, los accidentes nucleares, los más importantes por su gravedad, como el de Chernobyl (1.000 veces mayor que el de Three Island), hay que tener en cuenta que la contaminación radiactiva no sólo afecta al área de influencia inmediata, sino que la dinámica atmosférica puede dispersarlos, contaminando regiones a miles de kilómetros de distancia, que afectan a áreas donde ni siquiera se utiliza la energía nuclear.

La posterior precipitación radiactiva facilita la contaminación vegetal, animal y la cadena trófica total.

Otro problema añadido es la persistencia de la problemática. En el caso de Chernobyl se liberó cesio-137, cuya vida media es de 30 años, que acabará dentro de varias generaciones. Por tanto, ya que la característica fundamental de estos riesgos es la transnacionalidad, hay que mantener, como en todos los casos, una rigurosidad extrema en las medidas de seguridad y control de los factores tecnológicos que controlan estos sistemas.

RIESGOS GEOLOGICOS EXTERNOS. MOVIMIENTOS DE LADERA: DESLIZAMIENTOS



Deslizamientos Rotacionales



Deslizamiento múltiple



Deslizamientos planos

- 1 Repetto
- 2 Plano de estratificación
- 3 Calza



Autopista Vasco-Aragonesa. Igai. (Alava)

Movimientos de ladera

Los movimientos de ladera constituyen los procesos debidos a la dinámica externa que causan mayores catástrofes y riesgos potenciales, tanto para el hombre como para el sistema tecnológico, económico y social.

Factores que influyen en los movimientos de ladera

Todos los movimientos de ladera están controlados por dos tipos de factores:

- **Litológicos;** donde debe incluirse la naturaleza de la roca susceptible, su estructura, su textura, su comportamiento hidrológico, mecánico, geotécnico, etc.
- **Dinámicos;** conjunto de procesos del tipo de la meteorización, de las modificaciones antrópicas sufridas por las pendientes, de los descalces producidos por las obras públicas, por las cargas estáticas, etc.

Entre ambos factores provocan una situación límite que hace que se superen los umbrales de la estabilidad y se inicien los movimientos, pasando de la situación de riesgo a la de catástrofe.

Clasificación

La clasificación más sencilla pasa por definir los movimientos de la ladera en cuatro grupos: los deslizamientos (como el ejemplo), los desprendimientos, los flujos y las avalanchas. Los deslizamientos y desprendimientos son los más habituales y los que afectan mayoritariamente a las obras públicas.

Deslizamientos. Características. Tipos

Los deslizamientos son movimientos gravitacionales de masas rocosas sobre una superficie de rotura (en los deslizamientos sencillos) o varias en los complejos. El movimiento conjunto afecta a la totalidad de la roca y la velocidad suele ser rápida.

En algunos casos, el plano de deslizamiento corresponde a las superficies estructurales, a las de contacto entre el regolito y la roca, a los planos de estratificación o al contacto entre rocas de diferente competencia, etc.

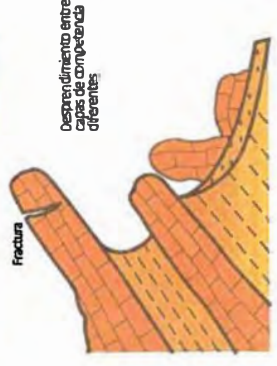
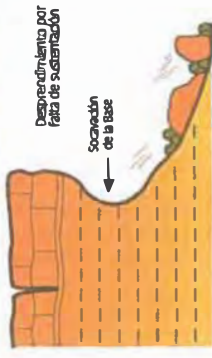
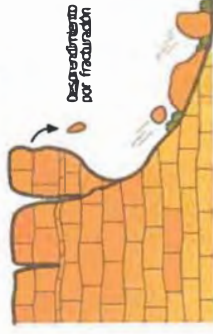
Predicción y prevención

La predicción es relativamente sencilla si se tienen en cuenta los factores desencadenantes, sobre todo los factores dinámicos, incluidos en la normativa geotécnica. La prevención normalmente se realiza de forma sencilla, mediante estructuras defensivas, como los gaviones, que evitan el movimiento.

La estabilización de taludes con vegetación previene y detienen según los casos el movimiento.

RIESGOS GEOLOGICOS EXTERNOS, MOVIMIENTOS DE LADERA: DESPRENDIMIENTOS

Tipos de Desprendimientos



Carretera de Tielmes. (Madrid)



Desprendimientos. Concepto

Los desprendimientos son movimientos de ladera donde se implican bloques que caen por acción de la gravedad a favor de planos de rotura, donde han actuado los procesos de la meteorización. El material removido se acumula en la base del talud, una vez estabilizado dinámicamente.

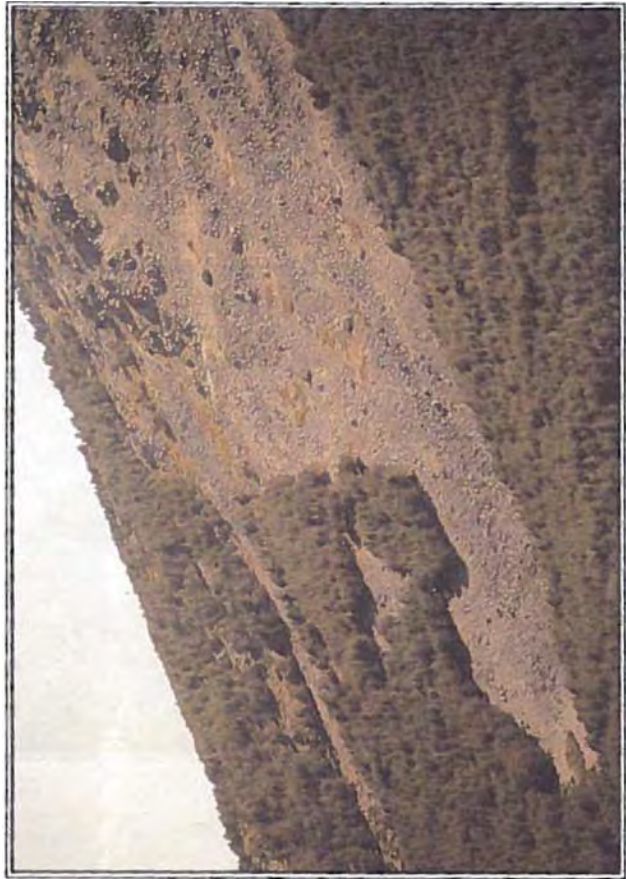
Factores que favorecen los desprendimientos

La caída de bloques afecta a taludes escarpados y los planos de fractura pueden coincidir o no con superficies estructurales (planos de estratificación, planos de esquistosidad). En el caso que no coincida con superficies estructurales pueden ser producidas por tensiones inducidas, de tracción, socavación de la base, diferencias de competencias entre rocas estratificadas, etc. También las condiciones climáticas pueden favorecer los desprendimientos, en tanto en cuanto el agua de precipitación puede actuar mediante la acción de cuña, disolución, etc., incrementando los factores.

Predicción y prevención

La predicción de estos movimientos es sencilla, puesto que la aparición de fracturas tensionales es anterior al movimiento y hay indicios suficientes para prevenirlos. Como normalmente afectan a las obras públicas, la elección de planos de inclinación de talud apropiados que evite el descalce de talud son las soluciones por aplicar; o en su ausencia, la fijación con material sintético y las redes metálicas son soluciones que paliar de alguna forma los efectos.

RIESGOS GEOLOGICOS EXTERNOS. MOVIMIENTOS DE LADERA: AVALANCHAS Y FLUJOS



Movimientos de Flujo



Coladas de barro



Reptación



Soliflucción



vertiente segoviana de la Sierra de Guadarrama. (Sistema Central)

Movimientos de ladera. Avalanchas y flujos

Las avalanchas son movimientos de ladera que afectan a masas rocosas con génesis diversas: los suelos, fragmentos de rocas que constituyen los regolitos, o rocas normalmente incoherentes que se desplazan en conjunto.

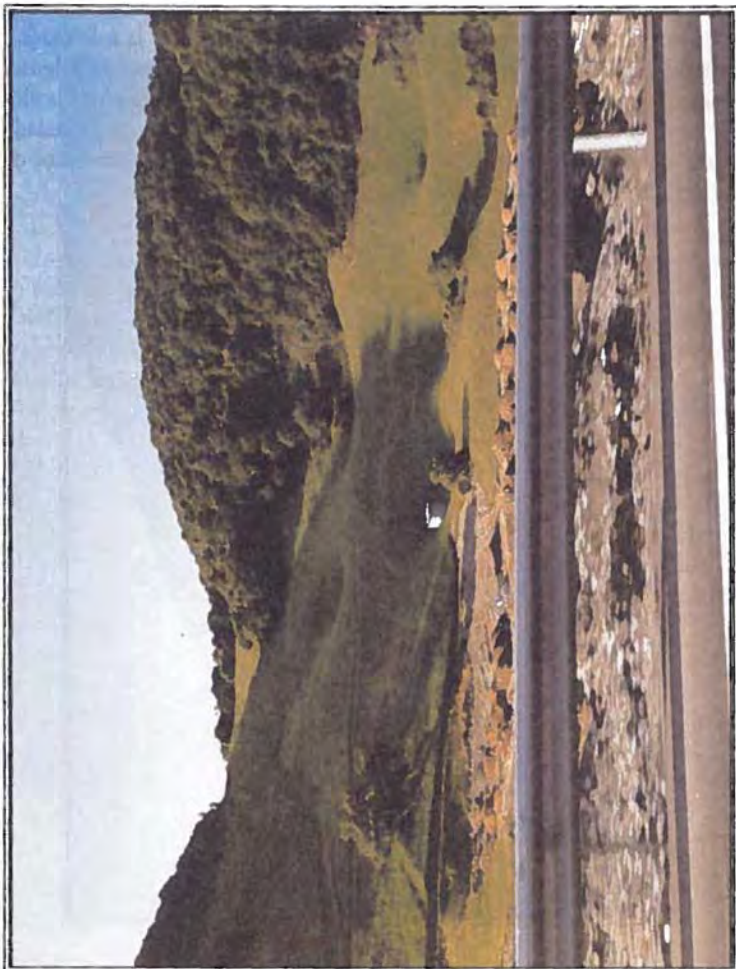
La masa rocosa se mueve con rapidez, favorecida por la presencia de agua en su interior, ya en estado líquido o bien en forma de hielo.

Las avalanchas suelen producirse en zonas montañosas con fuertes pendientes, afectadas por procesos de gelifración.

Los flujos son movimientos de ladera que afectan a materiales no cohesionados, que se mueven con lentitud y que tienen composición diferente, a veces arcillosa (colada de barro), otras mezcladas, derrubios (coladas de derrubios) o de rocas (coladas de fragmentos de rocas).

Dentro de los movimientos de flujo están la reptación y la soliflucción. El primero es un movimiento con un componente de desplazamiento lento y más rápido el segundo. Ambos movimientos se dan en suelos y regolitos de alteración. En su desplazamiento, además de intervenir la pendiente y la gravedad, deben existir causas que favorezcan el movimiento, normalmente mecanismos de hielo-deshielo, en áreas periglaciares.

RIESGOS GEOLOGICOS EXTERNOS: COLAPSOS, ARCILLAS EXPANSIVAS, EOLICOS.



Colapso Gravitacional Minas



Compactiones



Aumento de volumen.
Arcillas expansivas



Acción eólica

Procesos Másticos en la carretera N-634, Laredo. (Cantabria)



Riesgos geológicos externos. Colapsos, Arcillas expansivas, eólicos

Dentro de los riesgos geológicos externos, se consideran aquí los movimientos con una componente en la vertical, generados, no por acción tectónica, sino por hundimientos debidos a procesos naturales propios de la dinámica externa como son: elevaciones-hundimientos asociados a los cambios de volumen por hidratación-deshidratación de determinados materiales rocosos (arcillas normalmente); a las subsidencias por disolución o por extracción de fluidos, etc. . y a la acción del viento.

Los colapsos naturales suelen producirse en los macizos karstificables, constituidos por rocas susceptibles de disolución, como son los carbonatos, los yesos y las sales minerales.

Hay en todas estas rocas, procesos de disolución superficial (formas exógenas) que aprovechan las estructuras de fracturación para comunicarse con el interior de la masa rocosa. La disolución que progresa en profundidad, puede favorecer la creación de oquedades, galerías, simas, grutas, etc. (formas endokársticas). Cuando las rocas superficiales pierden la base que las soportan, se colapsan estructuralmente.

Efectos ambientales

Si en superficie existen estructuras antrópicas, como construcciones, obras públicas o carreteras, etc., el riesgo para las mismas es manifiesto. Lo mismo puede suceder si en vez de producirse la disolución en profundidad, se produce la socavación por la excavación para extraer materias minerales o la extracción de los fluidos de las rocas. Existen claras posibilidades de colapsos con los mismos efectos.

Cuando las construcciones se apoyan sobre rocas capaces de modificar su volumen al hidratarse o deshidratarse, en el caso de no tomar las medidas oportunas durante la construcción o de tipo corrector, después pueden sufrir tensiones estructurales que pueden llegar a arruinarlas.

Mención aparte por tener génesis diferente es la acción del viento. El movimiento de grandes volúmenes de arena debido a la deflación eólica, puede llegar a arruinar suelos, enterrar cultivos, o en el caso de encontrar estructuras humanas de otro tipo, afectarlas profundamente.

Indudablemente, los efectos de las dunas se van a acrecentar esencialmente en las zonas litorales, donde hay vientos y arena, para desencadenar el proceso. La estabilidad de las dunas con la vegetación suele ser la fórmula más eficaz para detenerlas, además de un estudio geotécnico que considere las circunstancias.

RIESGOS GEOLOGICOS EXTERNOS. DINAMICA MARINA: ACANTILADOS



Castro Urdiales. (Cantabria)

Riesgos geológicos externos. Dinámica marina. Acantilados

El acantilado es una forma de erosión marina que se origina en la interfase Litosfera-Hidrosfera, cuando las rocas que lo constituyen tienen una estructura apropiada, que se opone a la acción marina.

Formalmente, para que se forme un acantilado, las rocas de la costa, de ser sedimentarias, deben disponerse horizontales o con un buzamiento contrario a la dinámica marina. El responsable único es el oleaje que desencadena un conjunto de acciones contra la roca, hasta conseguir desgastarla y romperla.

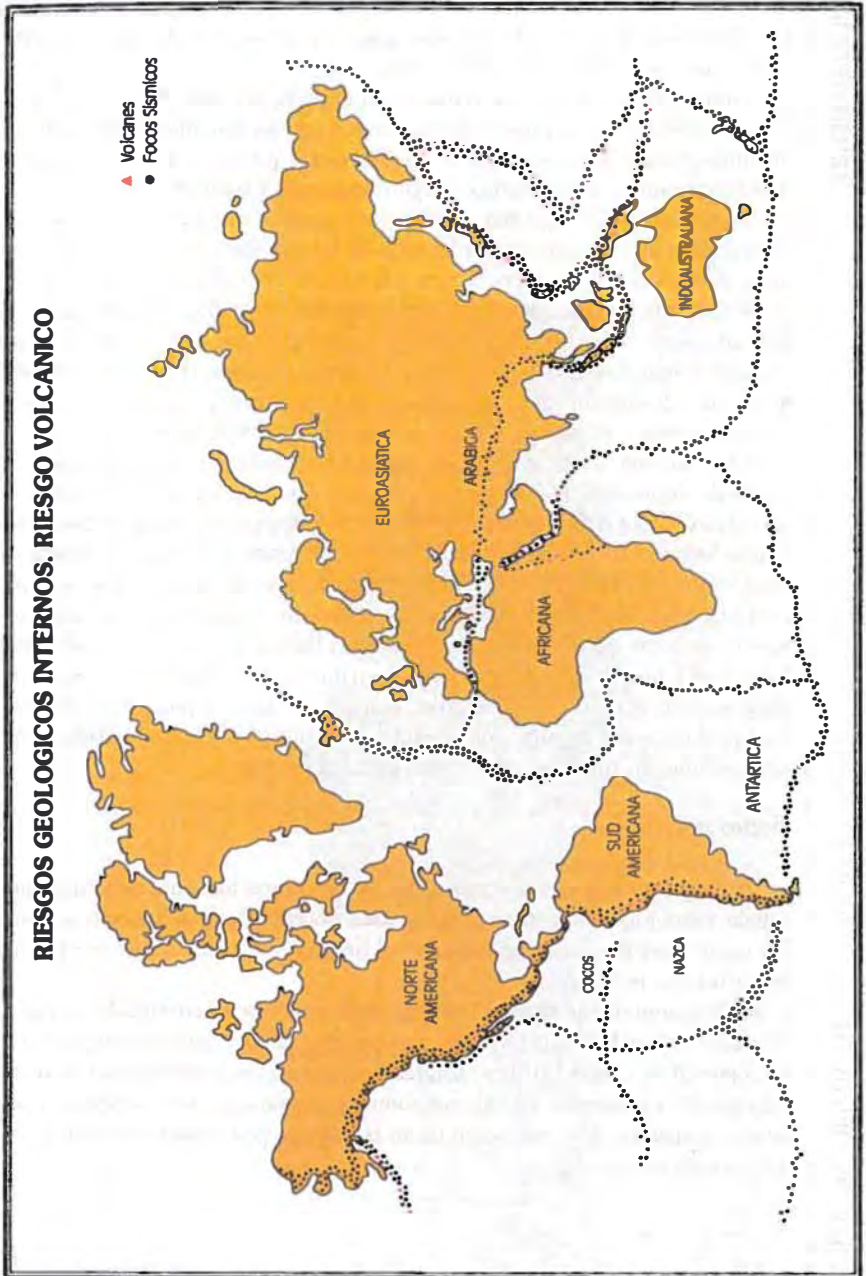
La primera acción que hay que tener en cuenta es la acción de impacto. El choque de la masa de agua contra las rocas de la costa, ejerce una presión de varios miles de Kg/cm.², que agrieta la roca y la rompe. Pero cuando la masa de agua impacta contra la roca, además del efecto anterior, se produce la compresión del aire que ocupa la porosidad primaria y secundaria. Ese aire comprimido por acción del agua favorece, por introducir tensiones internas, la fractura y el incremento del diaclasado, que no hace más que incrementar la superficie rocosa expuesta a estos y otros efectos de meteorización seguidos de erosión.

Una vez rota la ola, se produce, junto a la debida por la precipitación, un efecto de disolución (meteorización química), que incrementa la alteración del acantilado. Todos estos efectos, primero físicos y después químicos de disolución, lo que hacen es socavar la base del acantilado. Cuando el proceso se acentúa, la masa rocosa del conjunto del acantilado carece de base, de sustento físico que permite una estabilidad duradera, al final se produce un hundimiento, un desprendimiento de rocas que en principio actúa como barrera autoprotectora del acantilado, hasta que la dinámica marina distribuye estas rocas por la renovada plataforma de abrasión, reiniciándose entonces de nuevo el proceso. El resultado final es el retroceso, la migración del acantilado, que puede quedar aislado si existen movimientos eustáticos de descenso del nivel del mar.

Efectos ambientales

El riesgo que esta acción supone para las estructuras humanas es fundamental, debido sobre todo a la construcción en áreas susceptibles de sufrir estas acciones. Un riesgo lento de acción inexorable en el tiempo, que puede acabar por arruinar las estructuras antrópicas.

El conjunto que se muestra (un acantilado donde se ha construido un puente romano, un faro de la Edad Media y una pequeña catedral gótica del siglo XIII-XIV en el puerto de Castro Urdiales -Cantabria-, junto a las construcciones de finales del siglo XIX y principios del XX), está sometido a estas acciones. Comenzar a pensar en las medidas de conservación de las estructuras pertinentes, no vendría nada mal en estos casos.



Importancia del proceso volcánico

El fenómeno volcánico ha ocupado un lugar preferente en la historia, desde su consideración como lugares sagrados, hasta el aprovechamiento económico de los suelos desarrollados en las rocas volcánicas por su alta productividad agrícola. Desde el punto de vista geológico, el proceso volcánico es importante porque reúne: una extensión superficial espectacular, como es casi el 70% de la superficie del planeta, es decir, los fondos oceánicos; su distribución es universal, tanto terrestre como en otros cuerpos del Sistema Solar; el tiempo de actuación, dilatado a lo largo de toda la historia del planeta; su contribución a la génesis atmosférica y oceánica, o a la obtención de energía (Geotérmica).

Distribución geográfica del volcanismo

La distribución de volcanes sobre el planeta, obedece a unas pautas geométricas determinadas, a un ambiente geodinámico que coincide con los bordes de las placas, bordes activos en su mayoría, denominados: cinturón circumpacífico, la zona activa mesoocénica y la zona transmediterránea-Himalaya. Y en otras, zonas dispersas, no relacionadas con bordes activos, como la región volcánica española de las Islas Canarias.

Riesgo volcánico: factores que lo caracterizan

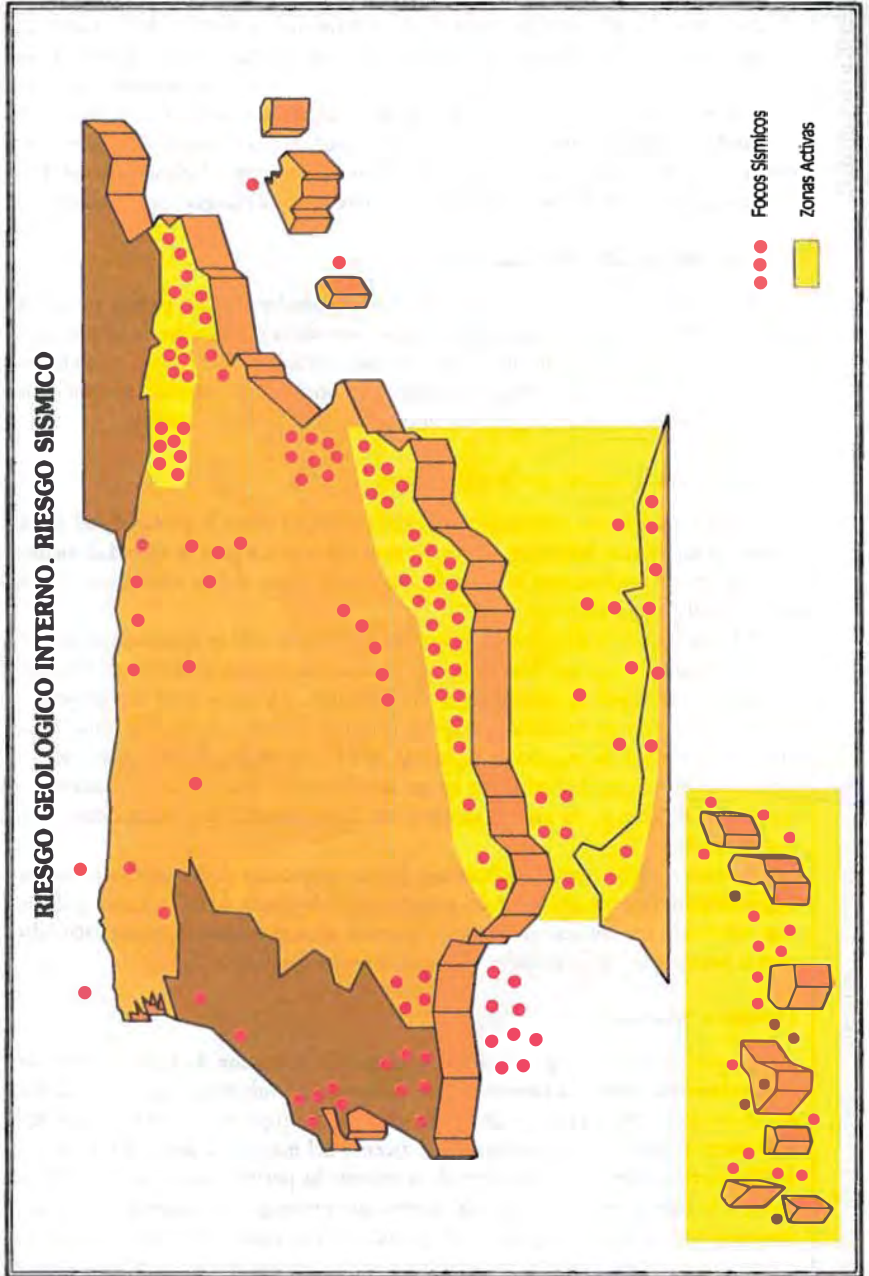
En la consideración del riesgo volcánico, entendido como la probabilidad de ocurrencia de un proceso volcánico con daños para el hombre o para su actividad socioeconómica, influye precisamente la geografía humana en torno al foco volcánico y las características del proceso eruptivo.

En relación con la distribución geográfica del hombre, sólo se apuntará que las regiones volcánicas, son regiones ricas en las que se desarrollan suelos altamente productivos y, por tanto, son lugares de asentamiento. Sin embargo, y a veces, estos asentamientos se sitúan en áreas con un mecanismo eruptivo peligroso. Ocurre con aquellas zonas situadas próximas a volcanes de erupciones explosivas, donde además de generarse productos piroclásticos, se liberan gases tóxicos o en las que interfieren a la vez, un proceso volcánico con la presencia de agua, ya sea marina, subterráneas, lagos, ríos, etc., que incrementan el riesgo por explosión.

A veces el riesgo viene condicionado por la interacción de los procesos volcánicos con geológicos de otro tipo, caso del glaciarrismo de las cimas de los volcanes, o de sistemas volcánicos que en caso de erupción generan además coladas de lodos (tipo lahar), mezcla heterogénea de lavas, lodos y agua de la fusión del hielo.

Predicción volcánica

La predicción del riesgo volcánico, pasa por la evaluación de factores, procesos y acontecimientos como: La caracterización de la vida del volcán en cuestión, tanto histórica como de cadencia, períodos de ocurrencia, tipo de erupción, etc.; la detección de los movimientos sísmicos que acompañan el ascenso del magma; la detección de la actividad fumarólica previa y la evolución de la misma; las posibles modificaciones del subsuelo; y la elaboración de mapas de riesgos que prevengan los mismos, de entrar en erupción el volcán. En cualquier caso la predicción (encargada a los técnicos) debe coordinarse con la prevención y en su caso evacuación, que corresponde a las autoridades civiles y Protección Civil.



Concepto de sismo o terremoto

Otra de las manifestaciones externas de la energía de la Tierra son los terremotos, entendidos como «la liberación instantánea y puntual de la energía elástica, acumulada en las rocas por acción durante un cierto tiempo de tensiones dirigidas». Conviene matizar la definición, en el sentido de que es válida para la principal causa de la generación de sismos como es la fracturación de las rocas.

Distribución geográfica de los terremotos

La distribución geográfica de los terremotos obedece esencialmente a pautas geométricas definidas en la Tierra, coincidentes con los bordes activos de placas. Las principales zonas son: el cinturón circumpacífico, los fondos oceánicos coincidentes con las áreas de cordilleras mesoecónicas y la banda Azores-Himalaya.

Predicción sísmica. Factores que la caracteriza y problemática

Actualmente el objetivo fundamental de la sismología es la predicción sísmica, o «la determinación geográfica y temporal de la ocurrencia del sismo, con la antelación suficiente para aplicar las medidas correctoras, que salvaguardan miles de vidas humanas y los millones de dólares que cuestan la destrucción y posterior recuperación de las áreas afectadas. Desde los años 60 se vienen aunando los esfuerzos para tal fin, y, se ha descubierto que, previamente al terremoto, acontecen una serie de factores llamados Precusores, preludio del movimiento. Los precusores pueden agruparse en distintos tipos:

Tradicionales: Estudian la variación del comportamiento animal, o las disposiciones planetarias.

Estadísticos: Conocimiento estadístico del área de ocurrencia y otros factores.

Geológicos: Estudian la variación del nivel de costas, las variaciones del nivel freático, o las basculaciones anormales de las rocas.

Sísmicos: Análisis de movimientos previos y réplicas para la aplicación posterior.

Físicos: Elevaciones centimétricas del terreno. Incremento de la radiactividad por radón, en pozos de aguas subterráneas. Variaciones anormales de las propiedades físicas de las rocas, de la velocidad de las ondas P y S y de la susceptibilidad eléctrica y magnética de las rocas. Incremento de la piezoelectricidad.

Químicos. Emanaciones de mercurio. Variaciones de las reacciones químicas alrededor del foco sísmico.

La problemática existente se centra en la integración de todos los factores para conseguir discernir el tiempo real del acontecimiento, la clasificación en señales de largo o corto plazo y el desarrollo de modelos teóricos y experimentales capaces de extrapolarlos a la realidad. Todo ello, porque no se puede alarmar a la población con predicciones que usan precusores que no fijen situación geográfica exacta, magnitud, probabilidades, etc.

Prevención de riesgos

Para paliar en lo posible los efectos de los sismos, se utilizan:

- Criterios geológicos, como la determinación de las zonas de fallas superficiales. Se realizan estudios neotectónicos para evitar su acción y elegir asentamientos sin peligro en la ordenación del territorio.

- Criterios geotécnicos, que prevean los riesgos asociados como son: los corrimientos de tierra, la rotura de embalses, la reactivación de fallas, la licuefacción de suelos, los hundimientos, las avalanchas y los seiches.

- Criterios sociales, que prevengan los incendios, los saqueos, etc.

RIESGO VOLCANICO EN ESPAÑA



▲ Complejo Teide.
-Pico Viejo- Tenerife. (Carreras)



LANZAROTE



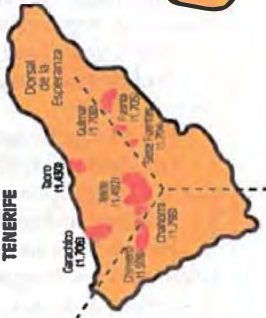
FUERTEVENTURA



LAS PALMAS



TENERIFE



GOMERA



EL HIERRO



LA PALMA



Volcanismo histórico
Volcanismo reciente
(mínimo miles de años)

Riesgo volcánico en España

El riesgo volcánico actual, en España, se circunscribe exclusivamente al archipiélago canario. Aunque en la España Peninsular hay enclaves volcánicos más o menos extensos, como los del Campo de Calatrava, Olot o el del Cabo de Gata, de edad terciaria terminal-cuaternario. No se trata de un volcanismo activo, por tanto carece de peligrosidad y por ende de riesgo.

Volcanismo en las Islas Canarias

El volcanismo del archipiélago canario, sí se trata de un volcanismo activo. Es el responsable de la propia génesis de las islas y es histórico en la mayoría de ellas. Así, se datan al menos doce episodios volcánicos históricos desde la colonización española en el siglo XVI, hasta las más recientes, la de Tinguatán (Lanzarote 1.824) y la del Teneguia (La Palma, año 1971).

Dentro del conjunto de islas, existe mayor probabilidad de producción de procesos volcánicos en el grupo de las islas de Tenerife, Lanzarote, La Palma y El Hierro, que en el grupo constituido por La Gomera, Las Palmas y Fuerteventura, cuyas erupciones son muy antiguas y llevan al menos miles de años de inactividad.

Ambiente geodinámico canario. Factores geológicos del riesgo volcánico

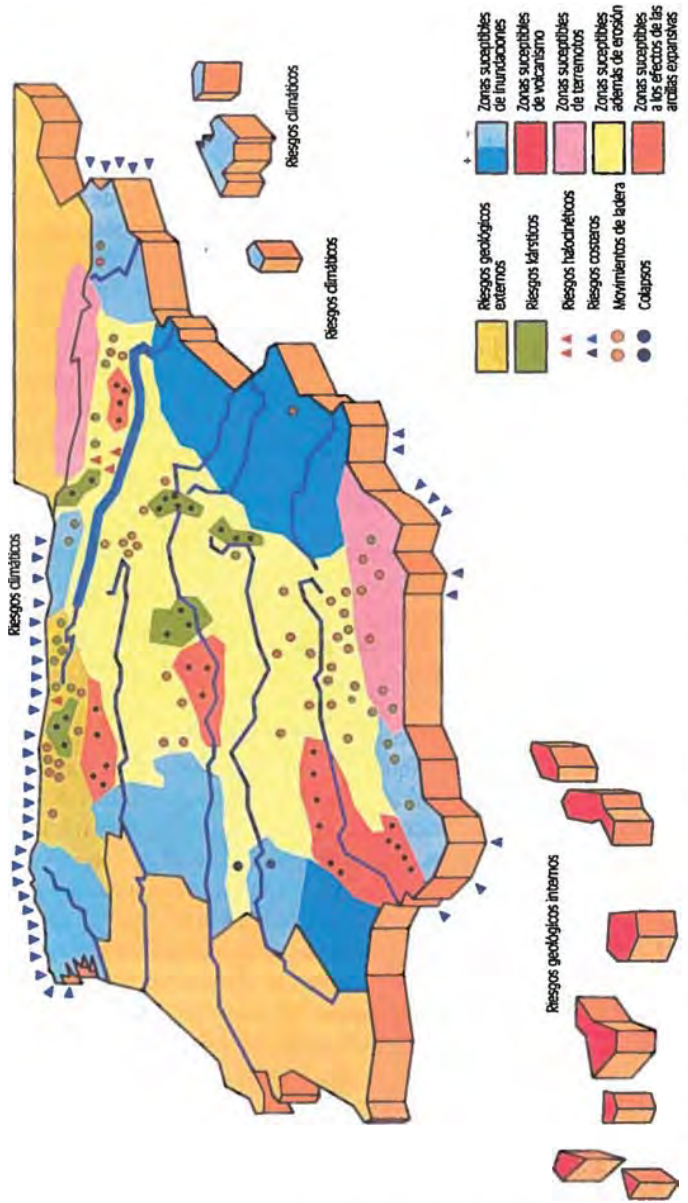
El ambiente geodinámico que caracteriza el archipiélago, corresponde con un volcanismo de borde continental pasivo de placa, o volcanismo de intraplaca. Por tanto, a grandes rasgos, la composición de magma está próxima a basaltos alcalinos, fluidos, con baja explosividad. La salida de los gases se realiza con facilidad, lo que evita las explosiones catastróficas, por eso, tanto la peligrosidad como el riesgo son en general bajos.

Los sistemas volcánicos canarios se asocian con las alineaciones de tipo fisural, denominadas dorsales, (que debe entenderse aquí sin la connotación que esa palabra tienen en la dinámica global) y que forman volcanes de estructura compleja, con materiales poligénicos, donde coexisten los episodios volcánicos con emisión de productos piroclásticos, con las coladas de lavas de movimiento relativamente lento.

Normalmente en otros tipos de volcanes, el riesgo está asociado a los productos piroclásticos. En este caso, las posibilidades de peligro por caída de piroclastos es nulo prácticamente, entre otras cosas, porque no abundan. Las lavas, lentas debido a su composición, permiten la evacuación, por lo que no presentan tampoco riesgo alguno para personas. Sin embargo, sí presentan riesgo tanto para los bosques, como para las poblaciones, obras públicas en general o cultivos; por tanto, frente a la ausencia de riesgo personal, si cabe un cierto o importante, según los casos, riesgo económico-social.

Los episodios volcánicos reiterativos, facilitan el crecimiento de estructuras volcánicas, como el complejo Teide-Pico Viejo, que alcanza cotas de 3.718 metros, que es la altura máxima del país. En este punto, el magma, más superficial y viscoso, posibilita las fases explosivas con riesgo añadido de generación de lahares, por los aparatos nivales en las cumbres.

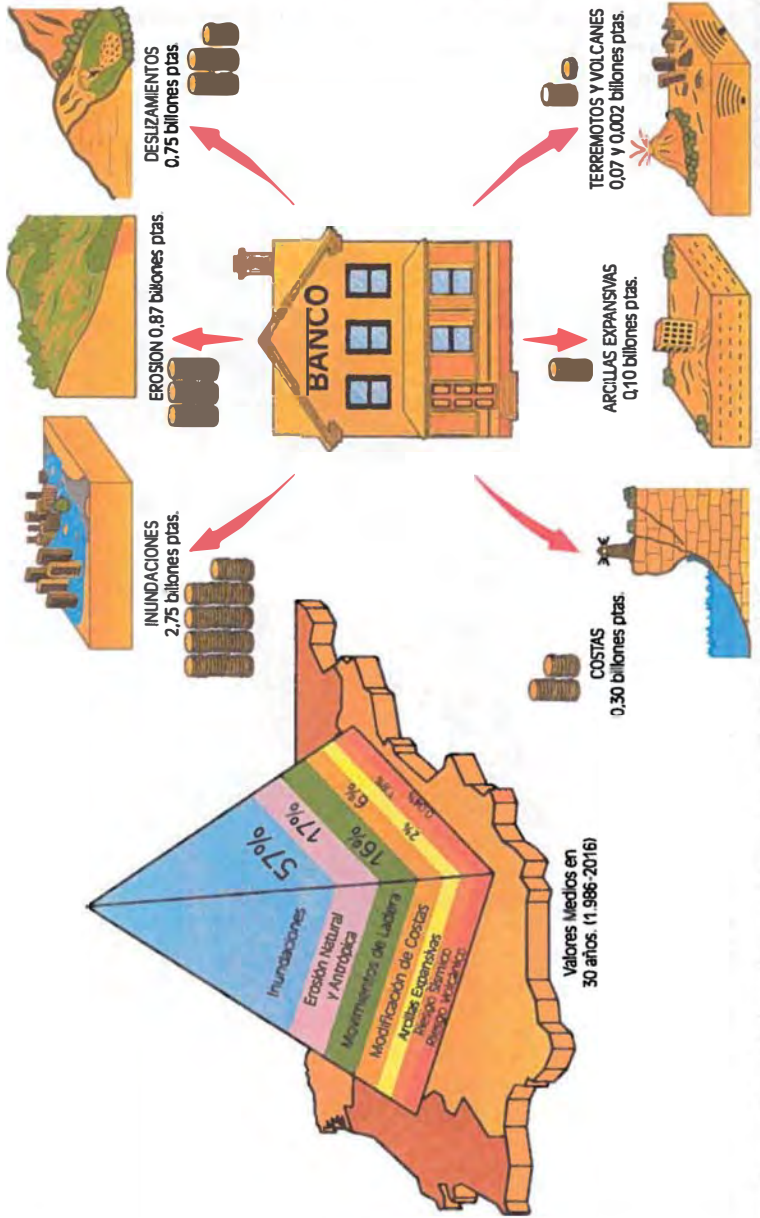
DISTRIBUCION GEOGRAFICA DE LOS PRINCIPALES RIESGOS GEOLOGICOS EN ESPAÑA



Distribución geográfica de los principales riesgos geológicos en España

La distribución geográfica de riesgos geológicos en España, totalmente aleatoria e irregular, harían muy prolija cualquier descripción detallada. Por tanto, basta citar la exclusividad del riesgo volcánico en el archipiélago canario y los costeros en el litoral.

RIESGOS GEOLOGICOS EN ESPAÑA. IMPORTANCIA ECONOMICA



Cuantificación de riesgos en España

La estimación de riesgos en la Península Ibérica puede cuantificarse en varios sentidos, por un lado, calculando el porcentaje sobre el total que corresponde a cada riesgo principal, y, por otro, la importancia económica que representa cada uno. De la importancia económica pueden derivarse multitud de circunstancias sociales fáciles de imaginar.

Con mucho, el máximo riesgo tanto en la España peninsular como en la insular corresponde a los producidos por las inundaciones. En este apartado deben incluirse los efectos debidos a la inundación en sí, la cual tiene como causas diversas: las precipitaciones intensas puntuales, la mala gestión de la red hidrográfica, la ocupación sistemática de cauces para fines diferentes, la rotura de presas y las causas climáticas más o menos excepcionales, como la casi característica «gota fría» mediterránea o canábrica. El porcentaje sobre el total estimado es del 57% para este riesgo, que en el año 1.995 se ha cobrado más de 20 víctimas y en los tres primeros meses del 96 ya se igualaban esas cifras, sin tener en cuenta los daños materiales.

En torno a un valor 16-17% se estiman los riesgos debidos a la erosión. La erosión conlleva graves consecuencias para uno de los recursos productivos no renovables más importantes, como son los suelos. La erosión natural, incrementada por otras acciones antrópicas específicas, son las causantes de la deforestación. Salvo la zona Norte y algunos lugares puntuales en el resto de la Península, el resto del territorio es susceptible de sufrir este riesgo y otros riesgos asociados, como los producidos por los movimientos de ladera.

A mayor distancia porcentual, se encuentran otros riesgos. Así, los porcentajes bajan en otros procesos geodinámicos y geotécnicos que generan riesgos, como son la modificación de costas, en términos generales (6%) de los riesgos y la acción de las arcillas expansivas sobre las construcciones y obras públicas en general.

Por debajo de esas proporciones quedan los riesgos con causas geológicas internas, como los de tipo sísmico (1,7 del total), concentrados geográficamente en la zona sur peninsular, por su relación geográfica con una zona activa a escala global, y a la zona Pirenaica, que guarda relación con los procesos tectónicos compresivos que generó la cordillera. Y los riesgos volcánicos, concentrados en el archipiélago canario (0,04).

Estimación económica de los riesgos en España

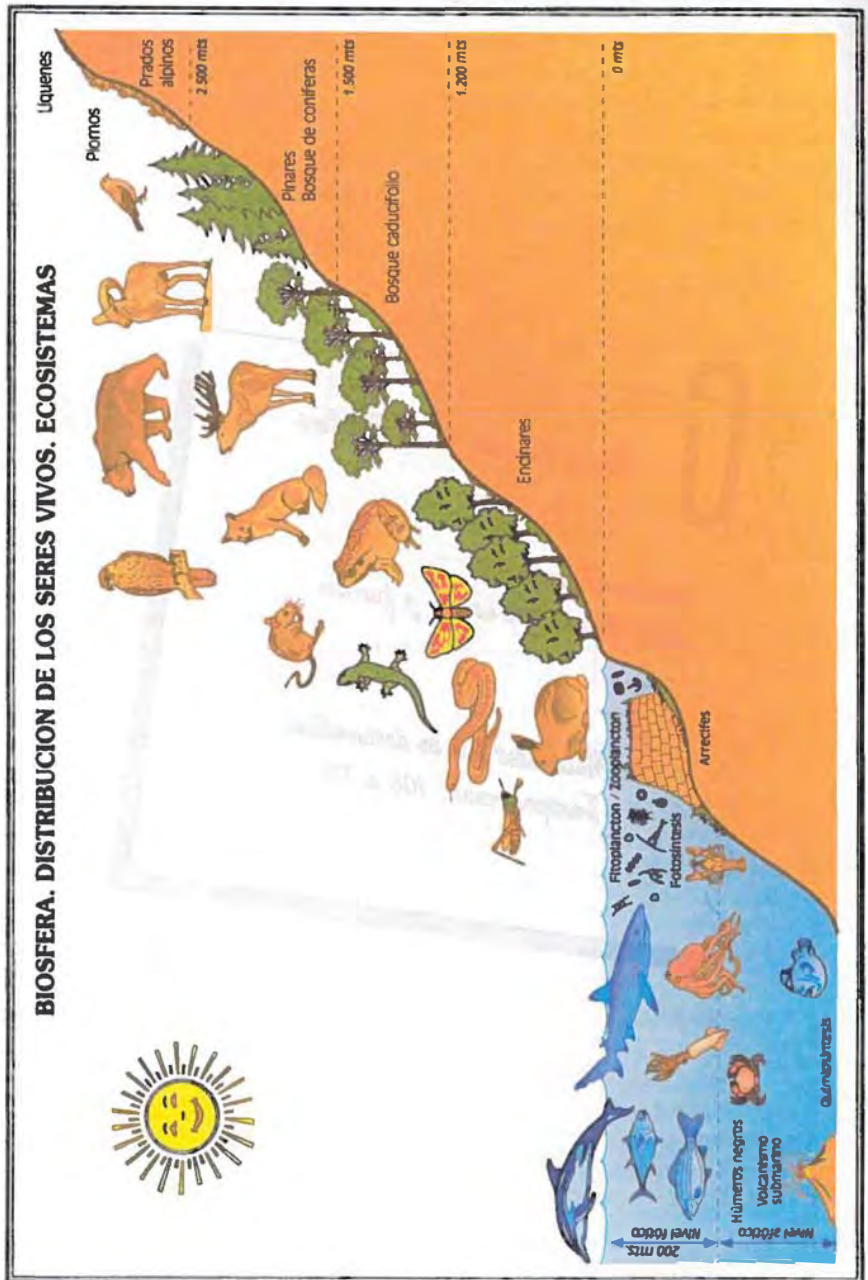
La estimación económica de riesgos, en valores medios, teniendo en cuenta las posibilidades de error, se cifra en 4,8 billones de pesetas. La aplicación de medidas predictivas, preventivas y de corrección de efectos disminuiría la cifra a menos de la mitad de los valores actuales.



Bloque Temático 4: La Biosfera

*Unidad Didáctica 11:
Ecosistemas. Estructura y función*

*Materiales que la desarrollan:
Transparencias: 108 a 115*



Concepto de Ecología

La Ecología, es una ciencia que estudia las relaciones existentes entre los seres vivos y el medio en el que éstos viven. Dentro de este concepto general, se pueden definir otros que la complementan, como son: la Autoecología, que estudia los factores físico-químicos del medio, la influencia de estos factores en los organismos, en su evolución y desarrollo; Sinecología, que estudia las relaciones entre organismos de diferentes especies; y la Ecología de las poblaciones, que estudia las relaciones existentes entre los organismos de la misma especie.

Los seres vivos en su conjunto se agrupan en un sistema, la Biosfera, que debe entenderse como una parte de la Tierra, donde existen seres vivos, organizados en ecosistemas.

Distribución de los seres vivos

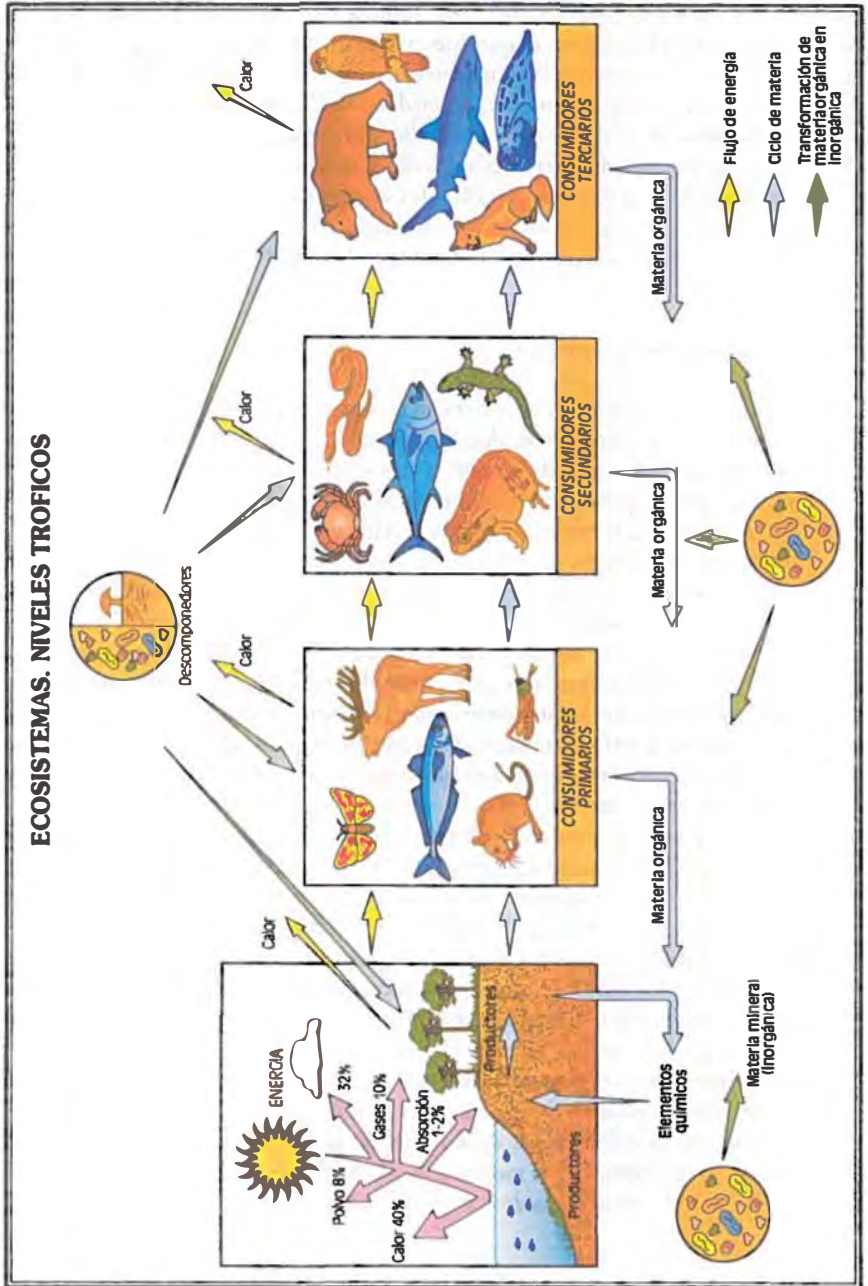
La distribución de los seres vivos en el planeta es prácticamente total, desde los fondos oceánicos profundos, donde no penetra la luz y, por tanto, el problema principal es la obtención de energía, la cual se hace a partir de la especialización de los organismos, que consiguen la energía para vivir, gracias a reacciones quimiosintéticas a partir de la materia mineral aportada por los húmeros negros (chimeneas volcánicas en funcionamiento actual); hasta las cumbres más altas del planeta, donde exista flora y/o fauna significativa.

Es indudable que la dispersión de los seres vivos está condicionada por los factores físico-químicos, los climáticos u otros, por lo que en cada lugar aparece una flora y una fauna adaptada y característica. El conjunto de organismos (biocenosis), que puebla un lugar determinado (biótomo), recibe el nombre de ecosistema; área en la naturaleza que comprende organismos vivos y sustancias inertes, actuando recíprocamente para producir un intercambio de materiales entre los elementos vivos e inertes.

En todas las biocenosis pueden establecerse estructuras determinadas, condicionadas por la diversidad de organismos, la abundancia de algunos en particular y la distribución de los mismos en la comunidad. Desde luego, la biocenosis no permanece fija, sino que va cambiando en razón a las variaciones de las condiciones ambientales de tiempo corto, día-noche, medio, año o de mayor duración.

En este último caso se habla de sucesión dentro de la comunidad. La sucesión puede ser primaria si se establece por primera vez desde un lugar sin fauna ni flora anterior (caso de lavas de erupciones recientes o de rocas que afloran en superficie por primera vez), y secundaria, cuando una biocenosis sustituye a otra que ha desaparecido (caso de la desaparición por incendio).

Cuando la colonización de un biótomo por una comunidad determinada alcanza el equilibrio con el medio, se habla de clímax. El cambio de las condiciones físicas, por ejemplo, puede acabar con el clímax.



Energía y materia en los ecosistemas

Los ecosistemas para su funcionamiento, necesitan materia y energía que los mantengan activos y dinámicos. La energía utilizada es fundamentalmente energía solar, de la que el ecosistema utiliza una mínima parte, cuantificada en un 1-2% aproximadamente. El resto se pierde en las diferentes capas atmosféricas por diferentes procesos.

Aunque los sistemas naturales en relación con la energía se ajustan al enunciado del primer principio de la termodinámica, «la energía no se crea ni se destruye, se transforma», y se transforma principalmente en energía química, la almacenada en los enlaces químicos, susceptibles de ser utilizada por otros organismos. También se ajustan al enunciado del segundo principio de termodinámica, que preconiza «una pérdida sustancial de energía en forma de calor». Sin embargo, la característica esencial de los sistemas naturales es que la energía se utiliza de forma direccional, sin posibilidad de utilización cíclica ni retornable.

La materia, dentro de los ecosistemas, sí tiene un funcionamiento cíclico. Su utilización comienza cuando la materia inorgánica, contenida en los minerales, es absorbida por los vegetales que la transforman en su propia materia orgánica y que es transferida bajo esa forma a través de los animales, hasta su descomposición y transformación póstuma de nuevo en materia inorgánica en disposición de ser absorbida de nuevo.

Niveles tróficos. Tipos y características generales

Las transferencias de materia y energía que se producen en los ecosistemas, se siguen perfectamente a través de las cadenas alimenticias de cada nivel trófico, entendido «como el conjunto de organismos con idénticos hábitos en la obtención de materia y energía».

Los diferentes niveles tróficos son los siguientes:

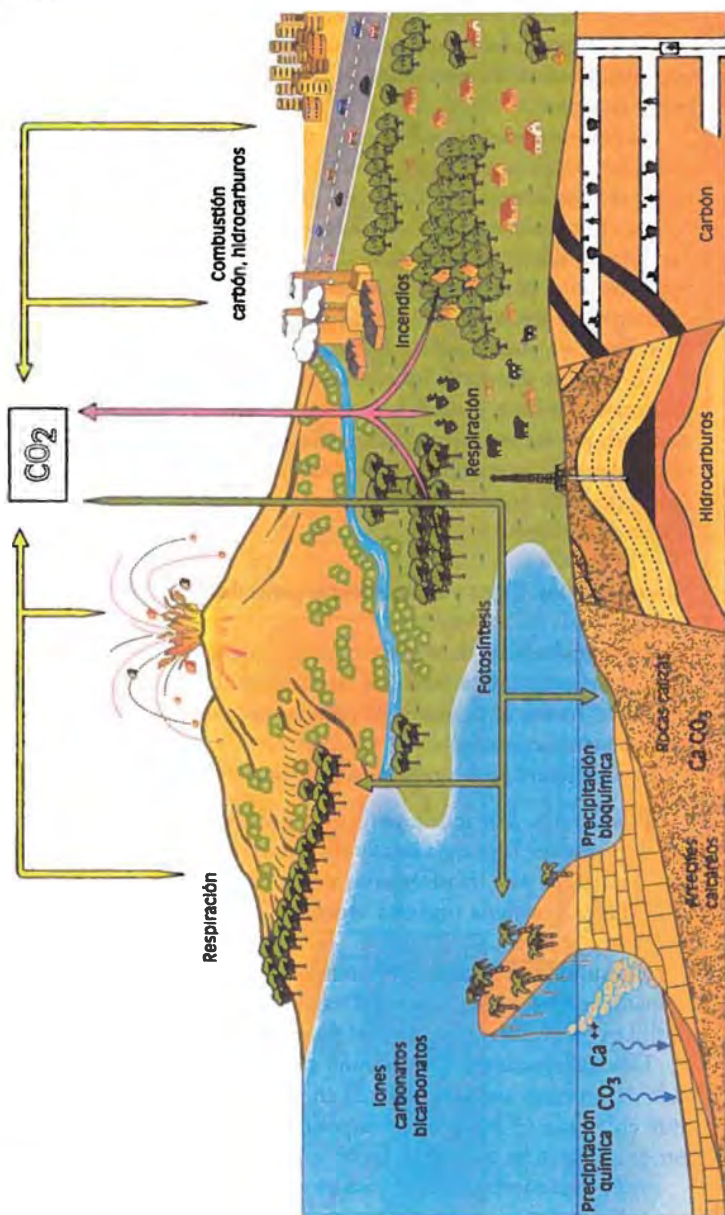
Productores. Son aquellos organismos llamados también autótrofos, que utilizan directamente la energía solar y las sales minerales (elementos químicos inorgánicos) y el agua para transformarlos mediante el proceso de la fotosíntesis en energía química y materia orgánica vegetal. (En este nivel están todos los vegetales terrestres y acuáticos.)

Consumidores secundarios y terciarios. Utilizan la materia y la energía transformada por los consumidores primarios o secundarios (en el caso de los terciarios). Los productores terrestres y el zooplacton carnívoro son los ejemplos.

Descomponedores. Organismos que transforman la materia orgánica, derivada de un resto animal y vegetal, en materia inorgánica o en materia orgánica muy elaborada (el humus), en disposición de ser utilizada de nuevo. Dentro de este grupo están las bacterias y los hongos saprofitos.

Transformadores. Utilizan para su vida materia inorgánica o materia orgánica, que transforman en materia inorgánica en disposición de ser utilizada de nuevo por los productores. Bacterias.

CICLOS BIOGEOQUÍMICOS. CICLO DEL CARBONO



Ciclo del carbono

El carbono se encuentra disperso en los sistemas ambientales de diferentes formas, con la peculiaridad de poder ser reciclado o intercambiarse entre ellos de diversas maneras. La fuente principal de carbono está concentrada en el sistema ambiental denominado Atmósfera. Se estiman masas de orden de $7 \cdot 10^{11}$ Tm. Su concentración allí, se debe a la actividad interna del planeta, que lo expulsa en forma de CO_2 , mediante los procesos volcánicos.

Ciclo natural

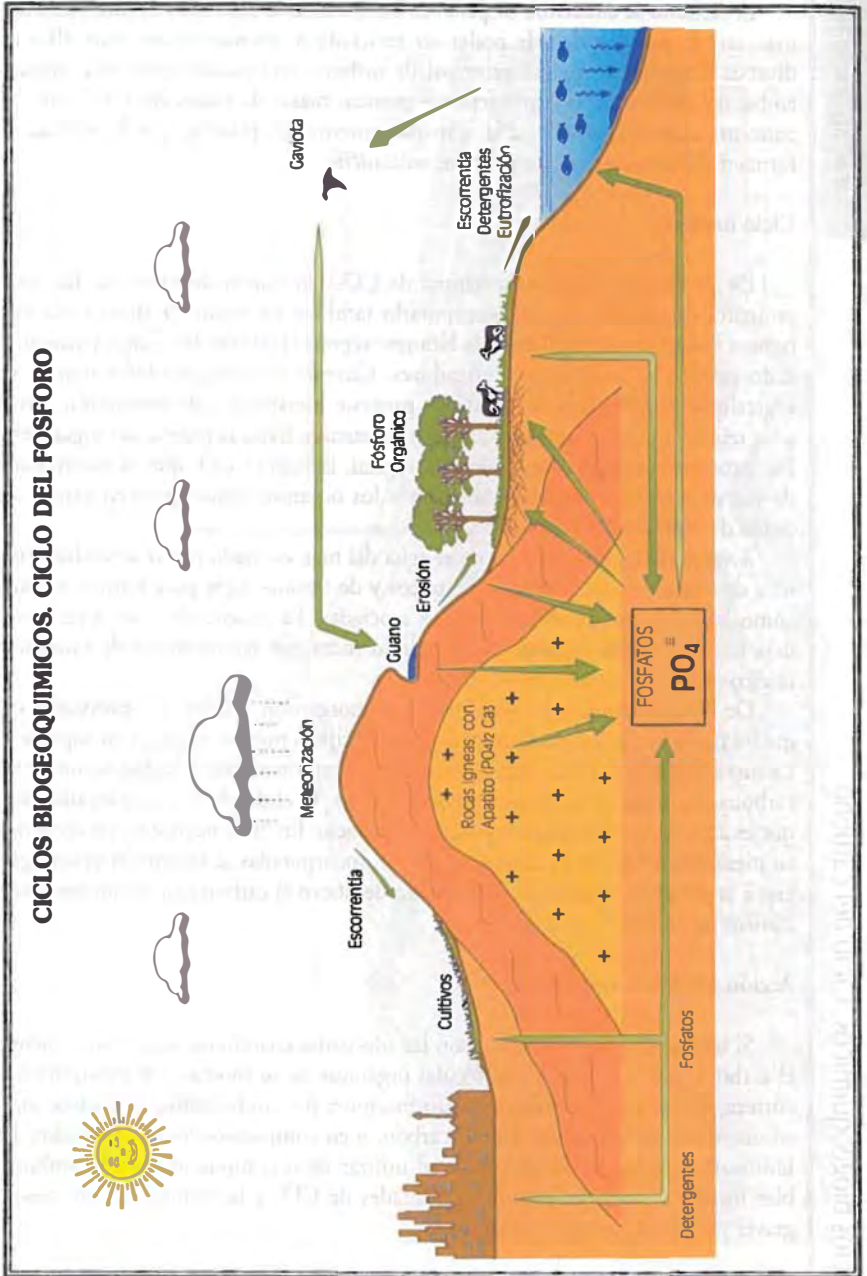
De la Atmósfera (almacén natural de CO_2), lo toman directamente los componentes fotosintéticos para incorporarlo también en forma de dióxido de carbono a la función clorofílica y a la biomasa vegetal ($100.000 \cdot 10^{11}$ Tm.), parte utilizado por los propios fotosintetizadores. Cuando los consumidores toman los vegetales en su alimento, mediante los procesos metabólicos de asimilación, pasan a los tejidos animales, donde el carbono es retenido hasta la muerte del organismo. Los procesos de respiración, animal y vegetal, liberan el CO_2 que es incorporado de nuevo a la Atmósfera. De ahí pasa a los océanos, donde parecen existir del orden de $500.000 \cdot 10^{11}$ Tm. de CO_2 .

A veces el carbono disuelto en el agua del mar, es fijado por la actividad orgánica de organismos, como los celentéreos y de algunas algas para formar colonias como los arrecifes y colonias algáceas asociadas. La muerte de estos seres vivos, deja sus estructuras esqueléticas formando rocas con composición de carbonato cálcico orgánico.

De igual forma que las rocas calcáreas inorgánicas pueden ser trastocadas del medio por la actividad tectónica, las calizas recifales pueden aparecer en superficie. La meteorización química de ambos tipos por carbonatación y la disolución de los carbonatos, pasan el carbono al sistema acuoso, la Hidrosfera, como bicarbonato, que es arrastrado a los océanos para cerrar el ciclo. En otras ocasiones, las rocas que contienen carbono en su composición son incorporadas al interior terrestre, gracias a la dinámica litosférica, apareciendo de nuevo el carbono en los procesos volcánicos ya citados.

Acción antrópica ambiental

Si las condiciones geológicas son las adecuadas cuando los seres vivos mueren, el carbono que contiene las moléculas orgánicas de su biomasa, se incorpora a la corteza, donde aquéllas sufren transformaciones profundas, enriqueciéndose sucesivamente en carbono para formar carbón, o en compuestos hidrocarbonados, los hidrocarburos. La acción antrópica, al utilizar estos compuestos como combustibles fósiles, incorporan ingentes cantidades de CO_2 a la Atmósfera, con riesgos graves ya apuntados en otros capítulos.



Ciclo del fósforo

El fósforo es un elemento químico que de forma natural, se encuentra en las estructuras minerales del tipo del apatito $\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$, fosfato tricálcico, presente en las rocas ígneas de origen plutónico. Su removilización se produce por la meteorización química que altera el mineral, liberando el ion fosfato. Éste se incorpora al ecosistema terrestre al ser absorbido por los vegetales para incluirlo en los compuestos orgánicos del tipo de los ácidos nucleicos y de las moléculas con función energética, tipo Adenosin fosfato (ATP), (ADP) y (AMP) tri, di y monofosfatado, respectivamente. De los vegetales pueden pasar, a través de la dieta de los herbívoros, a los animales.

La descomposición, por las bacterias y los otros organismos de ese nivel, de los productos orgánicos de excreción animal que contienen fósforo o de la materia orgánica muerta, animal o vegetal, reincorpora el fósforo nuevo al ciclo terrestre.

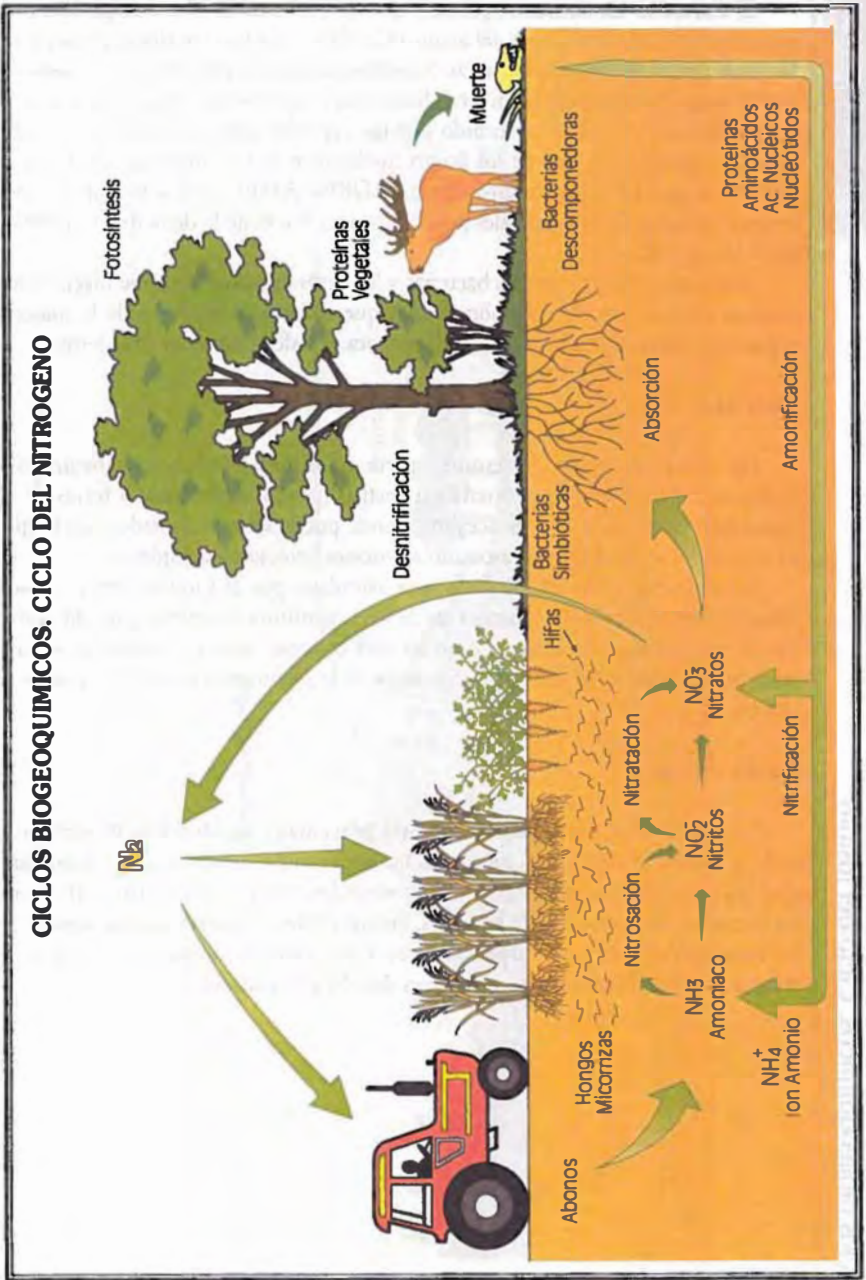
Ciclo natural

Por la meteorización y la erosión, parte del fósforo puede ser removilizado y transportado mediante la escorrentía superficial, y por infiltración, a través de la escorrentía profunda hasta los océanos, donde puede ser sedimentado, con lo que su reincorporación al ciclo va asociado a procesos geológicos complejos.

No obstante, parte de ese fósforo es asimilado por el fitoplancton y el zooplancton, en similares estructuras a las de los organismos terrestres, y de ahí, a través de los predadores acuáticos como las aves costeras, hasta el continente, donde es de nuevo depositado con los excrementos de la avifauna, el guano, cerrándose el ciclo.

Acción antrópica

La acción antrópica, puede incorporar porcentajes significativos de fósforo al ciclo, a través del vertido de sustancias químicas como los detergentes fosfatados, que llevados a cuencas marinas y continentales, tienen como principal efecto ambiental, la eutrofización de las aguas, favoreciendo el desarrollo desmesurado de las comunidades de microorganismos en estos medios, agotando el oxígeno y creando problemas ecológicos más graves debido a esta acción.



Ciclo del nitrógeno

El nitrógeno molecular se encuentra en la Atmósfera en proporciones del orden del 78%. En esa forma, el nitrógeno es inocuo e inutilizable para los seres vivos, por lo que necesita distintas transformaciones químicas para ponerlo en situación de ser absorbible y asimilado por ellos.

Procesos de transformación

En los procesos de transformación intervienen algunos microorganismos del tipo de bacterias, algas y hongos micorrizas, todos ellos capaces de oxidar el nitrógeno hasta convertirlo en nitratos asimilables por los vegetales. Como estos organismos se relacionan mediante simbiosis con las estructuras radiculares de muchos vegetales, ceden a estos proporciones de nitrógeno.

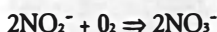
Otros organismos bacterianos, como clostridium y acetobacter como géneros representativos; se especializan en formar amoníaco (NH_3), que, junto con los otros descomponedores que actúan en el ecosistema, incrementarían las proporciones de este compuesto. El proceso se llama amonificación.

Nitrosación y nitratación

Microorganismos especializados, también de tipo bacteriano, son capaces de oxidar el amoníaco, en primera instancia, para formar nitritos (nitrosación):



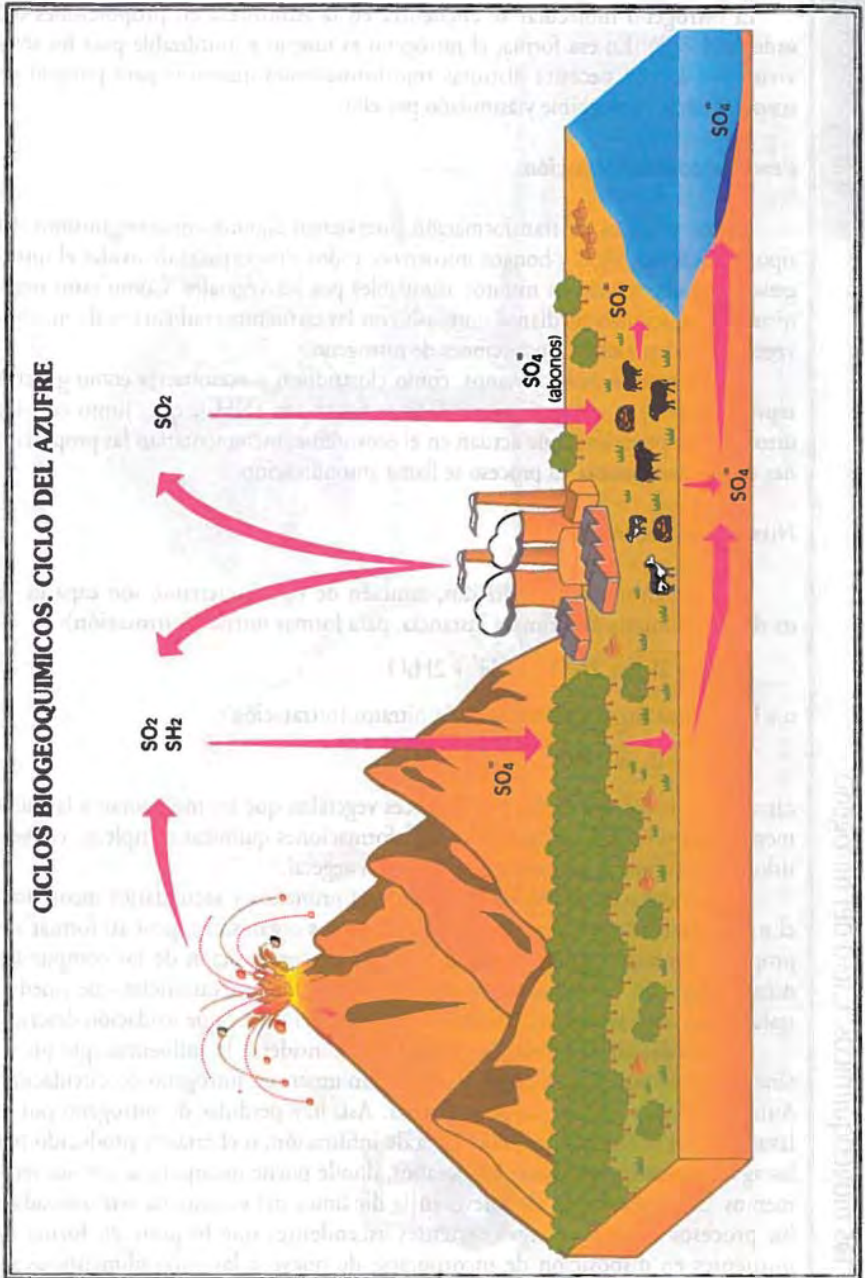
o a los nitritos para transformarlos en nitratos (nitratación):



capaces ya, de ser absorbidos por las raíces vegetales, que los incorporan a las rutas metabólicas propias para, mediante transformaciones químicas complejas, convertirlos en compuestos orgánicos de la biomasa vegetal.

Dentro del ecosistema, los consumidores primarios y secundarios incorporan el nitrógeno fijado en las proteínas vegetales a sus organismos, para así formar sus propias proteínas o para obtener energía. La descomposición de los compuestos nitrogenados en los mecanismos de respiración liberan sustancias que pueden transformarse en amoníaco, iniciándose de nuevo el proceso de oxidación descrito.

Dentro del ciclo del nitrógeno hay que considerar la influencia que puede tener los procesos que eliminan parte del volumen de nitrógeno en circulación. Aunque siempre será de modo temporal. Así, hay pérdidas de nitrógeno por el lavado de los suelos que realiza el agua de infiltración, o el arrastre producido por las aguas de escorrentía hasta los océanos, donde puede incorporarse con los sedimentos. Su introducción de nuevo en la dinámica del ecosistema está asociada a los procesos de «upwelling» corrientes ascendentes que lo pone en forma de nutrientes en disposición de incorporarse de nuevo a las rutas alimenticias de peces, aves, etc.



Ciclo del azufre

El azufre en la biosfera está presente en diferentes formas, fundamentalmente como óxido y anhídrido sulfuroso, SO , SO_2 , como sulfuro de hidrógeno, SH_2 y como ion sulfato (SO_4^{2-}). Los tres primeros tienen una génesis que está asociada a procesos naturales de tipo volcánico. De ellos, el único directamente absorbible por los seres vivos es el ion sulfato, que es tomado por los vegetales para después ser reducido a sulfuro de hidrógeno e incorporado a las moléculas de aminoácidos, como la cisteína o la metionina para formar las proteínas, necesarias en las funciones vitales.

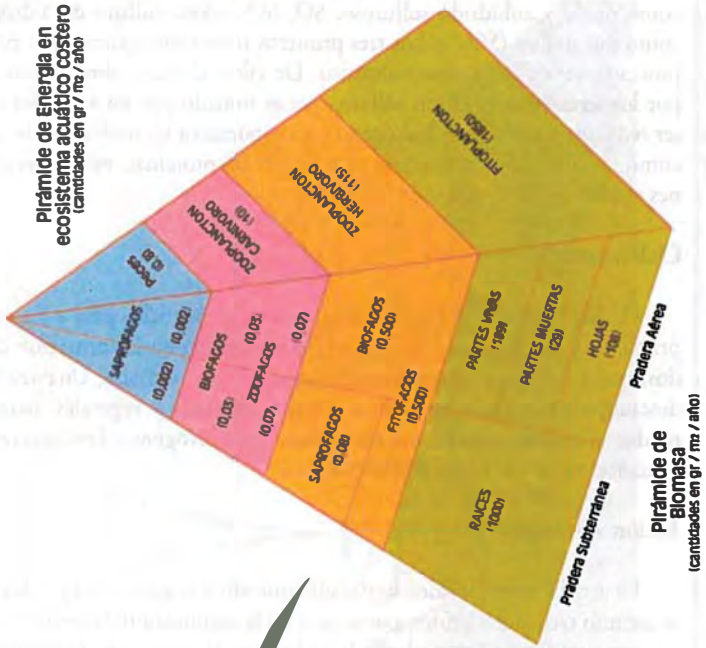
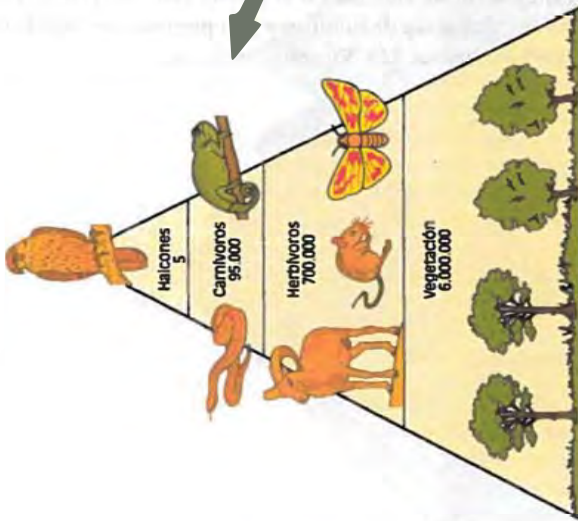
Ciclo natural

De los vegetales, y a través de la cadena alimenticia, pasa a los consumidores primarios y secundarios para ser utilizado también en la formación de aminoácidos, que a su vez conforman las proteínas de los animales. Una vez muertos, los descomponedores actúan sobre los restos animales y vegetales, para devolver al medio el azufre bajo forma de sulfuro de hidrógeno. Los descomponedores actuantes aquí, son bacterias anaeróbicas.

Acción antrópica

La acción antrópica descontrolada, introduce ingentes cantidades de azufre en el circuito cíclico del azufre, por acción de la combustión de los recursos fósiles en procesos artificiales asociados a la industria, al transporte fundamentalmente y mediante la utilización de abonos. En el primer caso, la problemática, ya vista, debe asociarse a la formación de sulfúrico y a su precipitación bajo la forma de lluvia ácida. Ver transparencias 32 a 36, ambas inclusive.

TIPOS DE PIRAMIDES ECOLOGICAS



Pirámides ecológicas

Conocidas las redes alimenticias de un ecosistema y de cada uno de los niveles tróficos, es posible la representación gráfica de las cadenas tróficas. El resultado son las pirámides ecológicas, donde mediante sucesivos escalones (los niveles tróficos), se representan áreas proporcionales a la magnitud que se representa.

Tipos de pirámides

Las pirámides ecológicas son de varios tipos:

Pirámides de Energía (o de producción). Indican las cantidades de energía que existe en un nivel trófico y que pasa a otro nivel. En este caso, no hay posibilidad de inversión de tramos, ya que la energía que sustenta el nivel que se sitúa por encima, siempre es mayor.

Pirámides de Biomasa. Representan la masa total de los seres vivos en cada nivel trófico. La información que se procesa para la realización de esta pirámide debe ser estadística a lo largo del tiempo, puesto que en ocasiones puntuales, medios particulares y tiempo climatológico, algún escalón como el que ocupa los componentes del zooplancton, puede ser mayor incluso que los del fitoplancton, caso de los ecosistemas acuáticos en determinados momentos, que inmediatamente recobran su situación original lógica.

Pirámides Numéricas. Expresan el número de individuos en cada uno de los niveles tróficos. También aquí pueden darse inversiones ocasionalmente.

Biomasa. Producción primaria

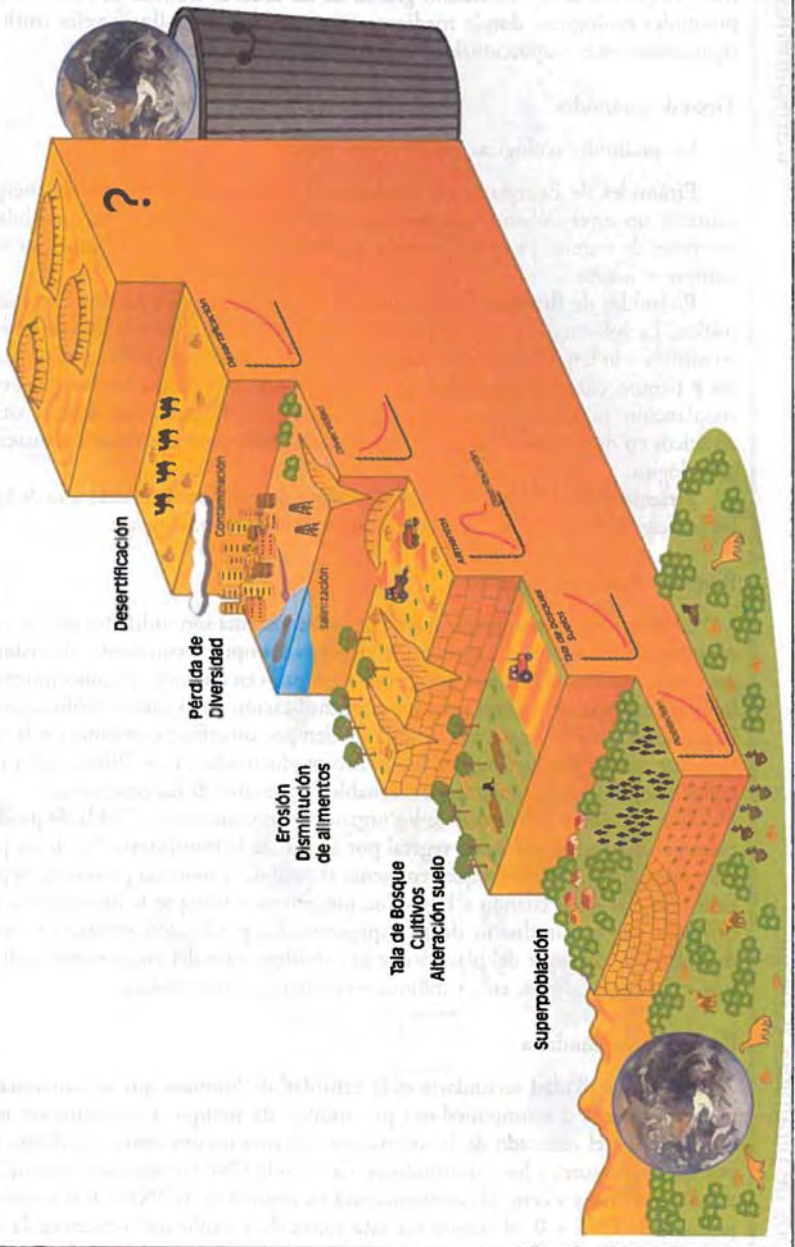
La materia y la energía que fluyen por el ecosistema son utilizados por los organismos para la formación de estructuras orgánicas propias, retornando al medio, en el caso de la materia, al finalizar la vida del organismo en cuestión. El conocimiento de la biomasa en cada momento, permite su cuantificación en la cadena trófica, junto con la producción de biomasa por unidad de tiempo, superficie o volumen y la relación existente entre la producción y la biomasa o productividad. Este último factor permite conocer los límites de explotación razonable y sostenible de los ecosistemas.

Si se considera la biomasa de los organismos productores, se habla de **producción primaria** al aumento de masa vegetal por acción de la fotosíntesis. Puede ser producción primaria bruta aquella que representa el total de la biomasa producida, o producción primaria neta, cuando a la producción primaria bruta se le descuenta la energía utilizada por los productos de la respiración. La producción primaria es máxima, dependiendo del lugar del planeta que se considere, caso del bosque ecuatorial, estuarios, cultivos intensivos, etc., y mínima en desiertos y zonas polares.

Producción secundaria

La **productividad secundaria** es la cantidad de biomasa que se almacena en los consumidores y descomponedores por unidad de tiempo. La producción neta del ecosistema es el resultado de la sustracción a la producción bruta, la energía gastada por los productores y los consumidores. Cuando la PNE (producción neta del ecosistema) es próxima a cero, el ecosistema está en equilibrio. Si $PNE > 0$ el ecosistema es joven. Si la $PNE < 0$, el ecosistema está sometido a explotación excesiva, la respiración es mayor que la producción.

PROBLEMATICA AMBIENTAL DERIVADA DE LA ACCION ANTROPICA SOBRE LA BIOSFERA



Ecología y sociedad

Después de lo visto hasta ahora, es indudable que no puede desligarse los principales aspectos ecológicos del planeta de la sociedad. Los principales problemas ambientales son los siguientes:

- La superpoblación

El crecimiento desmesurado de la población, a razón de 250.000 habitantes diarios, 100×10^6 habitantes anuales, que en definitiva son bocas por alimentar, personas por cuidar, etc., hace que las previsiones de población se disparen para los próximos 30 años, esperándose que los habitantes del planeta se aproximen a 10.000-14.000 millones. El crecimiento es mayor en los países menos desarrollados, que son los que no pueden satisfacer las necesidades de sus ciudadanos. Estas descompensaciones, producen graves desequilibrios socioeconómicos, como el incremento del desempleo, la subcontratación, la generación de emigración nacional e internacional, hambrunas, falta de salud, necesidades educativas y de otro tipo. Sin duda, la presión ambiental de este crecimiento actúa sobre la Tierra como fuente de recursos tan fuerte que la degradación es más que preocupante. Es indudable que las soluciones por aportar en este caso son educativas, concentradas esencialmente en el desarrollo y la promoción de la mujer.

- Tala de bosques, alteración de suelos

Los bosques distribuidos en la mitad de los biomas de la Tierra, constituyen un valor ambiental por preservar que van desde el aporte de materia noble para diferentes usos, hasta la fuente de información genética susceptible de aprovechamiento, el control de los volúmenes hídricos de la Tierra, la protección de las vertientes, la producción de oxígeno para consumo de los organismos heterótrofos. El caso más significativo de degradación es el de los bosques tropicales. Las necesidades alimenticias hacen que los flujos migratorios en busca de áreas productivas de subsistencia se establezcan en él. La tala, pretende conseguir espacio para la siembra. (Otras veces es la industria la causa de la tala.) Se da la circunstancia que el suelo de estas regiones es bastante pobre por la intensa lixiviación de aniones y cationes del suelo. La siembra prospera tres o cuatro temporadas únicamente, debiéndose abandonar por otras zonas que sufran el mismo proceso, la etapa final, causada por los ganaderos, deja los suelos y las rocas a la intemperie, que son arrastrados por erosión.

- Distribución de los alimentos

En el planeta, descontando la extensión superficial de los desiertos actuales, fríos y cálidos, las zonas periglaciares de tundra y la extensión naturalmente pobre, quedan $1.500.10^6$ hectáreas aprovechables (11%) para el cultivo. A priori, parece que suficiente para la alimentación global. El crecimiento en la producción agrícola, ayudado por los descubrimientos genéticos en el campo de la resistencia a las enfermedades, en el crecimiento acelerado, en las semillas blindadas todo ello con la utilización masiva de fertilizantes químicos (nueve veces más), o de pesticidas (treinta y dos veces más), sería capaz de alimentar a la población actual, sin embargo, las desigualdades socioeconómicas concentradas en las áreas más pobres no permiten alimentar a $1.000.10^6$ habitantes ni para comprar los alimentos para su subsistencia, aún en los países productores, ya que la política imperante en ellos, decide exportar la producción para rebajar su deuda, desplazando a los agricultores a los lugares más pobres, y empobreciendo por sobreexplotación los suelos más productivos.

- Pérdida de diversidad

La expansión del hombre sobre la superficie terrestre conlleva la desaparición de especies. La biorriqueza natural es fácilmente comprensible: están integradas en la naturaleza como bien cultural, son fuentes de alimento, poseen cualidades médico-sanitarias, además de contener entre 1 y 10^9 «bits» de información en su código genético, que puede servir a la humanidad para solucionar múltiples problemas.

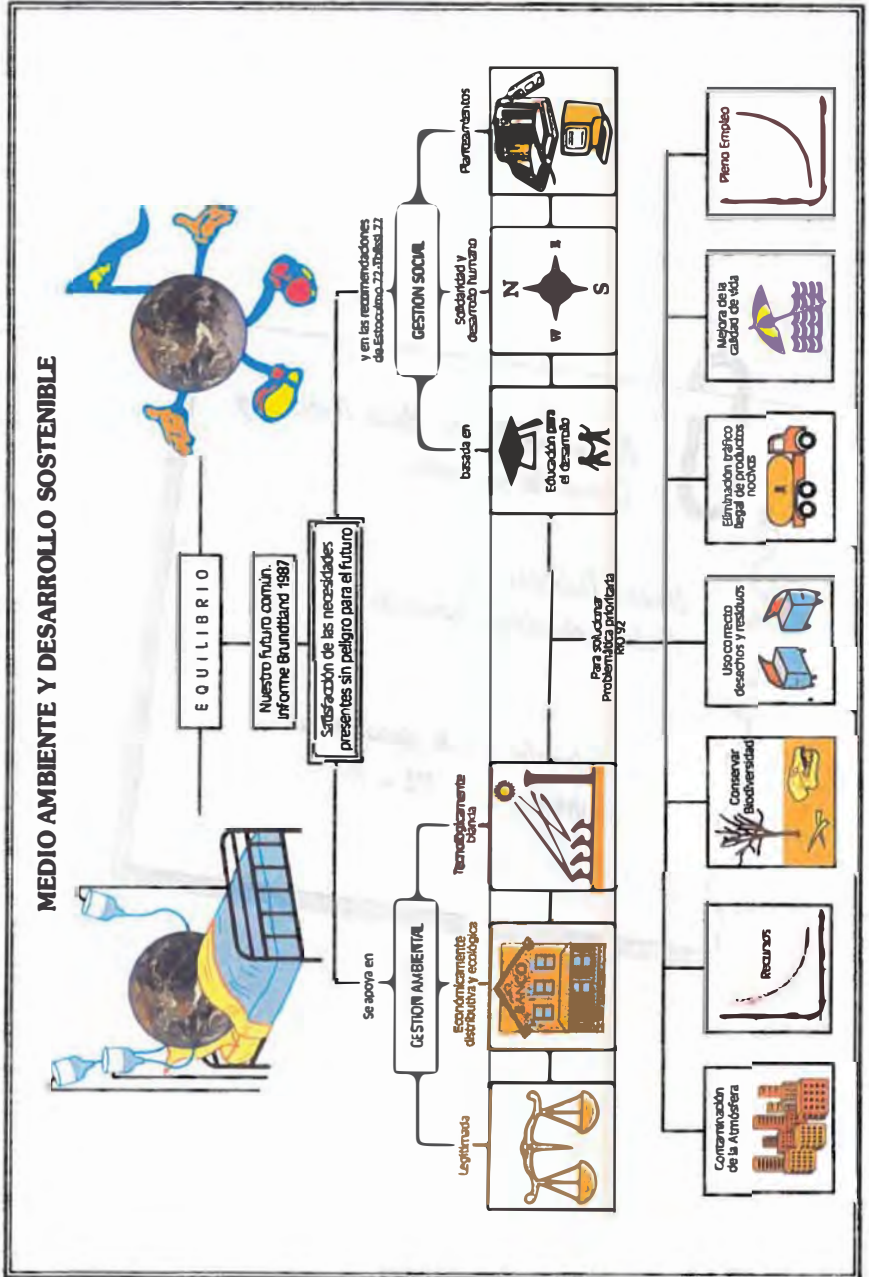
- Desertificación



*Bloque Temático 5: Medio Ambiente y
Desarrollo Sostenible*

*Unidad Didáctica 12:
Medio Ambiente y Desarrollo*

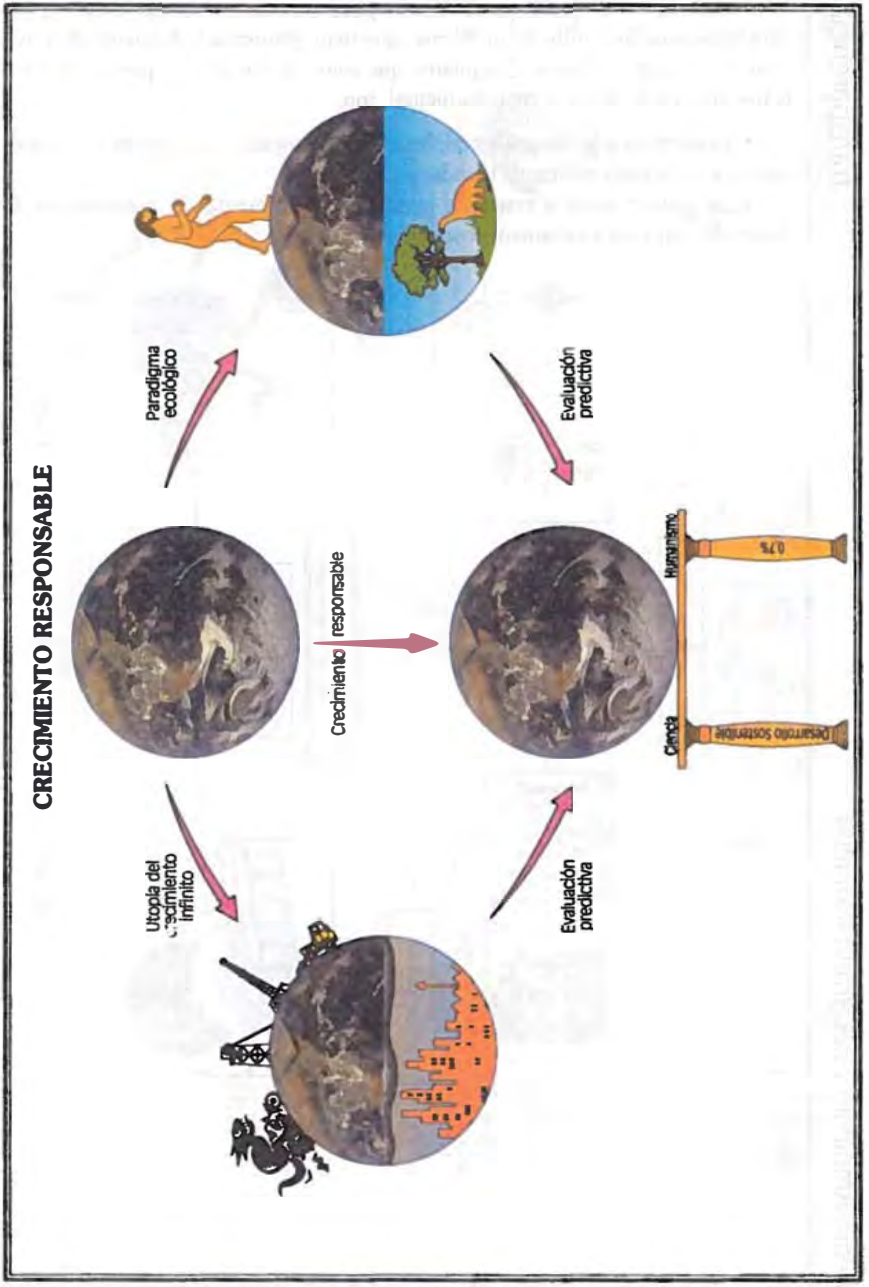
*Materiales que la desarrollan:
Temas: 116 a 117*



Medio Ambiente y desarrollo sostenible

En el mapa conceptual que se adjunta pueden verse las vías que deben seguirse para solucionar los múltiples problemas que tiene planteada la humanidad en relación con el propio planeta. Los pilares, que como se ven en el esquema, sustentan la hipotética solución a la crisis ambiental, son:

- La correcta gestión ambiental, legitimada, apoyada económicamente y ecológicamente, y utilizando economía blanda; y...
- La gestión social a través de la educación ambiental, la potenciación del desarrollo humano y éticamente correcta.



Crecimiento responsable

A lo largo del tiempo, las relaciones existentes entre el hombre y la naturaleza en general, han pasado por varias etapas hasta hoy. Al principio el hombre, ha idealizado sus posibilidades de progreso a través del masivo uso de los recursos naturales (formas de energía y materia indispensables para asegurar sus necesidades fisiológicas, socioeconómicas y culturales, tanto individual como colectivamente).

Sin embargo, esa utopía de crecimiento infinito, choca con un stock limitado de recursos, de recursos que son no renovables, finitos en el tiempo. Por tanto, «es imposible un crecimiento infinito con recursos finitos».

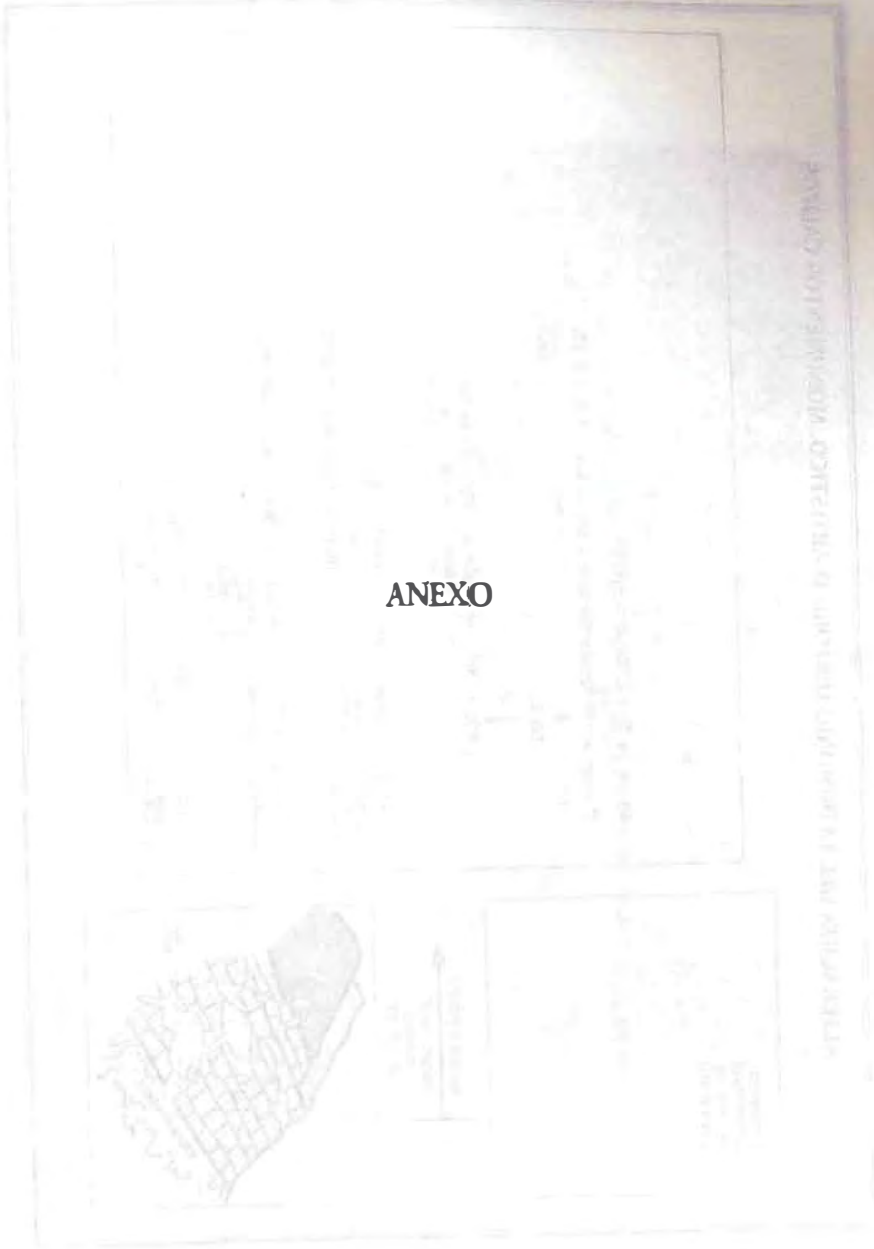
«La modificación de la Biosfera y la aplicación de los recursos humanos, financieros, vivos o inanimados en aras a la satisfacción de las necesidades humanas para mejorar la calidad de vida del hombre», que es la definición de Desarrollo dada por la Estrategia Mundial para la Conservación, en su acepción más estricta, no es posible por lo expuesto más arriba, además de ser una visión absolutamente antropocéntrica.

Frente a la utopía del crecimiento, que acabaría de arruinar la Tierra, se encuentra el paradigma ecológico como base de todas las relaciones hombre-medio. Según su aplicación más radical, no habría posibilidad alguna de desarrollo, puesto que toda «necesidad plantea conflictos ambientales».

Es evidente que la capacidad predictiva humana en la evaluación del fin de ambas vías obliga a la armonización de ambas ideas, surge la idea del crecimiento responsable, basado en un Desarrollo Sostenible, pacto entre el Hombre y la Tierra, para que Conservación y Desarrollo confluyan en los fines y en los medios.

Desde este punto de vista, la conservación será «la gestión de la naturaleza por el ser humano, de forma que produzca el mayor y más sostenido beneficio de forma sincrónica y diacrónica».

Sin embargo, el desarrollo sostenido, entendido como reconciliación entre el hombre y la naturaleza (R. Tamames), debe ir más allá, y sólo será posible, si a la vez se facilita el desarrollo humano y se alcanza un ideal de perfección que se considera inadecuado en la actualidad (Utopía del Humanismo).



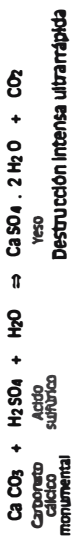
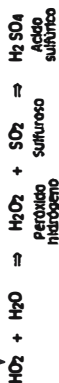
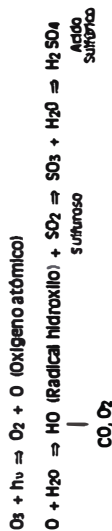
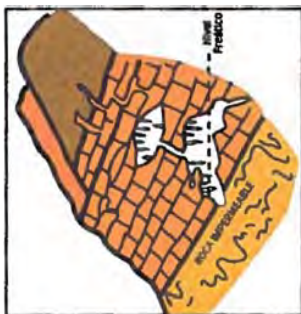
ANEXO

MAPA PLANIMETRICO DEL BARRIO DE [illegible]

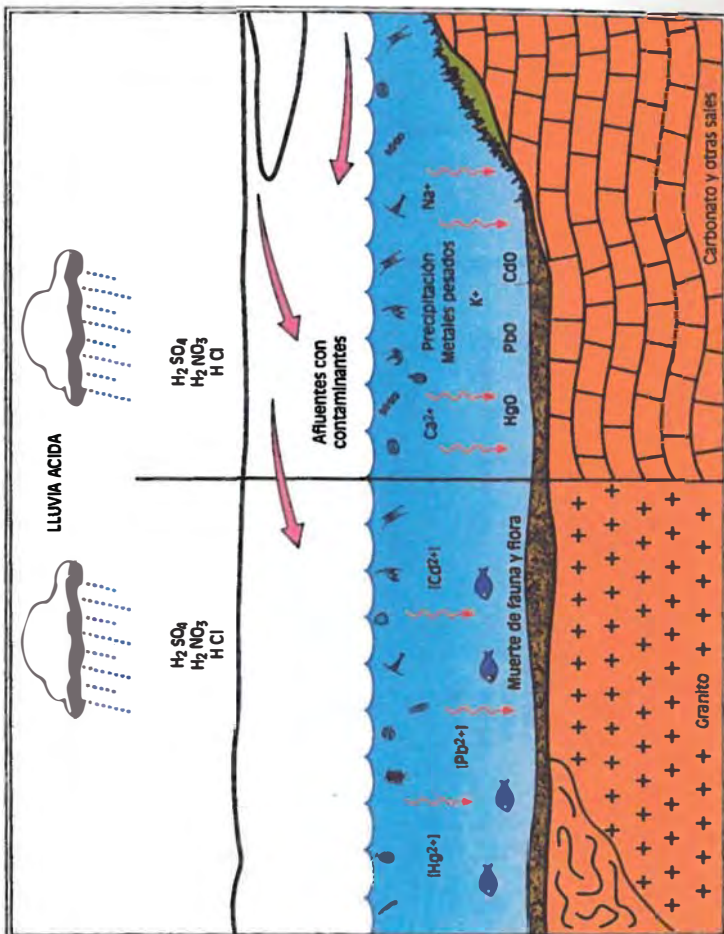
ALTERACION DEL PATRIMONIO HISTORICO-ARTISTICO. MONUMENTOS CALIZOS

Atmósfera
contaminada
SO₂, NO_x, O₃
(Lluvia ácida)

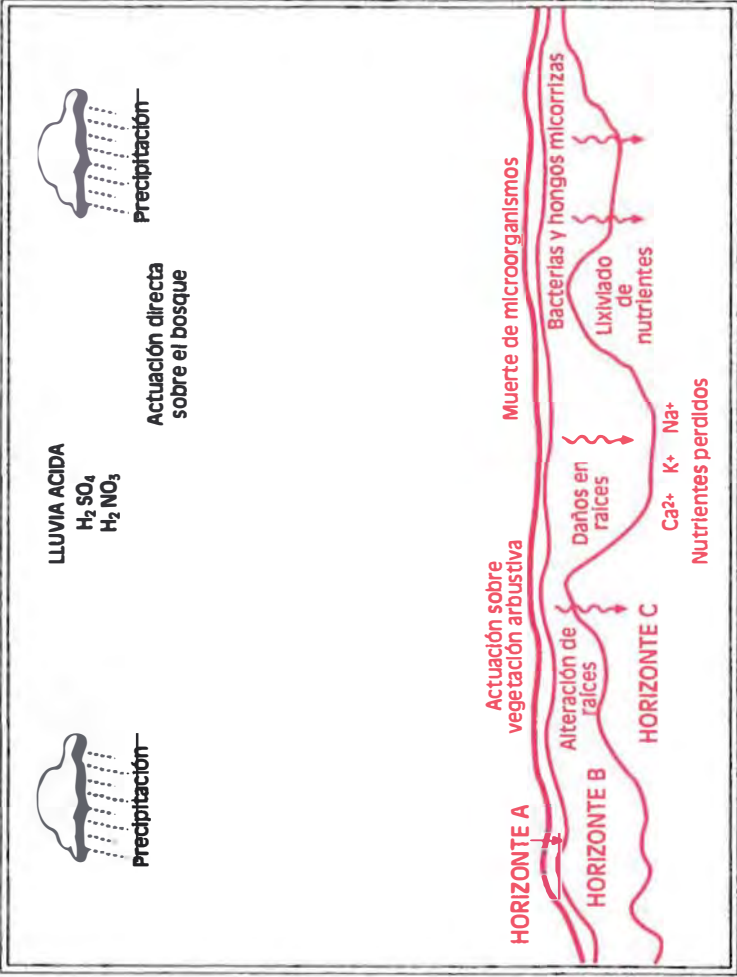
Mal de la piedra
↑
Meteorización
química
en calizas



CONSECUENCIAS DE LA LLUVIA ACIDA SOBRE LAS AGUAS CONTINENTALES

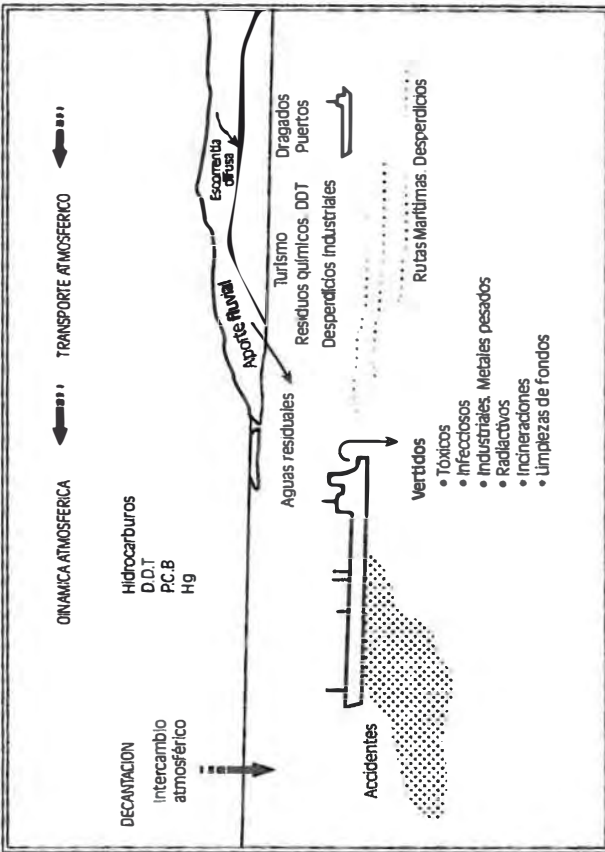


INCIDENCIA DE LA ACIDIFICACION POR LLUVIA ACIDA EN ECOSISTEMAS TERRESTRES

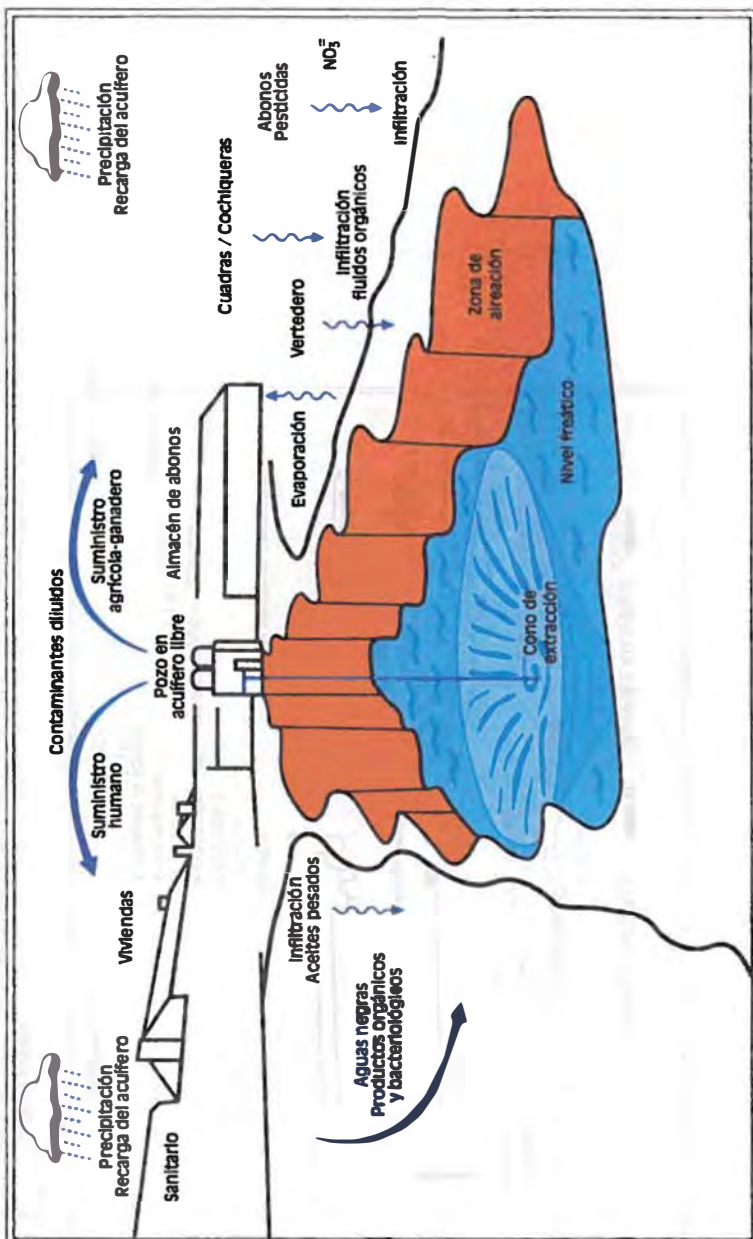


Bosque de eucaliptus. (La Conuña)

PRINCIPALES PROBLEMAS AMBIENTALES EN RELACION CON LAS AGUAS MARINAS

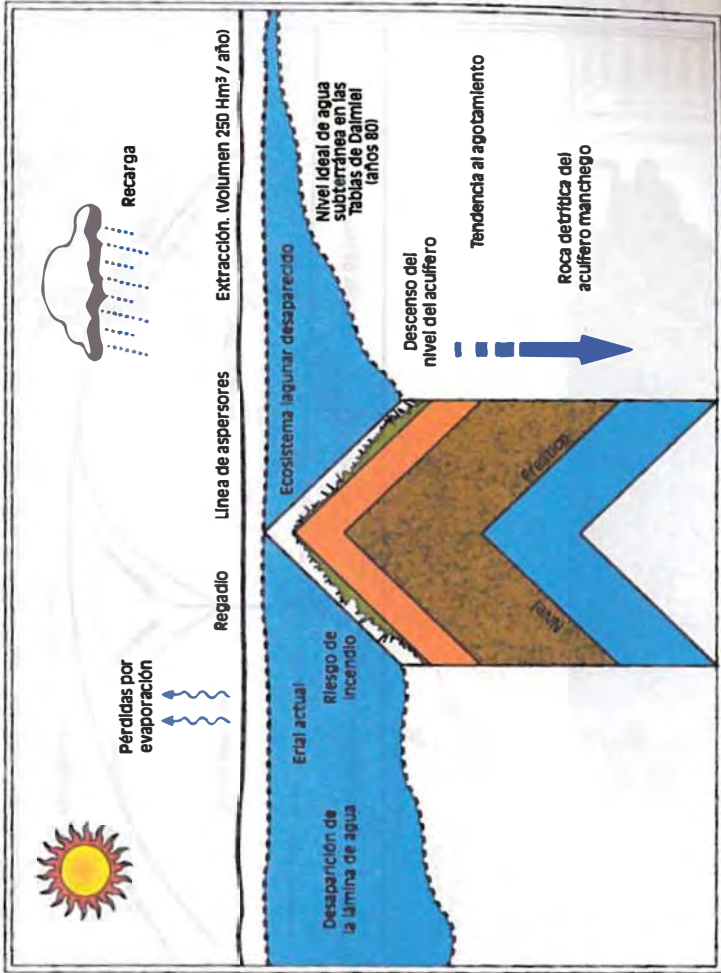


LA CONTAMINACION DE ACUIFEROS. CONTAMINACION RURAL



Explotación agrícola-ganadera. -Montes de Toledo. (Toledo)

SOBREEXPLOTACION DE ACUIFEROS. RIESGOS ECOLOGICOS EN HUMEDALES

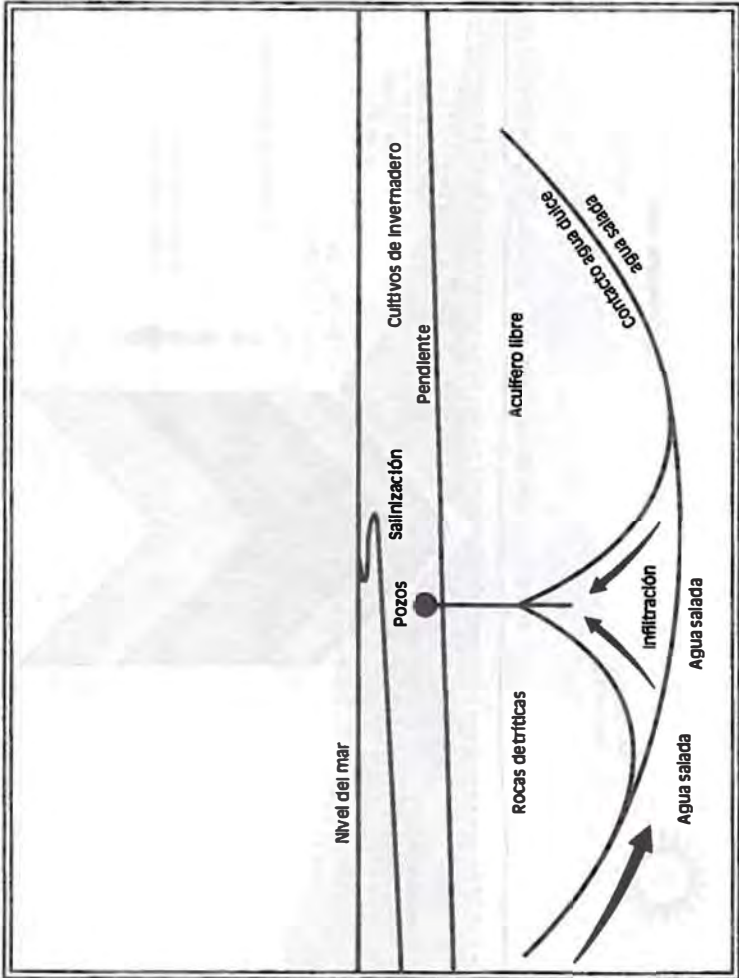


INSTITUTO DE INVESTIGACIONES CIENTÍFICAS

Tablas de Dalmiel. (Ciudad Real)

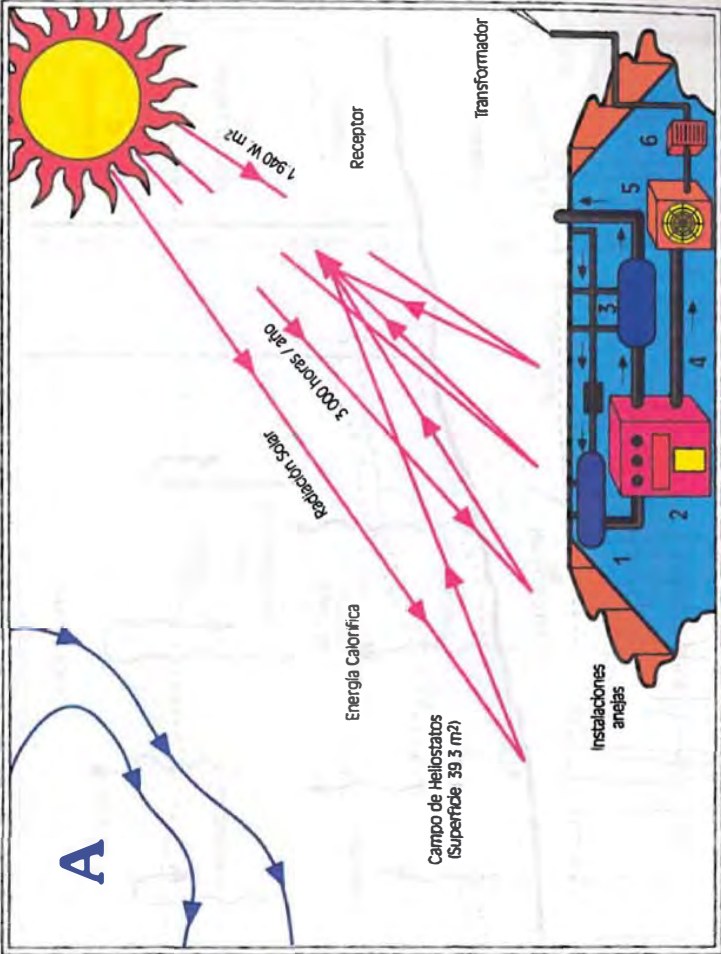


CONTAMINACION DE ACUIFEROS COSTEROS



Campo de Dalías. (Almería)

ESQUEMA DE FUNCIONAMIENTO DE UNA CENTRAL TERMOSOLAR

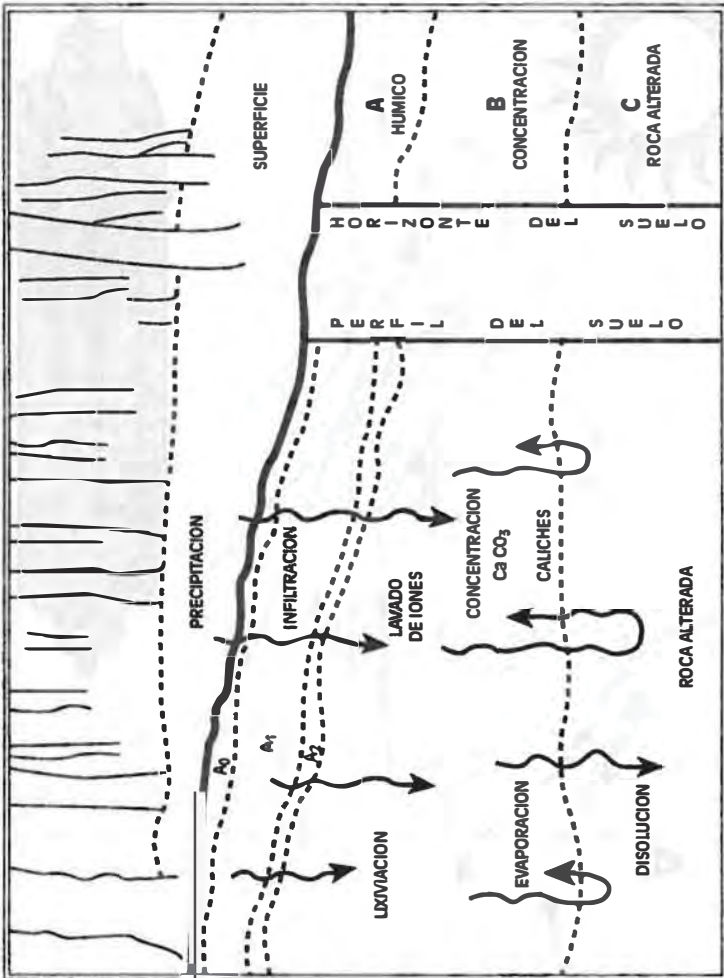


1. Tanque fluido primario.
2. Caldera. Intercambiador.
3. Tanque frío-calor.
4. Intercambiador vapor.
5. Turbina.
6. Alternador.



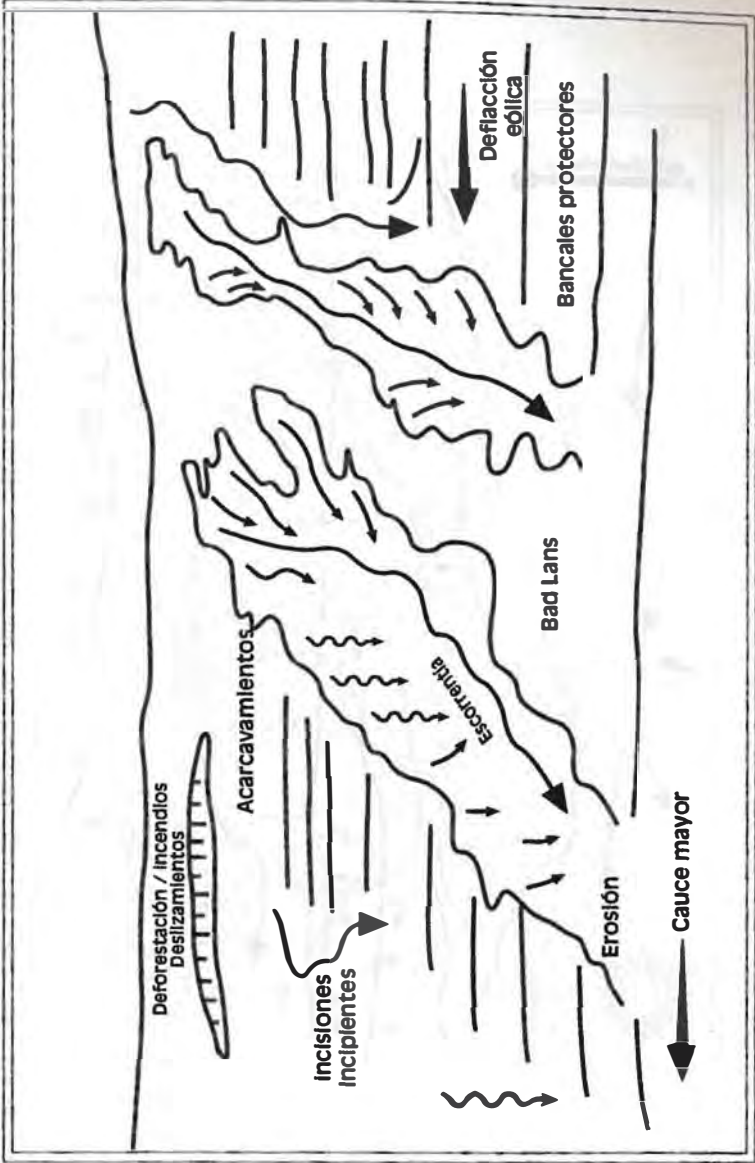
Central Termosolar de Tabernas. (Almería)

RECURSOS NATURALES NO RENOVABLES. EL SUELO: ESTRUCTURA

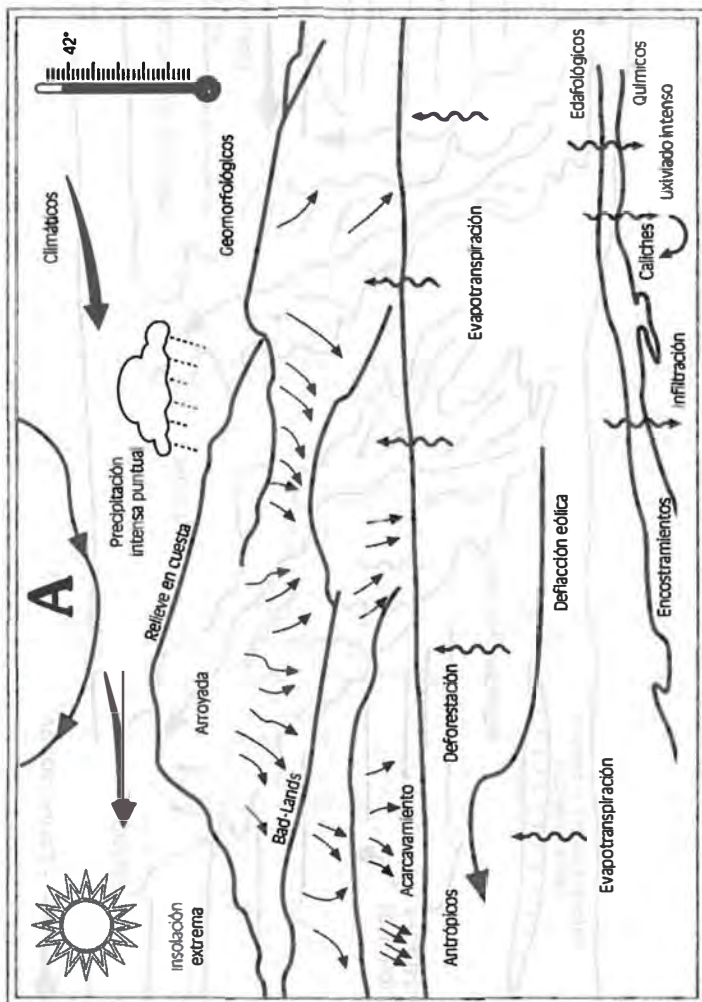


Carretera de Nuevo Baztan-Anchuelo. (Madrid)

EFFECTOS AMBIENTALES QUE AFECTAN AL SUELO

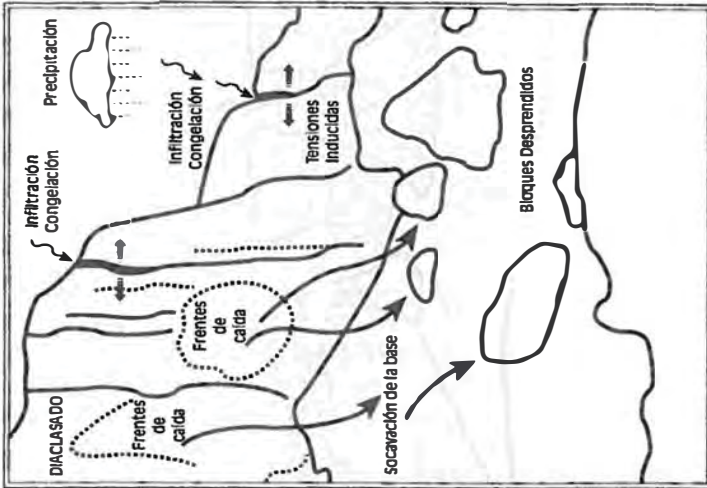


CAUSAS DE LA DESERTIFICACION



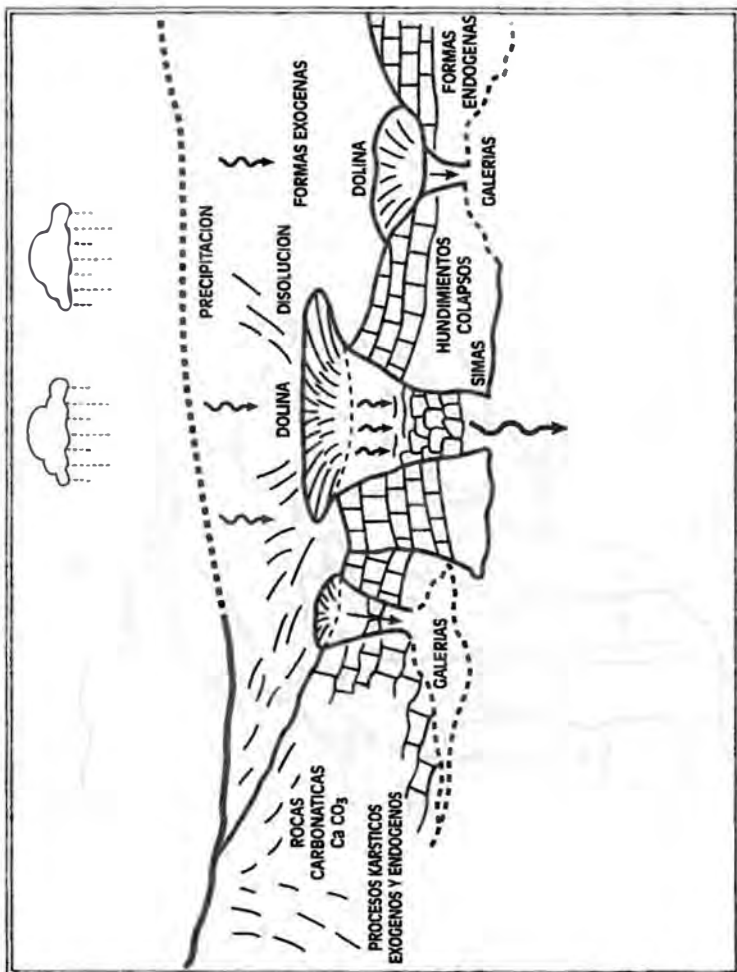
Desierto de Tabernas. (Almería)

RIESGOS GEOLOGICOS EXTERNOS. MOVIMIENTOS DE LADERA: DESPRENDIMIENTOS



Carretera de Tielmes. (Madrid)

RIESGOS GEOLOGICOS EXTERNOS: COLAPSOS, ARCILLAS EXPANSIVAS, EOLICOS.



Procesos kársticos en la carretera N-634, Laredo. (Cantabria)



BIBLIOGRAFÍA

- AIMEDIEV, P., «La controversia del ozono», *Mundo científico*, 79.
- ÁGUEDA VILLAR, J. et al., 1984, *Geología*, Editorial Rueda.
- ANGUITA VIRELLA, F. y MORENO SERRANO, F., 1980, *Geología. Procesos externos*, Editorial Edelvives.
- ANGUITA VIRELLA, F. y MORENO SERRANO, F., 1988, *Origen e historia de la Tierra*, Editorial Rueda.
- ANGUITA VIRELLA, F. y MORENO SERRANO, F., 1993, *Procesos geológicos externos y geología ambiental*, Editorial Rueda.
- ARAÑA, V. et al., *Los volcanes y la caldera del Teide*, Icona.
- AYORA, CUEVA, GARCÍA VEGAS, MIRALLES, PUEYO, TEIXEDOR, octubre 1993, «Evaporitas». *Investigación y Ciencia*.
- BANGA, B., marzo 1995, «¿Son contaminantes los materiales de construcción?», *Mundo Científico*, 155.
- BARAHONA, S. y NIEDA, J., *Ciencias de la Tierra y del Medio Ambiente*, Ministerio de Educación y Ciencia
- BARROIN, G., enero 1996, «Los fosfatos o como manipular la ciencia», *Mundo Científico*, 164.
- BAZZAZ, F. A. y FAJER, E. D., marzo 1992, «La vida de las plantas en un mundo enriquecido en CO₂», *Investigación y Ciencia*.
- BEBIN, J., «Depuración biológica del agua», *Mundo Científico*, 78.
- BENAYAS, J., *Paisaje y Educación Ambiental. Evaluación de cambios de actitudes hacia el entorno*, MOPT.
- BERNÁLDEZ, F. G. et al., abril 1987, «Aguas subterráneas en el paisaje», *Investigación y Ciencia*.
- BLANQUAT, S. y FRITSCH, «Contaminación por nitratos», *Mundo Científico*, 52.
- BLUME HERMAN, 1983, *El libro del agua*, Editorial Blume.
- BOISSAVI-VINAN, M., marzo 1995, «El ozono de la ciudad y el ozono de campo», *Mundo Científico*, 155.
- BRANDEIS, G., mayo 1995, «Los penachos en directo», *Mundo Científico*, 157.
- BROECKER, W. y DENBON, G. H., marzo 1990, «¿Qué mecanismos gobiernan los ciclos glaciares?», *Investigación y Ciencia*.
- CALDWELL, J. K., 1993, *Ecología, Ciencia y Política Medioambiental*, Editorial McGraw Hill.
- CANLSSON R. J. y VIGLEY, T. M., abril 1994, «Aerosoles, azufre y efecto invernadero», *Investigación y Ciencia*.

- CARRACEDO, F. J. A., mayo 1993, «Estrategias para la reducción de desastres naturales», *Investigación y Ciencia*.
- CARRACEDO, J. C., abril 1988, «Riesgo volcánico», *Investigación y Ciencia*.
- CLAVERO PARICIO, P. L. y ROSO NADAL, J. M., 1983, *Los climas. Fundamentos y supererencias didácticas*, Editorial Anaya.
- COMMISSIONE BROCA, 1991, *Piani di studio della scuola secondaria superiore e program: del primi due anni. Le proposte della commissione Brocca. Studi e documenti degli Annali della Publica Istruzione*, Roma.
- COVEY, C., abril 1984, «Orbita Terrestre y periodos glaciares», *Investigación y Ciencia*.
- CREMADES, L.; CALBO, J.; BALDASANO, J. M., y COSTA, M., enero 1995, «Dispersión de contaminantes atmosféricos: Modelos fotoquímicos», *Mundo Científico*, 153.
- CUADERNOS DEL ICE, 1989, *Lecturas sobre medio ambiente y algunas aplicaciones educativas*, Ediciones UAM.
- CUADERNOS DE LA UNED, 1986, *Educación y Medio Ambiente*, Ministerio de Educación y Ciencia.
- DESSUS, B. y CLARENIE, M., julio-agosto 1995, «¿Hay que almacenar el CO₂ en el fondo de los océanos?», *Mundo Científico*, 159.
- DÍAZ, J.; HERNÁNDEZ, E.; PIORNO, J., y DEL TESO, M. T., febrero 1994, «Lluvia ácida sobre España», *Investigación y Ciencia*.
- DÍEZ SANZ, E. y MAS ARRONDO, C., 1989, *Geopráctica. Economía Industrial*, Biblioteca de Recursos Didácticos, Editorial Alhambra.
- DE PRADA, C., 1995, *Tierra quemada*, Ediciones Temas de Hoy.
- EDUCACION Y CIENCIA IV/1994, *Bildung und Wissenschaft*, Internations RFA.
- ENCICLOPEDIA SALVAT, 1973, *Salvat de las Ciencias*, Editorial Salvat.
- FISHER MARSHALL, 1993, *La capa de ozono. La Tierra en peligro*, Editorial McGraw Hill.
- FONTALBA EDITORIAL, 1983, *Las nuevas energías*.
- FAE, *La energía nuclear*, Fórum atómico.
- FERRUCI, F., mayo 1995, «¿Será necesario algún día evacuar Nápoles?», *Mundo Científico*, 157.
- GREENPEACE, julio 1988, «Dossier lluvias ácidas».
- GREENPEACE, Revista trimestral, 17.
- GREENPEACE, Revista trimestral, 18.
- GREENPEACE, Revista trimestral, 19.
- GREENPEACE, Revista trimestral, 23.
- GREENPEACE, Revista trimestral, 24.
- GRIBBIN, J., 1988, *El agujero del cielo*, Editorial Alianza.
- GONZÁLEZ BERNÁLDEZ, F., 1981, *Ecología y Paisaje*, Editorial Blume.
- GOVERN BALEAR. DIRECCIO GENERAL DE MEDI AMBIENT, 1992, *El agua y las Baleares*, Consellería d'obres Publiques i Ordenació del Territori.

- HERRERO, M.; JIMENO, G., y APARISI, E., 1994, *La Educación ambiental como actividad*, MEC, Cep Villaverde.
- HERRERO, M.; JIMENO, G., y APARISI, E., 1994, *Una Programación de las Ciencias Naturales en el futuro inmediato*, MEC, Cep Villaverde.
- HOUGHTON, R. A y WOODWELL, G. M., junio 1989, «Cambio climático global», *Investigación y Ciencia*.
- INVESTIGACION Y CIENCIA, septiembre 1990, «El gran debate sobre el clima. Monográfico».
- INVESTIGACION Y CIENCIA, noviembre 1989, «Medio Ambiente. Monográfico».
- INVESTIGACION Y CIENCIA, noviembre 1990, «Energía. Monográfico».
- IDAE, 1994, *Energías renovables en España. Anuario. Proyectos 1993*, Editorial Miner.
- IDAE, 1992, Manuales de energías renovables: *Biomasa*, MICYT.
- IDAE, 1992, Manuales de energías renovables: *Eólica*, MICYT.
- IDAE, 1992, Manuales de energías renovables: *Incineración de RSU*, MICYT.
- IDAE, 1992, Manuales de energías renovables: *Minicentrales hidroeléctricas*, MICYT.
- IDAE, 1992, Manuales de energías renovables: *Solar térmica*, MICYT.
- IGME, 1987, *Geología Ambiental: Riesgos Geológicos*.
- JAUPERT, G., mayo 1995, «Génesis y metamorfosis de una erupción», *Mundo Científico*, 157.
- JESTIN, F., abril 1995, «Previsión de sismos: ¿hacia un método fiable?», *Mundo Científico*, 154.
- JIMENO, G. y HERRERO, M., 1994, *Transparencias para su uso en Geología*, MEC, PNTIC.
- JIMENO, G. y HERRERO, M., 1995, *La Comunidad de Madrid como modelo de Desarrollo curricular. Aproximación al medio físico madrileño*, Comunidad de Madrid.
- JIMENO, G., 1992, Ponencias, Seminario de Educación Ambiental, Universidad de Otoño. CDL.
- JIMENO, G., 1993, Ponencias. Seminario de Educación Ambiental, *Los Sistemas Ambientales cotidianos*, Universidad de Otoño, CDL.
- JONES, P. D. y WIGLEY, J. M. C., octubre 1990, «Tendencias hacia el calentamiento global», *Investigación y Ciencia*.
- KING, A. y SHNEIDER, B., 1992, *La primera revolución global*, Informe del Consejo al Club de Roma, Círculo de Lectores.
- KUSLER, J. A.; MITSCH, W. J., y LARSON, J. S., marzo 1994, «Humedales. Apéndice para España. F.A. Comin», *Investigación y Ciencia*.
- LAMBERT, G., «El CO₂ en la atmósfera», *Mundo Científico*, 72.
- LEAN, G. y HINRICHSEN, D., 1992, *Atlas del Medio Ambiente*, Adena - WWF/Algaida.
- LENAT, J. E., mayo 1995, «Al acecho de los signos precursores», *Mundo Científico*, 157.

- LOVELOCK, J. et al., 1992, *Gaia*, Kairós.
- LORIS, D. y RUCABADO J., mayo 1995, «¿Están realmente desiertos los grandes fondos marinos?», *Mundo Científico*, 157.
- LUPKE, GESEKO VON, IV 1994, «Enseñanza moderna. Educación para el mañana. Internationes», *Educación y Ciencia*.
- MARTONNE DE, E., 1964, *Tratado de Geografía física*, Editorial Juventud.
- MINISTRY OF EDUCATION, 1994, «In the New Zeland curriculum biology», Learning Media Wellington.
- MINISTRY OF EDUCATION, 1994, «In the New Zeland curriculum science», Learning Media Wellington.
- MOHNEN WOLKER, A., octubre 1988, «El desafío de la lluvia ácida», *Investigación y Ciencia*.
- MOPTMA, 1993, *Manual práctico de Derecho Ambiental*, Dirección General de Política Ambiental.
- MOPTMA, 1994, *Libro blanco de las aguas subterráneas*, Ministerio de Industria y Energía.
- MOPT, 1991, *Guía para la elaboración de estudios del Medio Físico: Contenido y metodología*.
- MOPU, 1987, *El Paisaje*, Unidades Temáticas Ambientales de la Dirección General del Medio Ambiente.
- MOPU, 1989, *La Erosión*, Unidades Temáticas Ambientales de la Dirección General del Medio Ambiente.
- MEDIO AMBIENTE, *Crónica de un año 1993-94*, Edibook S.L. (Grupo Sandoz).
- NEWHALL, C., mayo 1995, «Pinatubo: Crónica de un cataclismo anunciado», *Mundo Científico*, 157.
- NOVO VILLAVERDE, M., 1985, *Educación Ambiental*, Anaya-2.
- PATERNE, M., mayo 1995, «Dos grandes ciclos volcánicos», *Mundo Científico*, 157.
- PIBERNAT, O., febrero 1996, «Homo Ecologicus, por una cultura de la sostenibilidad», *Mundo Científico*, 165.
- PICOT, A., «Bhopal: Consecuencias de una tragedia», *Mundo Científico. Programa Internacional de Educación Ambiental*, núms. 1, 9, 15, 23, 25. Unesco - Pnuma.
- QUIMICA E INDUSTRIA, junio 1994, *Agua y Medio Ambiente*, Asociación Nacional de Químicos de España.
- QUIMICA E INDUSTRIA, febrero 1994, *Residuos y Ecología*, Asociación Nacional de Químicos de España.
- RAMPINO, M. y SELF, S., marzo 1984, «Efectos atmosféricos del Chichón», *Investigación y Ciencia*.
- RICO VERCHER, M., 1990, *Educación Ambiental: Diseño curricular*, Editorial Cincel.
- RICO VERCHER, M., 1992, *El aprendizaje de valores en Educación Ambiental*, Unidades Temáticas Ambientales, MOPTMA.

- RODRÍGUEZ, J., 1982, *Oceanografía del mar Mediterráneo*, Pirámide.
- ROYER, J. F., «El clima del siglo XXI», *Mundo Científico*, 84.
- RUDIMAN y KUBZBACH, marzo 1991, *Alzamiento de mesetas y cambio climático*.
- SAVARY, S. y TENG, P. S., febrero 1995, «La protección de los cultivos en una agricultura duradera», *Mundo Científico*, 154.
- SCHNEIDER, S., junio 1987, «Modelos climáticos», *Investigación y Ciencia*.
- SHAW, R. W., octubre 1987, «Contaminación atmosférica por partículas», *Investigación y Ciencia*.
- SIGNORET, J. P. y LEROY, A., «La previsión del riesgo tecnológico», *Mundo Científico*, 66.
- SILVER, D. y WALLEY, B., 1995, *Salvar la Tierra*, Ediciones Lógez.
- SIOLI, et. al., H., 1982, *Ecología y Protección de la naturaleza*, Blume ecología.
- SPEDDING, D. J., *Contaminación atmosférica*, Editorial Reverté.
- STANLEY, S., agosto 1984, «Extinciones masivas en los océanos», *Investigación y Ciencia*.
- STOLARSKY, R., marzo 1988, «El agujero de ozono en la Antártida», *Investigación y Ciencia*.
- STRAHLER N, ARTHUR, 1984, *Geología Física*, Editorial Omega.
- STRALER, 1987, *Geografía Física*, Editorial Omega.
- TAMAMES, R., 1993, *La conquista del Paraíso. Más allá de la utopía*, Editorial Temas de Hoy.
- TIEMPO, 1993, *Lo más natural de España. Castilla-La Mancha, Extremadura*.
- TOHARIA, M., 1990, *¿El desierto invade España?*, Círculo de Lectores.
- TOOM, O. B. y TURCO, R. O., agosto 1991, «Nubes estratosféricas polares y empobrecimiento en ozono», *Investigación y Ciencia*.
- TURCO, TOOM, ACKERMAN, POLLACK, SAGAN, octubre 1984, «Efectos climáticos de una guerra nuclear», *Investigación y Ciencia*.
- UNESA, *Cien años de luz*.
- UNESA, *Centrales nucleares en el mundo*.
- UNESA, *La electricidad en España. 151 preguntas y respuestas*, Departamento de Información y Comunicación social.
- UNESA, *La energía solar*.
- UNIVERSITY OF OXFORD, mayo 1994, General certificate of education. Aduaned level. Summer examination 1996 . New syllabuses and examinations. Delegacy of local examinations.
- VALDEL, J., mayo 1989, «Factores de la erosión», *Investigación y Ciencia*.
- WEYLER, K., junio 1993, *Actualidades en Suecia. Instituto sueco. Grandes cambios en la escuela sueca*.
- WHITE, R. M., septiembre 1990, «El gran debate sobre el clima», *Investigación y Ciencia*.

El presente volumen es consecuencia del Premio Adicional otorgado, debido a su interés divulgativo, por el Jurado que evaluó el trabajo del mismo nombre premiado en la XIV convocatoria de los *Premios Francisco Giner de los Ríos* del año 1996.

Recoge la mayor parte del material gráfico e impreso de la experiencia, aquel que permite su uso con los medios audiovisuales habituales, transformado aquí en libro para que el profesorado pueda, si es su deseo, aprovecharlo en el aprendizaje práctico de las Ciencias de la Tierra y del Medio Ambiente.

El trabajo trata de desarrollar aquellos aspectos pedagógicos en relación con el tema, como son:

- El programa curricular, a través de la investigación bibliográfica actualizada, plasmada en un soporte gráfico y escrito.
- La metodología básica de uso, estructurada en contenidos por unidad y temporalización disponibles.
- La utilización mediante los medios audiovisuales a disposición del docente.
- El organizativo, ya que, según la estructura elegida, el trabajo puede integrarse en la programación individual del profesor y su grupo de trabajo, complementando aquélla y los libros de texto.

La justificación de la obra puede hacerse utilizando varios aspectos:

- La necesidad de incorporar estos temas en la educación general y ambiental del ciudadano, para la gestión integral sostenible del futuro del planeta, siguiendo las indicaciones de la Unión Europea en su V Programa.
- La necesidad de formación en la temática relacionada con los recursos, impactos y riesgos naturales y antrópicos, así como en la acertada ordenación del territorio, etc.

ISBN 84-7774-980-9



9 788477 749806



10

G. T. Jimeno (dir.) y M. Herrero

Ciencias de la Tierra y del Medio Ambiente

