

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

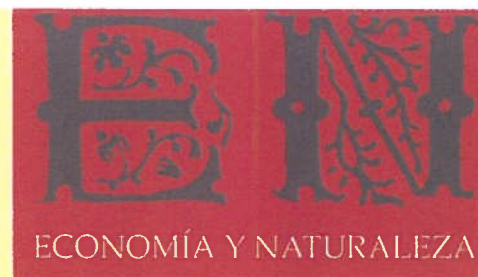


9 788477 749806

10

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

Ciencias de la Tierra y del Medio Ambiente



# 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



(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

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 RD 1179/1992 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 está 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 Tblissi 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 CO<sub>2</sub>, 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**

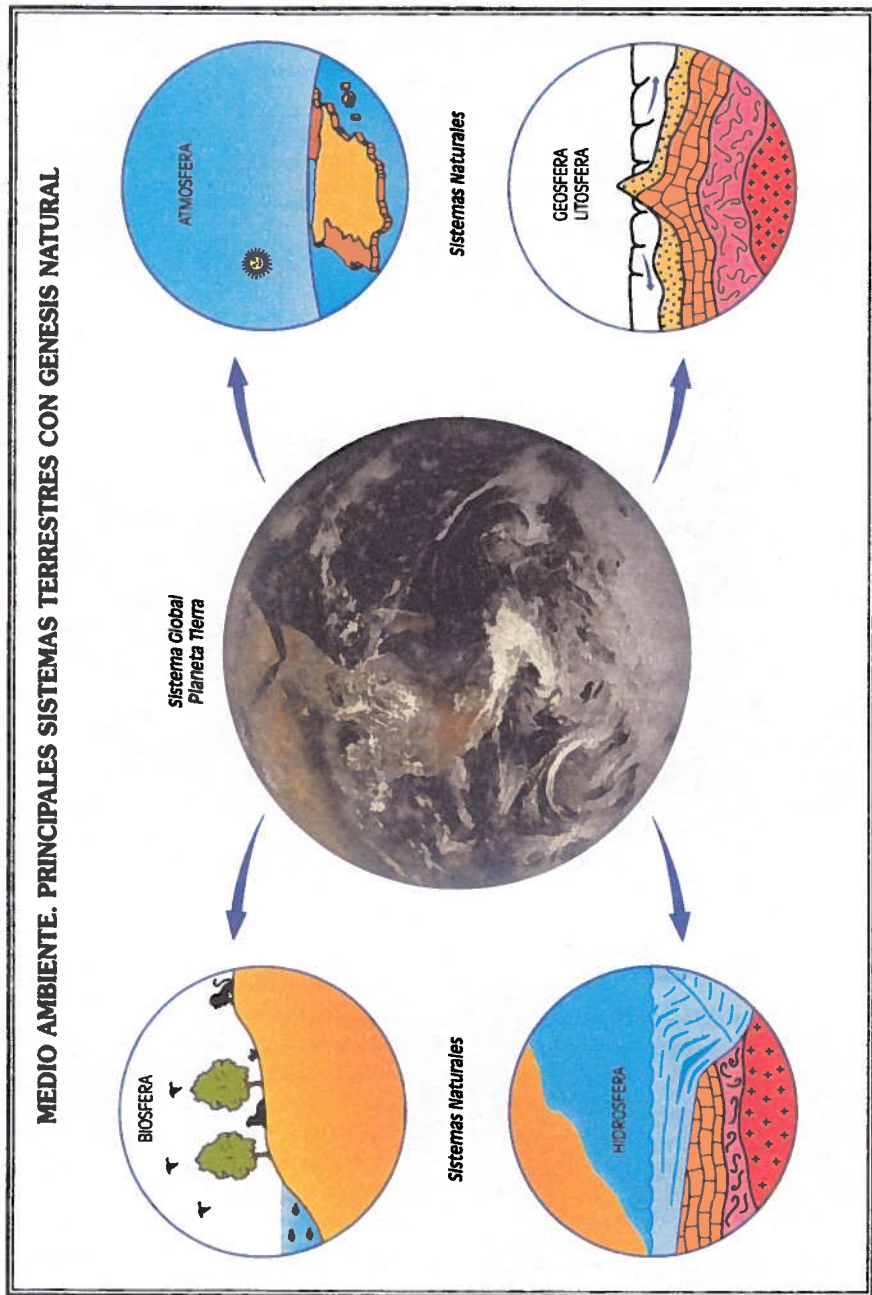
**Sistemas ambientales terrestres**

**Unidad Didáctica 2**

**Evolución de las relaciones hombre-naturaleza**

**Materiales que la desarrollan:**

**Transparencias: 1 a 5**



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».

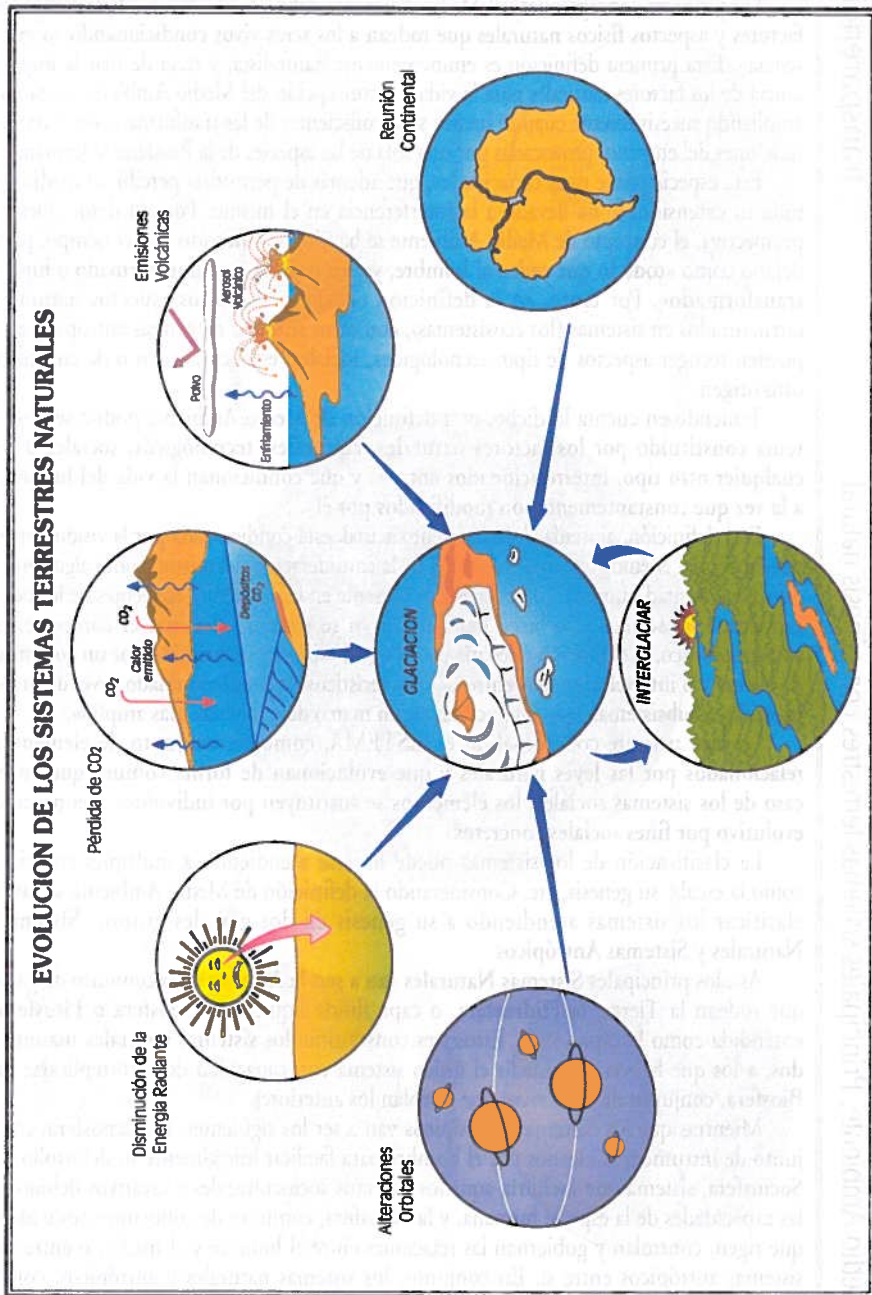
Esta definición, ajustada al pensamiento actual, está condicionada por la visión antropocéntrica del Medio Ambiente, derivada de la consideración del mismo como algo sometido a la voluntad humana, y que ha estado presente en las diferentes corrientes de los pensamientos filosóficos a lo largo del tiempo. 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.



**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.

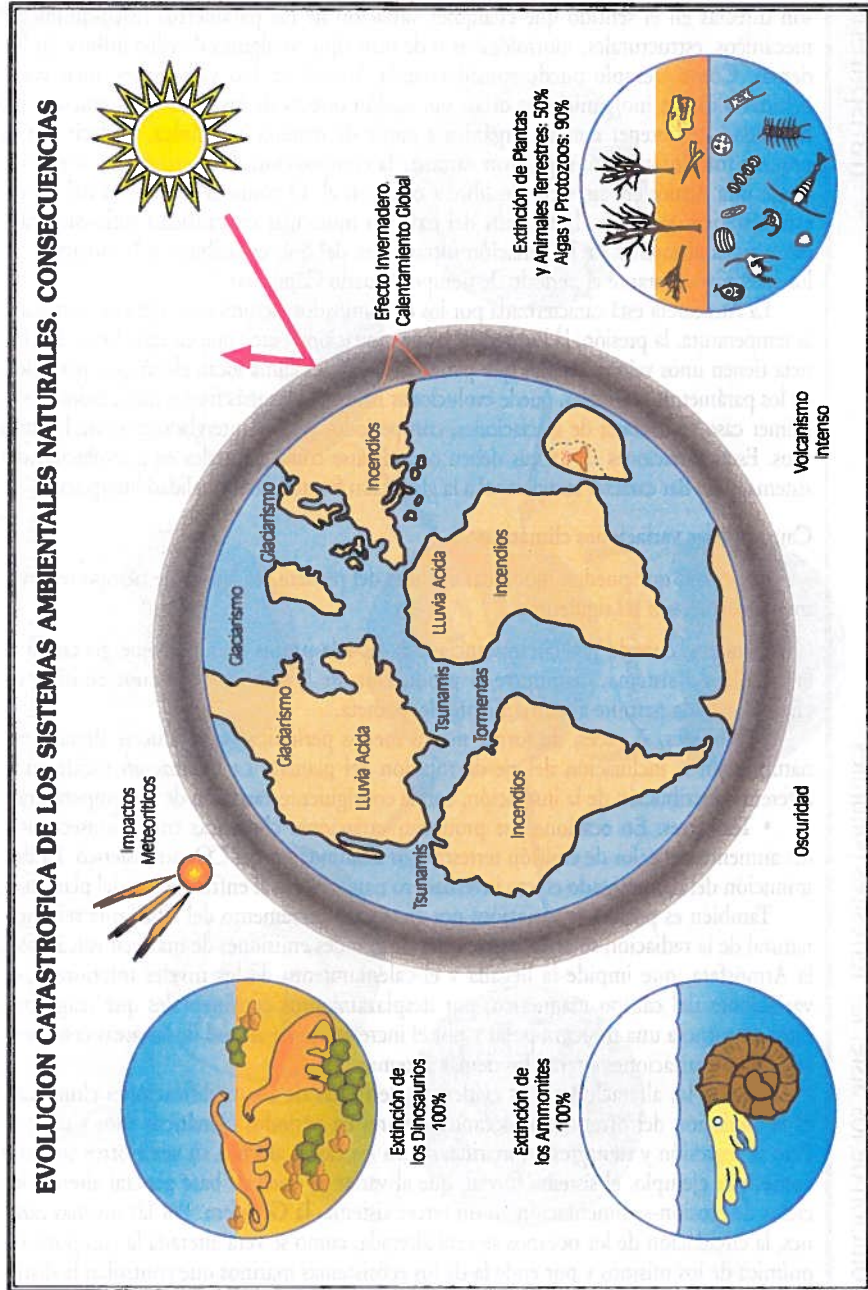
**Causas de las variaciones climáticas**

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  $CO_2$  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.



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<sup>6</sup> años transcurridos.

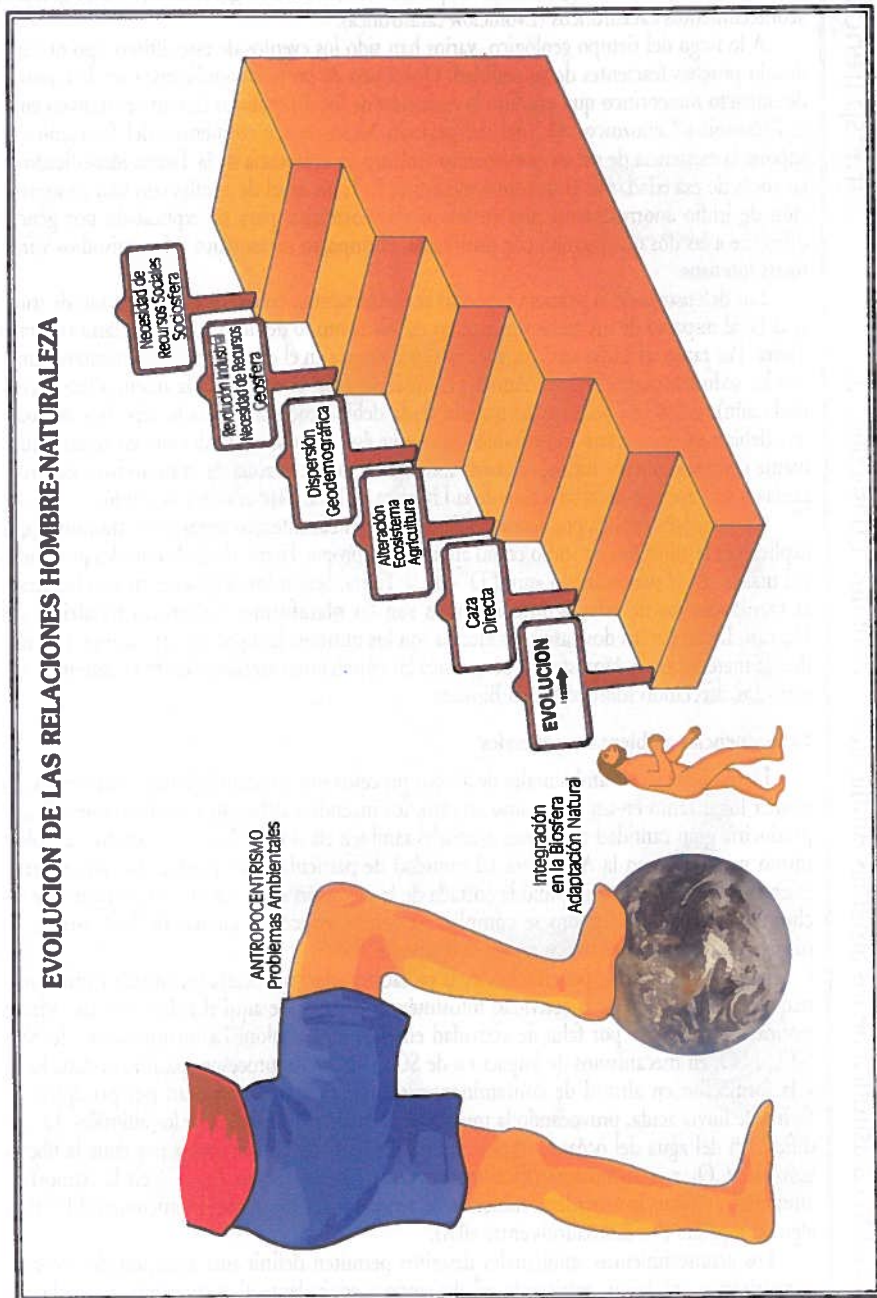
Otra hipótesis aboga por acontecimientos volcánicos intensos durante ese tránsito, y que explicarían la anomalía de iridio como aporte de la propia Tierra, desde los niveles profundos del manto, en el denominado «nivel D» de la Tierra. Según los defensores de esta hipótesis, la manifestación de tales 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, NO<sub>2</sub>, N<sub>2</sub>O, en mecanismos de impacto o de SO, SO<sub>2</sub>, 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 CO<sub>2</sub> a la Atmósfera. El aumento de la concentración de CO<sub>2</sub> 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.



**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.

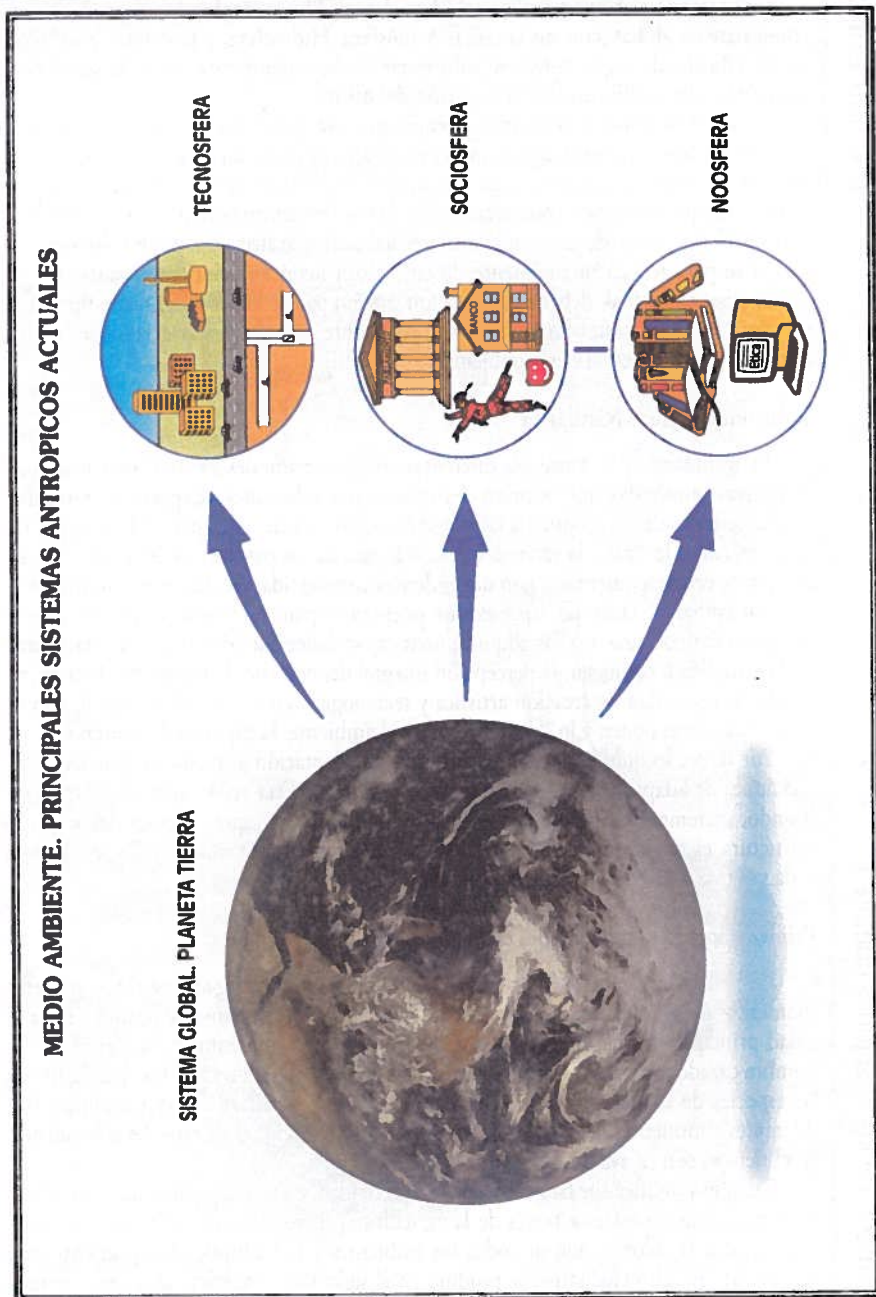
Sin embargo, entre las especies que pueblan el planeta, y dentro del mecanismo evolutivo natural, una de ellas adquirió unas capacidades que son las que la caracterizan en la actualidad, como son la percepción integral del entorno, la capacidad de comunicación, la capacidad de creación artística y tecnológica, 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.



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**, contruidos 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 ímproba, 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**

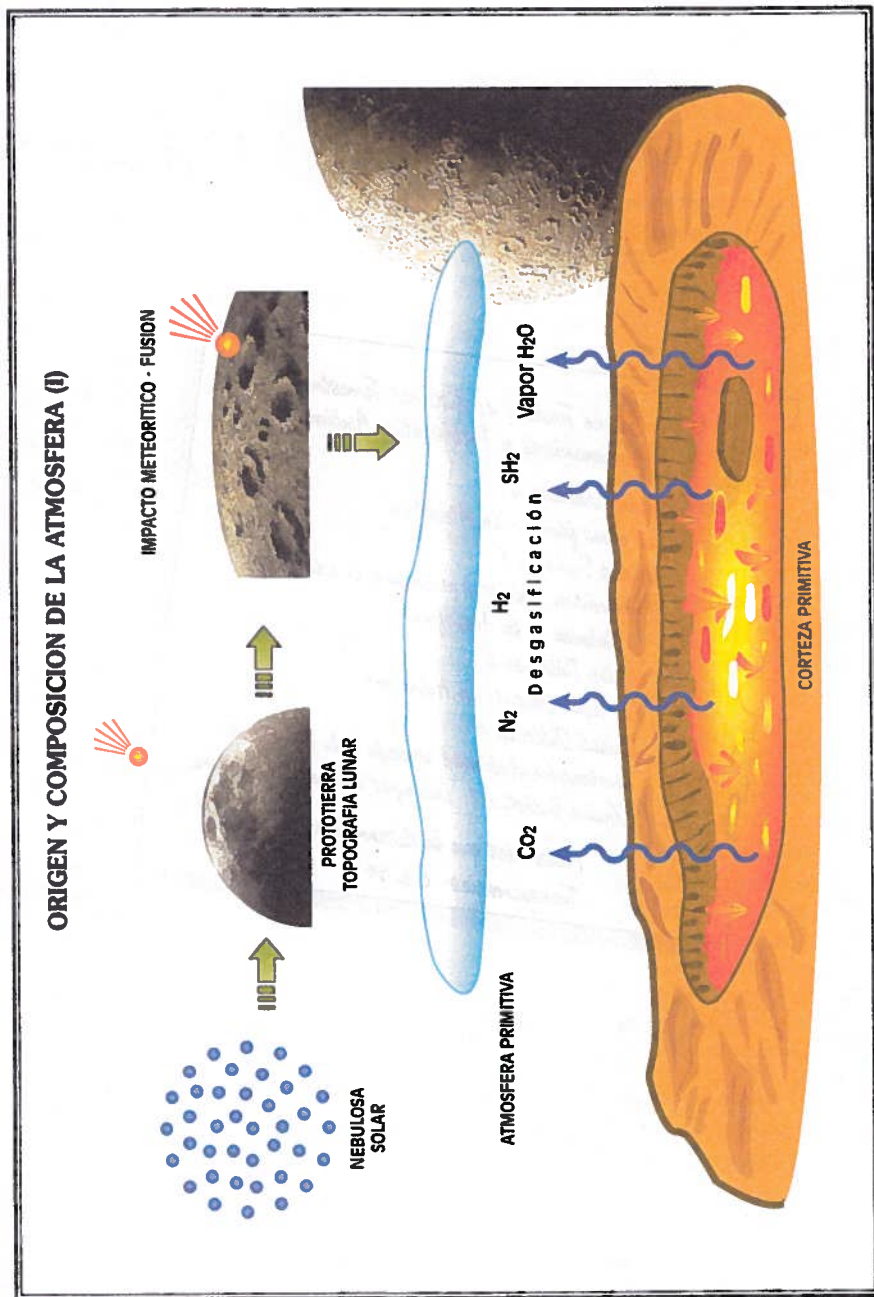
**Unidad Didáctica 6**

**Problemática Ambiental asociada a la Hidrosfera**

**Unidad Didáctica 7. Las capas sólidas: La Geosfera**

**Materiales que la desarrollan:**

**Transparencias: 6 a 64**



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

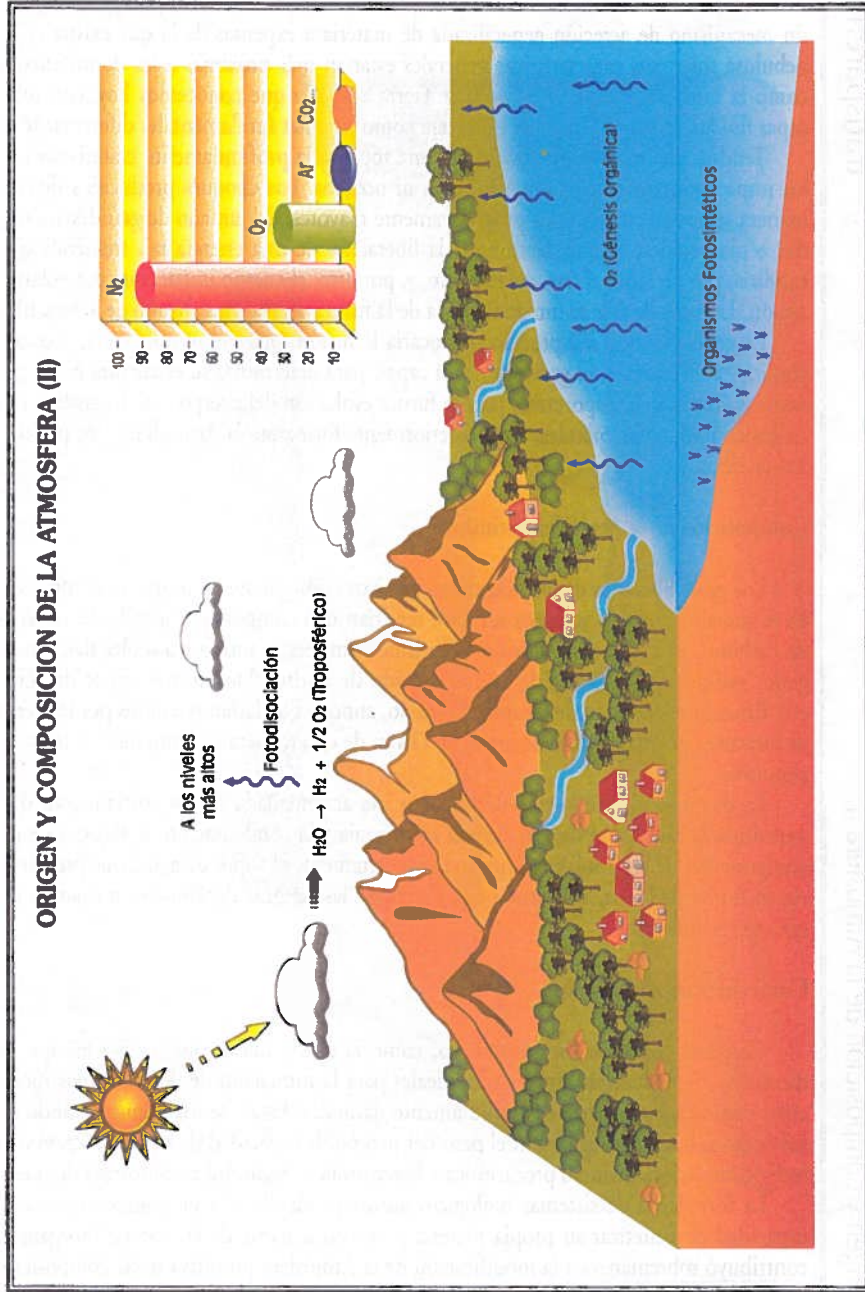
Los gases liberados de los magmas primitivos (equivalentes a los que se desprenden en la actualidad en los volcanes activos), tendrían una composición mezcla de: dióxido de carbono, así como el monóxido del mismo compuesto, nitrógeno molecular, hidrógeno, sulfídrico, monóxido de azufre, dióxido de azufre, 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 sobremedida a la modificación de la Atmósfera primitiva hacia composiciones más próximas a las actuales.

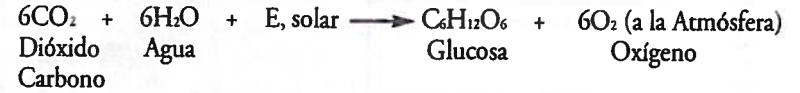


**Génesis de la Atmósfera actual. Agentes ambientales del cambio**

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:

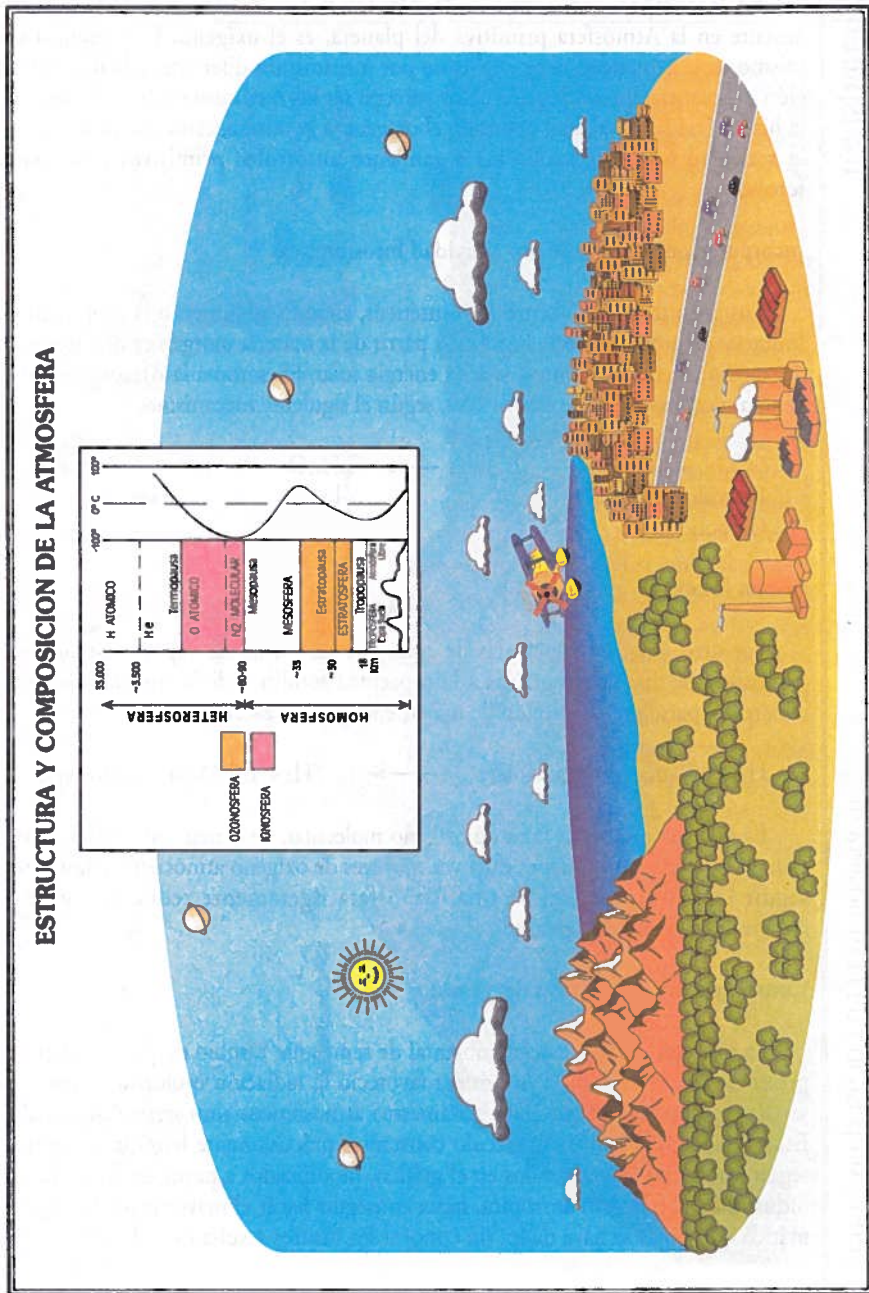


La liberación de estas tasas de oxígeno molecular, de génesis no orgánica pasarían a engrosar los volúmenes cada vez mayores de oxígeno atmosférico, hasta conseguir la transformación de una Atmósfera ligeramente reductora, en una Atmósfera claramente oxidante.

**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



Estructura y composición de la Atmósfera

transparencia 8

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**.

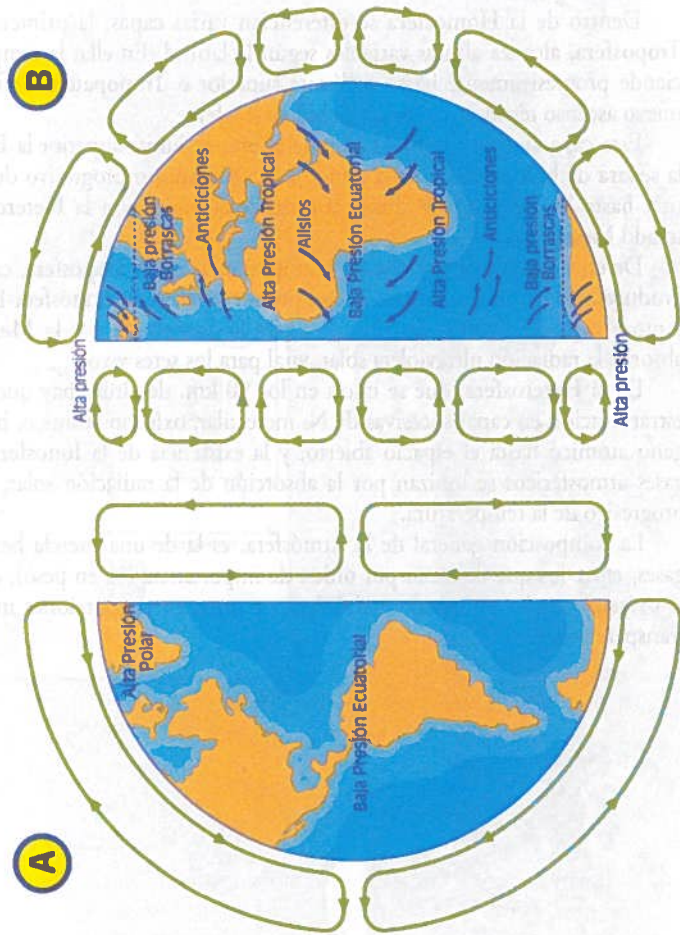
Esta capa alcanza los 30-35 km. de altura, su límite superior la **Estratopausa**, la separa de la **Mesosfera**, capa donde hay un descenso progresivo de la temperatura hasta los -85°C-100°C que constituye el límite con la **Heterosfera**, denominado **Mesopausa**.

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<sub>2</sub> 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



Dinámica atmosférica. Principales zonas climáticas

transparencia 9

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).

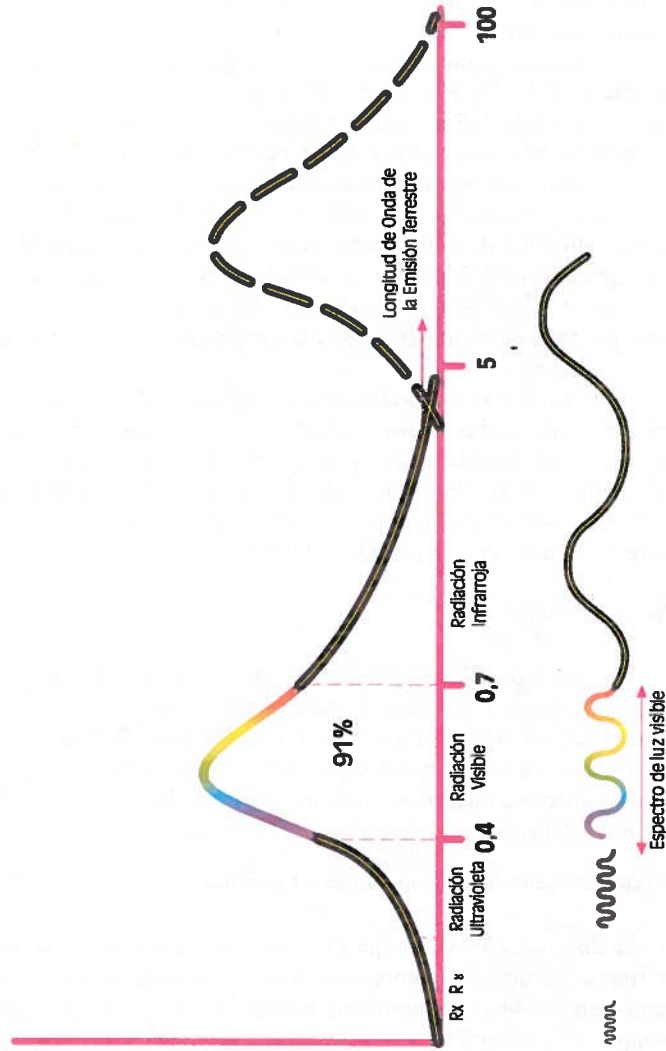
Zonación climática

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 CIENTÍFICAS DE LOS PRINCIPALES SISTEMAS TERRESTRES. ATMÓSFERA**  
Radiación comparada del Sol y la Tierra



Radiación comparada del Sol y la Tierra

transparencia 10

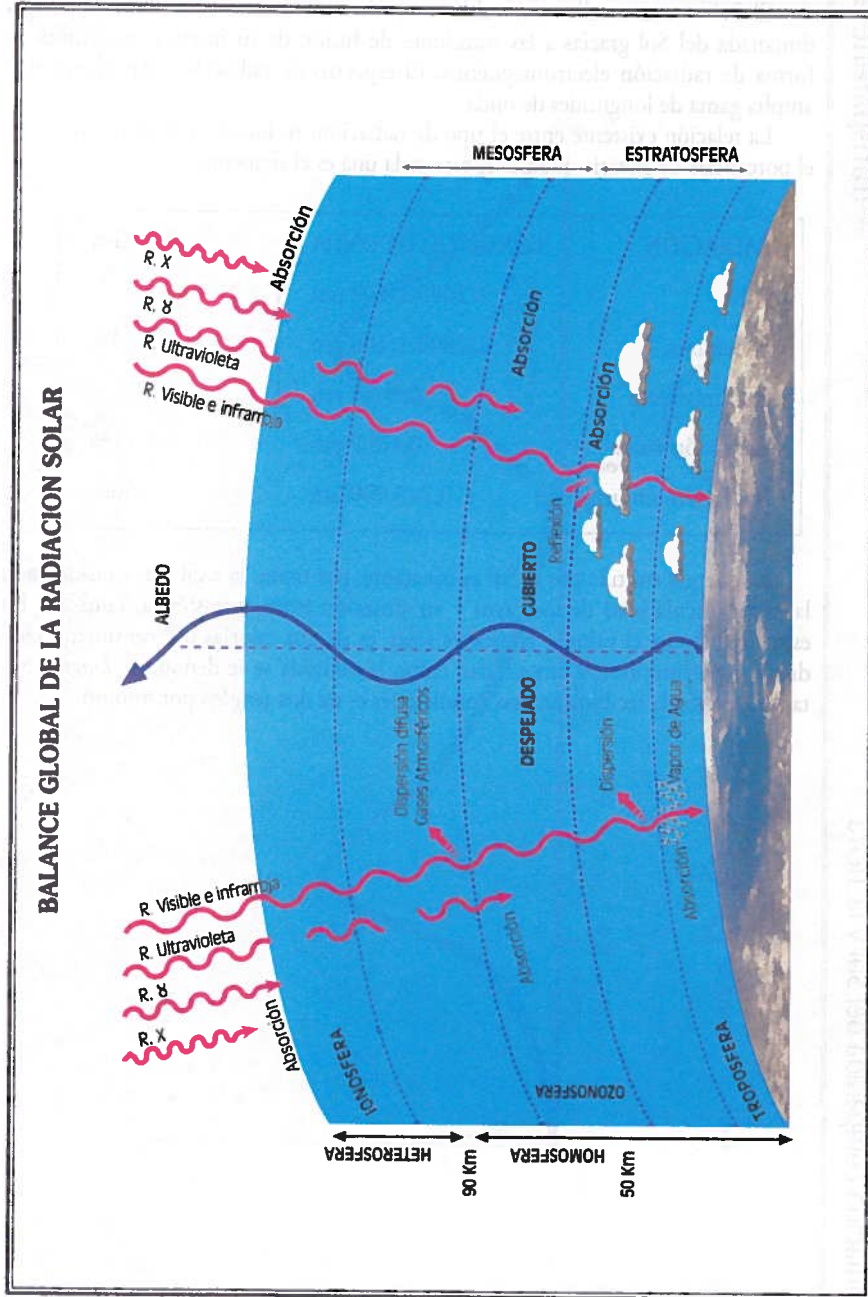
**Radiación solar. Tipos**

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	41%
Radiación visible	0,4-0,7 μm	
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  $150,10^6$  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**

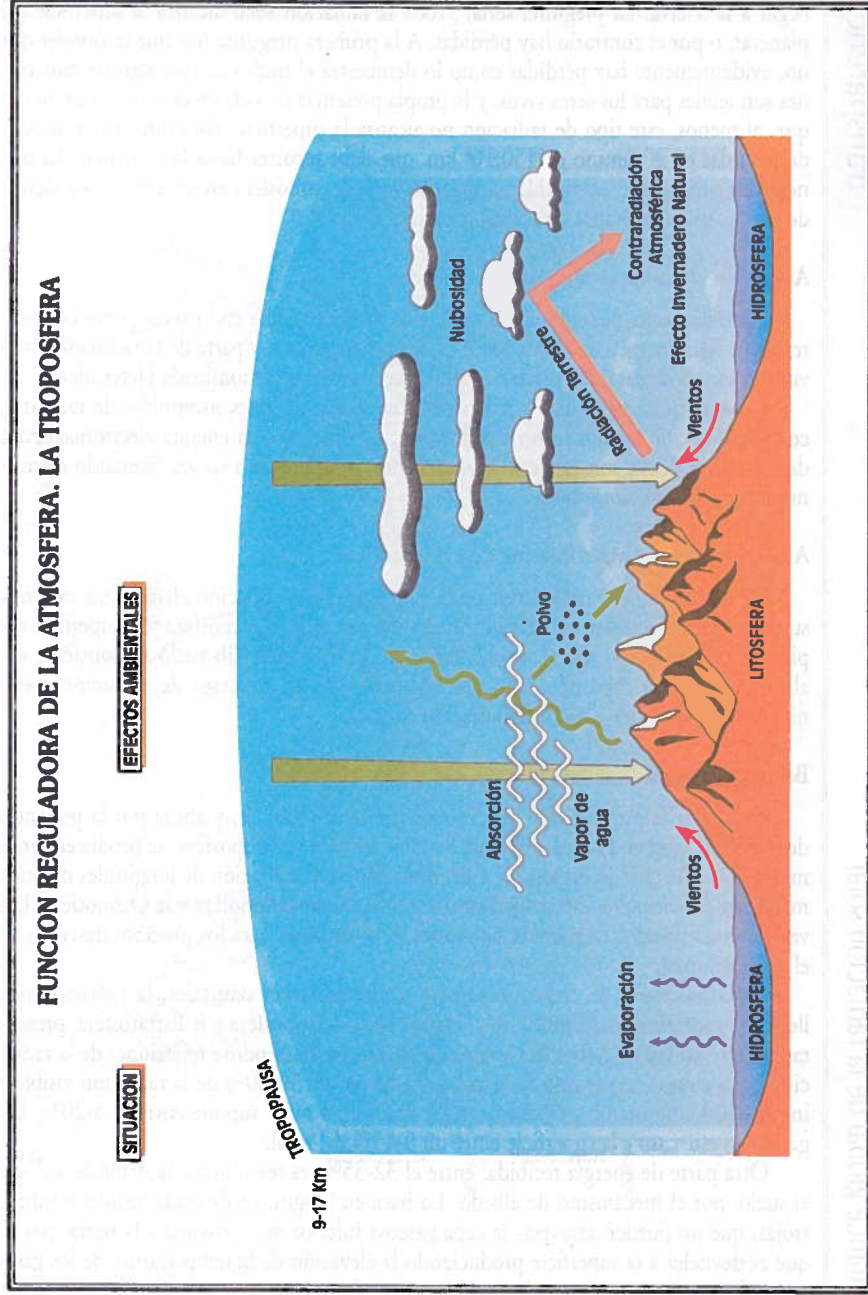
De las tres radiaciones citadas antes, sólo parte de la radiación ultravioleta continúa su trayectoria descendente hacia los niveles inferiores de la Atmósfera y la superficie del planeta. Sin embargo, en el nivel inferior de la Atmósfera, llamado Homosfera, son absorbidos por la capa de ozono. La evaluación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



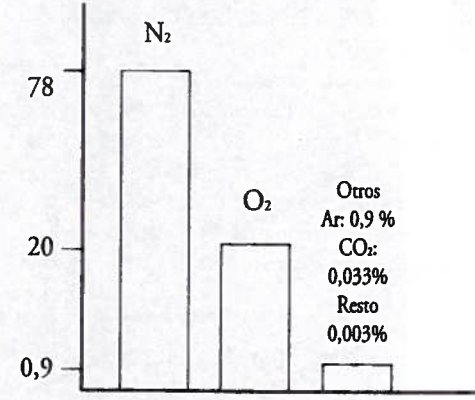
Función reguladora de la Atmósfera. La Troposfera

transparencia 12

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.

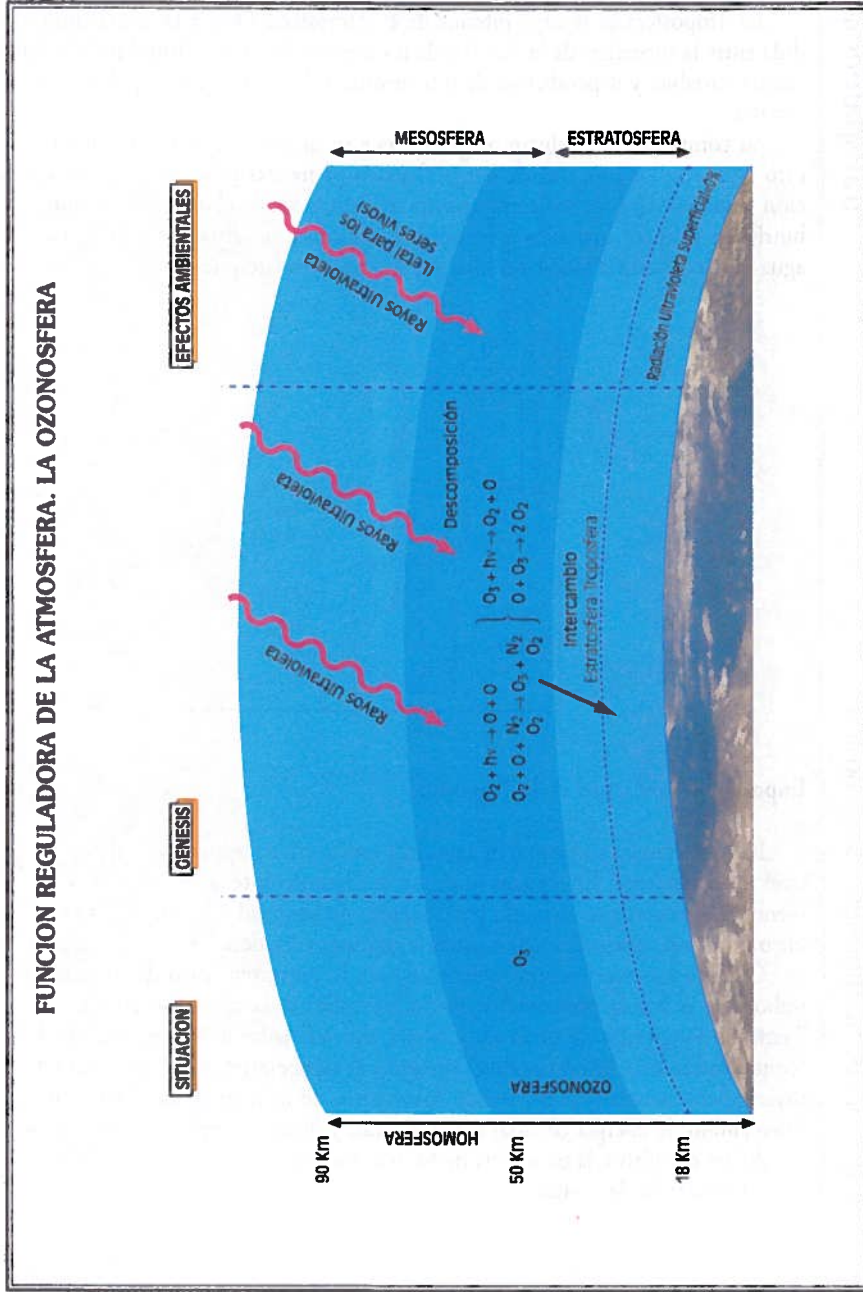
Su composición de distintos gases, tiene su origen, como se ha apuntado en otro lugar, en los procesos de desgasificación planetaria posterior a la configuración como tal. Uno de sus componentes más importante, el oxígeno, hay que atribuirlo en primera instancia a fenómenos naturales de disociación del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



**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.

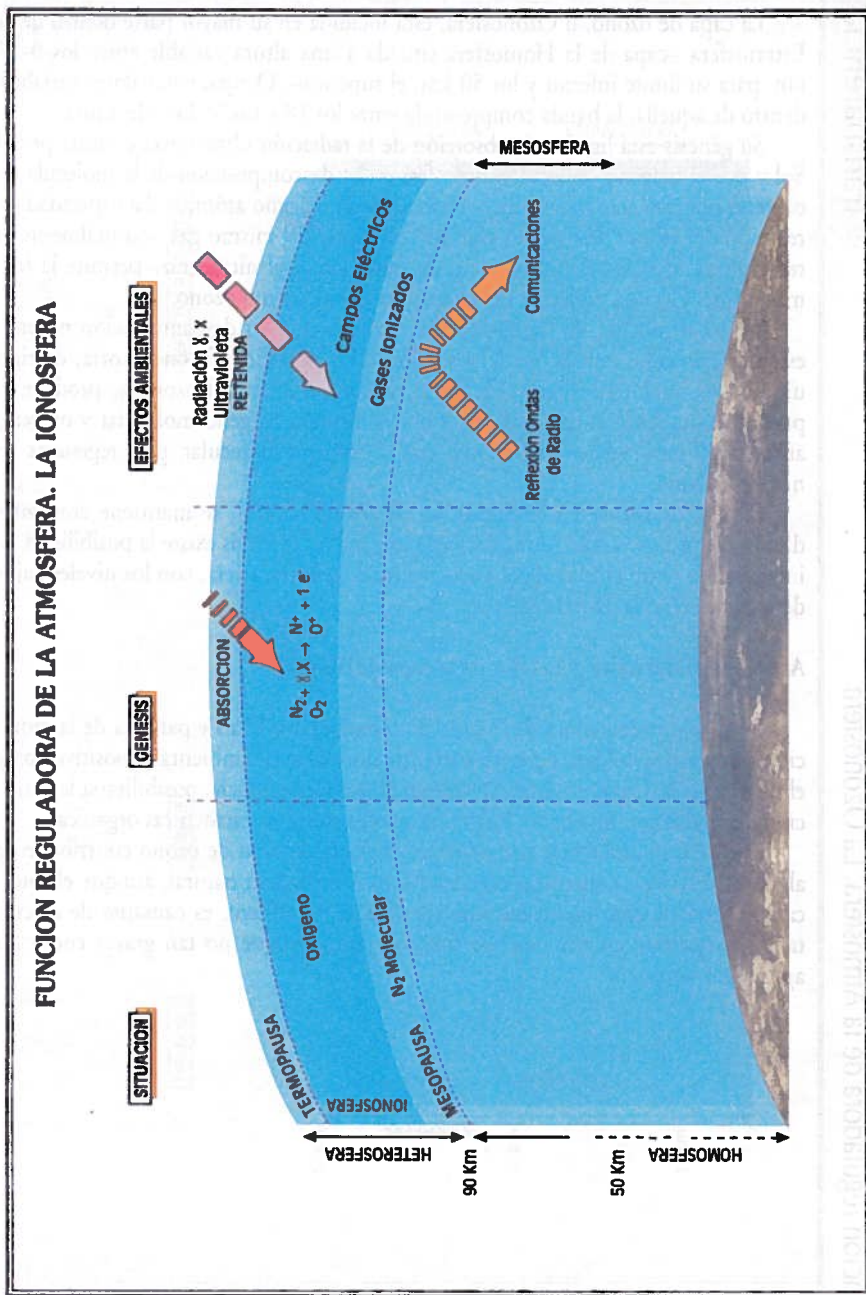
Tanto el proceso de formación del ozono, como su descomposición natural, están relacionados con la citada absorción de la radiación de onda corta, de tipo ultravioleta altamente energética. En la descomposición del ozono se produce el paso inverso, desde la molécula de ozono se forman oxígeno molecular 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 Troposfera.

**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.



Función reguladora de la Atmósfera. La Ionosfera

transparencia 14

**Ionosfera. Situación y génesis**

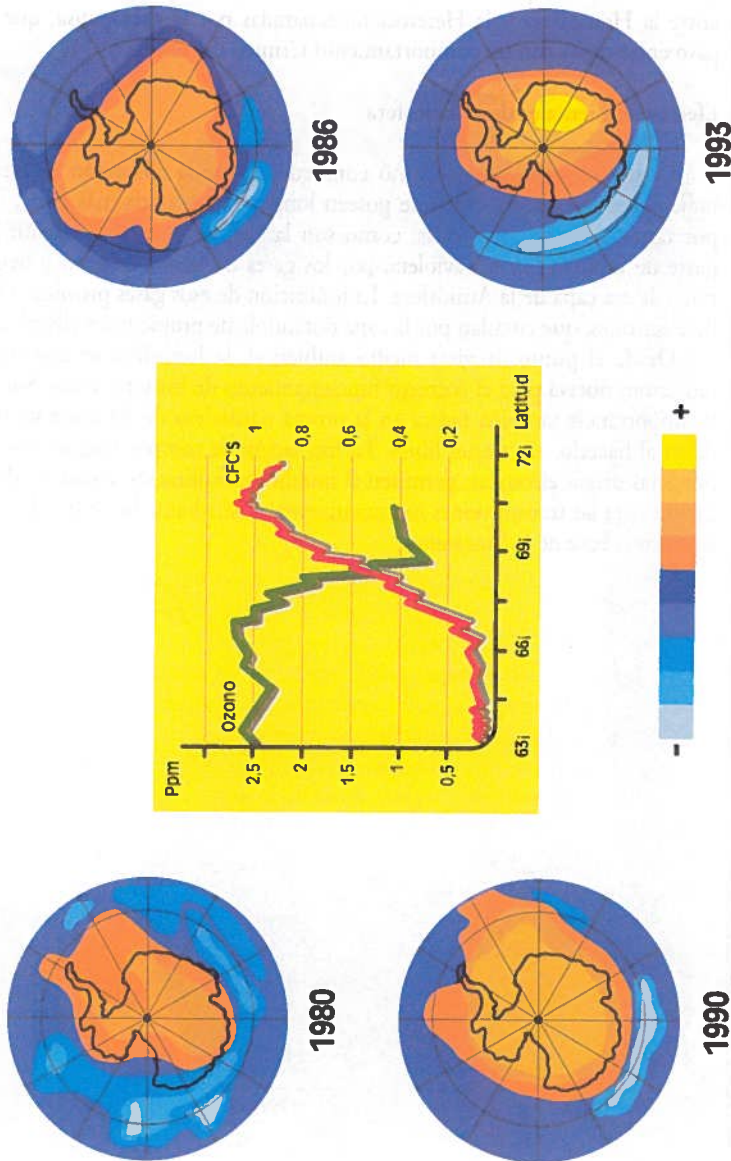
La Ionosfera (dentro de la Termosfera) está situada a una altura aproximada de 90 km. sobre la superficie del planeta. Constituye en su limite inferior el tránsito entre la Homosfera y la Heterosfera, separadas por la mesopausa, que marca el paso entre capas con un comportamiento térmico diferente.

**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

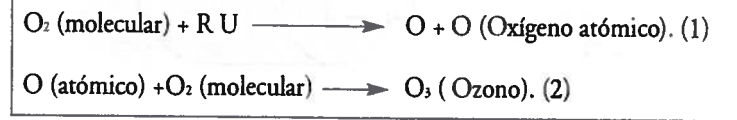


El agujero de la capa de ozono. Concepto

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:

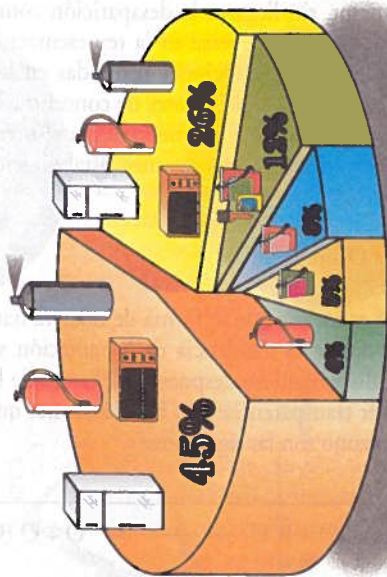


La concentración natural en la Ozonosfera de esta molécula del oxígeno está en torno a  $[10 \text{ mg.kg}^{-1}]$ , y esta concentración se mantendría constante en esos valores gracias al mecanismo contrario de destrucción en la misma región, y a la disminución volumétrica del ozono que se intercambia 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 QUÍMICOS RESPONSABLES**

CFC-12. (C<sub>2</sub>F<sub>2</sub>Cl<sub>2</sub>). Aerosoles, Aire Acondicionado, Espumas, Refrigeración. 45%  
 CFC-11. (CCl<sub>2</sub>F<sub>2</sub>). Aerosoles, Espumas, Refrigeración. 26%  
 CFC-113. Disolvente. 12%  
 TETRACLORURO DE CARBONO. (Cl<sub>4</sub>C). Disolvente. 8%  
 METIL. CLOROFORMO. Disolvente. 5%  
 HALON 1301. Extintores. 4%



**Agujero de la capa de ozono. Agentes químicos responsables**

**transparencia 16**

**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.

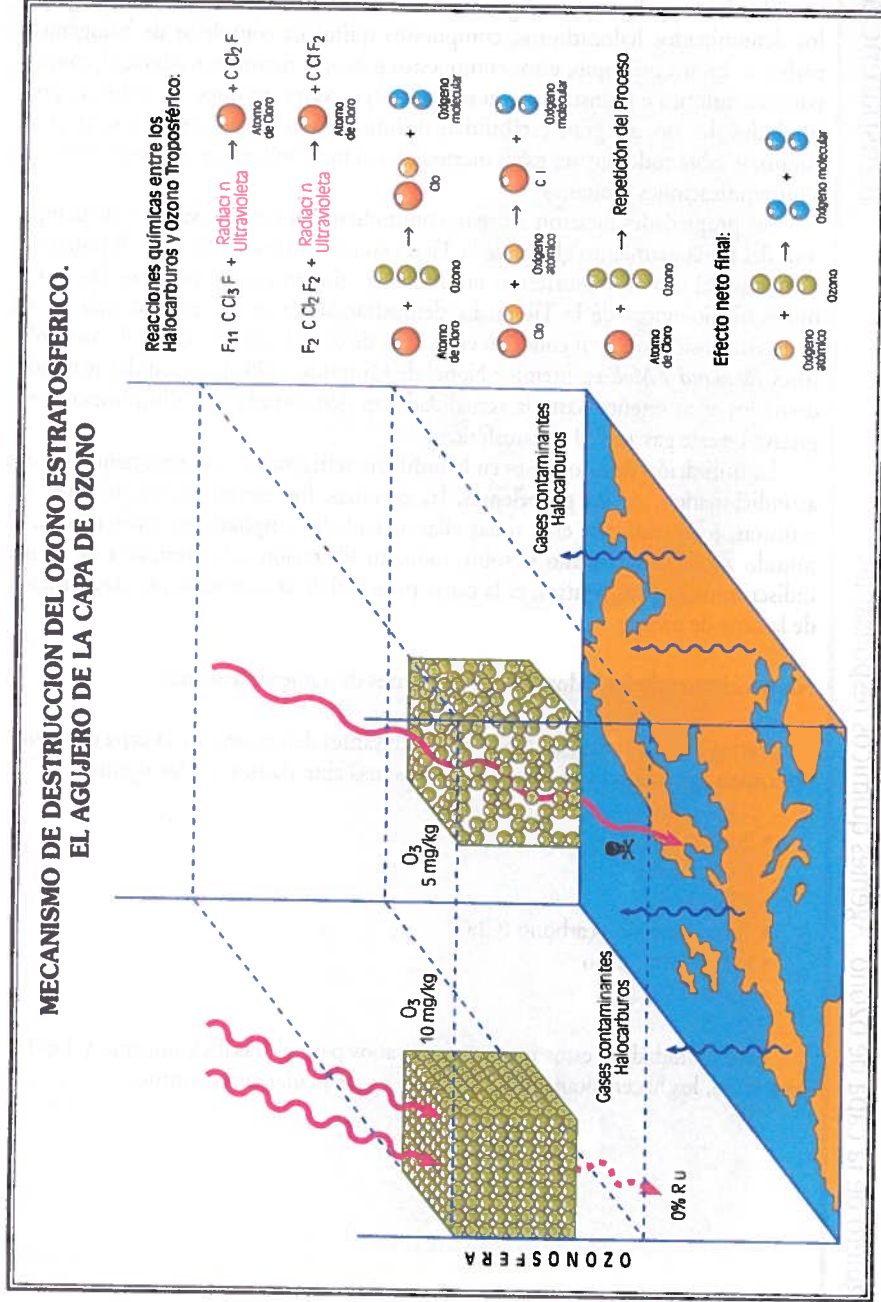
La utilización de estos gases en la industria refrigerante —esencialmente del aire acondicionado—, de los propelentes, las espumas, los esprays, los disolventes, las pinturas, los extintores, etc., todas ellas actividades ampliamente utilizadas en el mundo actual desarrollado y, sobre todo, su liberación 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<sub>12</sub> (CCl<sub>3</sub>F)
- F<sub>11</sub> (CCl<sub>2</sub>F<sub>2</sub>)
- CFC-113
- Tetracloruro de carbono (Cl<sub>4</sub>C)
- Metil-cloroformo
- Halon1301.

La estabilidad de estos gases, entre 8 años para el metil-cloroformo y los 111 para el F<sub>12</sub>, los hacen altamente reactivos y en particular con el 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<sup>-1</sup> 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<sub>11</sub> y F<sub>12</sub>. 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.