

1.1 LAS CIENCIAS DE LA TIERRA

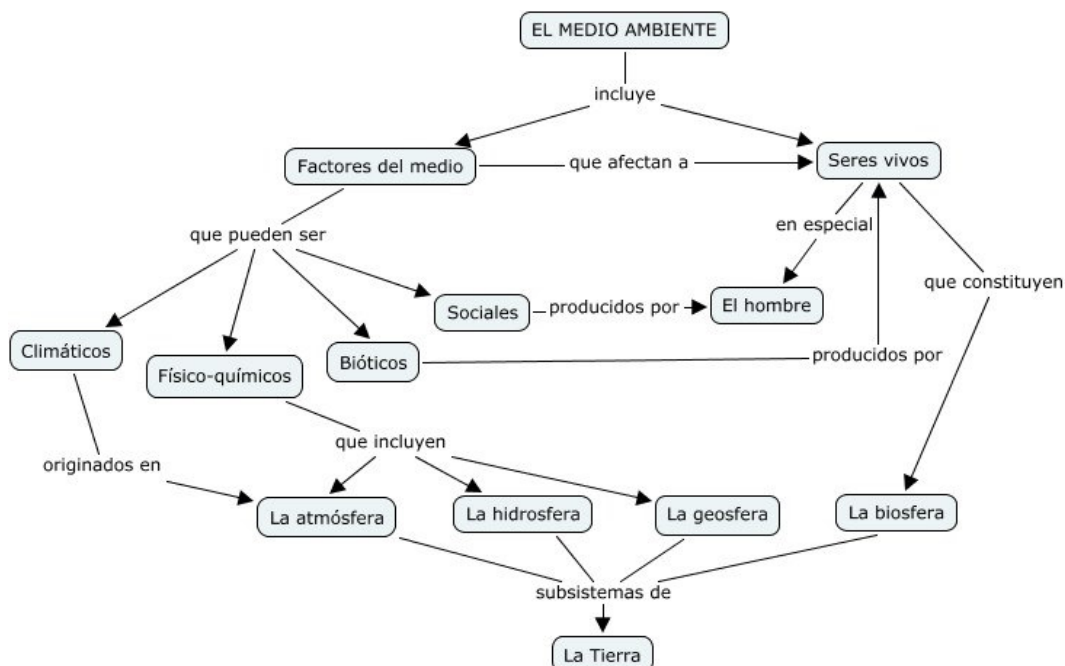
LAS CIENCIAS DE LA TIERRA Y MEDIOAMBIENTALES ESTUDIAN LA TIERRA DESDE UN ENFOQUE MULTIDISCIPLINAR

- Se trata de una ciencia de síntesis, multidisciplinar, que utiliza conceptos e información de:
 - Ciencias de la Naturaleza: Ecología, Biología, Química, Geología.
 - Ciencias Sociales y Humanidades: Economía, Política, Ética, Sociología.
- Sus objetivos son:
 1. Entender de forma global las relaciones que existen entre los diversos componentes del sistema Tierra.
 2. Conocer como afectan los sistemas de apoyo (medio ambiente) a la vida en la Tierra, a nosotros mismos y a otras formas de vida.
 3. Proponer y evaluar soluciones de cara a los problemas medioambientales que padecemos.
- La asignatura de CCTMA pretende promover una reflexión científica sobre los problemas medioambientales y generar actitudes responsables para mitigar los riesgos y aprovechar eficazmente los recursos.

Sólo con la implicación de todos será posible el desarrollo de una nueva cultura, crítica y responsable, consciente de que la humanidad es un elemento más del medio ambiente. Somos interdependientes y extremadamente frágiles

EL MEDIO AMBIENTE INCLUYE COMPONENTES FÍSICO-QUÍMICOS, BIOLÓGICOS Y SOCIALES

- “Conjunto de componentes físicos, químicos, biológicos y sociales capaces de causar efectos directos o indirectos, en un plazo corto o largo, sobre los seres vivos y las actividades humanas” (Congreso de Estocolmo, 1972).
Se trata de un conjunto de componentes físico-químicos (atmósfera, hidrosfera y geosfera), biológicos (los seres vivos o biosfera) y sociales (la humanidad o antroposfera) no estudiados de una manera aislada, sino ligados de forma que unos actúan sobre los otros, es decir, interaccionan causando efectos directos o indirectos sobre los seres vivos y sobre las actividades humanas.
- También se puede definir como el conjunto de todas las fuerzas o condiciones externas, incluyendo factores físico-químicos, climáticos y bióticos, que actúan sobre un organismo, una población o una comunidad.
- Se trata de un concepto que se centra fundamentalmente en el hombre y en las sociedades humanas y en las interacciones que éstos establecen con los sistemas terrestres.



1.2 APROXIMACIÓN AL TRABAJO CIENTÍFICO

LA OBSERVACIÓN Y LA EXPERIMENTACIÓN SON LAS CLAVES DE LA CIENCIA

- La ciencia es una forma de aproximación a la realidad que se caracteriza por su precisión y su objetividad. Consiste en la adquisición de conocimientos mediante la observación y la experimentación.
- El proceso mediante el cual los científicos adquieren nuevos conocimientos se conoce como método científico. En él podemos distinguir ocho etapas:
 - ① Identificación del problema
Parte de las observaciones iniciales del investigador.
 - ② Búsqueda de información
Para ver si el problema ha sido previamente investigado y si tiene ya una respuesta.
 - ③ Planteamiento de una hipótesis de trabajo
Posible respuesta al problema basada en la información disponible.
 - ④ Experimentación y/u observación
Diseño de experimentos que proporcionen una información útil. Se hacen nuevas observaciones y se registran nuevos datos.
 - ⑤ Análisis de los datos obtenidos
Se propone un modelo o teoría que explique todas las observaciones.
 - ⑥ Revisión de la teoría
Nuevos experimentos y observaciones para probar las predicciones basadas en la teoría.
Tras estas nuevas observaciones se pueden dar tres situaciones:
 - a) Probamos que la teoría es correcta.
 - b) Comprobamos que es inexacta → requiere modificaciones.
 - c) Abandonamos la teoría por ser incorrecta → necesitamos plantear una nueva hipótesis.
 - ⑦ Publicación de los resultados
Para que sean accesibles a toda la comunidad científica.
 - ⑧ Verificación por otros investigadores
Los experimentos deben poder ser reproducidos por otros investigadores y hacerles llegar a las mismas conclusiones para que la teoría reciba una aceptación general.

El estudio científico de un problema medioambiental podría constar característicamente de las siguientes etapas:

- Identificación del problema
- Recopilación de información publicada sobre el tema
- Selección de las variables que se van a estudiar*
- Planteamiento de una hipótesis de trabajo
- Selección de los puntos de muestreo (lugares en los que se van a recoger datos) o diseño de los experimentos que se van a realizar**.
- Análisis de las muestras. Recogida de datos y organización de los mismos
- Estudio de la correlación entre las variables* (si procede)
- Elaboración de conclusiones y comprobación de su validez.

* Si la selección de variables no es correcta (por ejemplo, dejamos de considerar alguna variable que es fundamental en el problema que estamos estudiando), las conclusiones probablemente no sean válidas. De igual manera, si intentamos correlacionar dos variables sin considerar otras que pueden influir, el resultado será, cuando menos, dudoso.

** Cuando se modifican variables experimentalmente es imprescindible preparar experimentos de control en los que no se modifica ninguna variable para comprobar que los efectos se deben realmente a los cambios en la variable que estamos manejando.

1.3 TEORÍA GENERAL DE SISTEMAS

EL ENFOQUE HOLÍSTICO ES EL ADECUADO PARA EL ESTUDIO DEL MEDIO AMBIENTE

- Tradicionalmente la ciencia ha estudiado los problemas mediante un enfoque reduccionista, consistente en dividir el objeto de estudio en sus componentes más simples y observar su comportamiento. Este enfoque es poco útil cuando las partes presentan grandes interacciones entre ellas, como ocurre en los sistemas complejos.
- La teoría de sistemas propone una forma sistemática y científica de aproximación y representación de la realidad desde un enfoque holístico.

El enfoque holístico se centra en el conocimiento global, ya que trata de estudiar las relaciones entre las partes en lugar de detenerse en los detalles.

- Sin rechazar el enfoque reduccionista, que puede enriquecer el conocimiento del conjunto al estudiar detalladamente cada uno de sus componentes, el enfoque holístico es el adecuado para estudiar los sistemas complejos en los que el todo es más que la suma de las partes.

UN SISTEMA TIENE PROPIEDADES NO ATRIBUIBLES A LA SUMA DE LAS DE LOS COMPONENTES QUE LO INTEGRAN

- Un sistema es un conjunto de elementos en interacción que guardan estrechas relaciones entre sí.
- Cuando se habla de sistemas se piensa en una totalidad cuyas propiedades no se pueden atribuir a la simple adición de las propiedades de sus partes o componentes.
- El enfoque sistémico, en el que prima el estudio de las interrelaciones sobre la observación aislada de los fenómenos, es el más adecuado para los estudios medioambientales.
- Los sistemas se estructuran en subsistemas, y estos, a su vez, en componentes cada vez más pequeños. Hay, por lo tanto, sistemas dentro de sistemas. El nivel de observación, es decir, la escala de estudio, dependerá de los intereses de la investigación.
- Los sistemas altamente complejos son impredecibles. Pequeñas variaciones locales pueden experimentar amplificaciones que provoquen efectos a gran escala. Esto es lo que se conoce como “efecto mariposa”.
- Tomando como criterio los intercambios que realizan con el entorno podemos distinguir tres tipos de sistemas:
 - Sistemas abiertos: los que intercambian materia y energía con el entorno.
 - Sistemas cerrados: los que sólo intercambian energía.
 - Sistemas aislados: los que no intercambian materia ni energía.
- La inmensa mayoría de los sistemas son abiertos; sin embargo, podemos considerarlos como modelos cerrados o aislados para facilitar su estudio.
- Por otro lado podemos distinguir entre:
 - Sistemas estáticos: cuando los elementos del sistema y las relaciones entre ellos son inmutables.
 - Sistemas dinámicos: cuando los elementos constituyentes del sistema fluctúan con el tiempo. Pueden presentarse en un estado de equilibrio dinámico (véanse más adelante los sistemas homeostáticos).

LOS MODELOS SON VERSIONES SIMPLIFICADAS DE LA REALIDAD QUE FACILITAN SU ESTUDIO

- Cuando estudian procesos complejos, los científicos recurren al empleo de modelos, es decir, utilizan versiones simplificadas de la realidad que facilitan su estudio.
- Al diseñar un modelo hay que hacer simplificaciones, eliminando los detalles que no sean relevantes. Por eso, un mismo sistema puede ser representado mediante numerosos modelos en función de los aspectos que se desea estudiar.
- En función de la forma en que se represente la versión simplificada de la realidad, existen modelos mentales, verbales, numéricos (o formales), computacionales, gráficos,...
- Los modelos mentales son los que utilizamos permanentemente para interpretar nuestro entorno, ya que la realidad es demasiado compleja y recurrimos a una simplificación en función de nuestros intereses o nuestros objetivos.
- Los modelos verbales consisten en una explicación con palabras de los aspectos fundamentales de una realidad.
- Los modelos numéricos o formales emplean ecuaciones matemáticas para describir las relaciones entre los aspectos de la realidad que queremos estudiar (variables).
- Los modelos computacionales pueden ser considerados un caso especial de los anteriores, pero en el que se aprovecha la gran capacidad de cálculo de los ordenadores para emplear grandes cantidades de datos para simular el funcionamiento de sistemas complejos.
- Los modelos imitan, pero no son la realidad. Un buen modelo permitirá predecir situaciones futuras. Además, los modelos permiten hacer experimentos (reproduciendo situaciones) que no podrían hacerse en la realidad. Sin embargo, al ser imitaciones simplificadas siempre van a estar lejos de la complejidad del proceso natural.

LOS SISTEMAS SE REPRESENTAN MEDIANTE MODELOS DENOMINADOS DE CAJA NEGRA O DE CAJA BLANCA

- En el estudio de sistemas se emplean básicamente dos tipos de modelos denominados caja negra y caja blanca.
En un modelo tipo caja negra nos fijamos sólo en las entradas y salidas, no en los elementos del sistema ni en sus interacciones.
En un modelo de tipo caja blanca estudiamos las entradas y salidas del sistema, además de los elementos del sistema y sus interrelaciones.
- Modelización de sistemas: las etapas que se siguen para elaborar un modelo pueden resumirse en:
 - ① Formulación del problema
Consiste en establecer el objetivo de la investigación.
 - ② Descripción del sistema
Se establece cuáles son los componentes del sistema, los posibles subsistemas y sus interacciones. Se seleccionan los componentes que se van a representar y las variables que se van a estudiar, descartando las que se considere que son irrelevantes.
 - ③ Estudio de las relaciones entre variables
Para establecer cuáles son las relaciones causales (causa-efecto).
 - ④ Validación del modelo
Se comprueba si el modelo reproduce la realidad y permite predecir su comportamiento.

LOS DIAGRAMAS CAUSALES NOS PERMITEN ESTUDIAR LA REGULACIÓN DEL SISTEMA

- Las relaciones causales son las relaciones causa-efecto que se producen entre dos o más variables en un sistema.
- Estas relaciones pueden ser simples (positivas, negativas o encadenadas) o complejas (bucles de retroalimentación; positivos o negativos).
- Las relaciones simples se refieren a la influencia directa de una variable sobre otra. Pueden ser:
 - Positivas o directas (+): Al aumentar o disminuir una variable, aumenta o disminuye respectivamente la otra.
 - Negativas o inversas (-): El aumento de una variable implica la disminución de la otra o viceversa.
 - Encadenadas: cuando se relacionan más de dos variables. Si el número de relaciones negativas es par, la relación resultante (entre la primera y la última variables de la cadena) es positiva, y si es impar negativa.
- En las relaciones complejas (bucles de retroalimentación) las acciones de un elemento sobre otro suponen que, a su vez, éste actúe sobre el primero (modificación de una variable como consecuencia de sus propios efectos). Pueden ser:
 - Positivas : La variación de una variable en un sentido (aumento o disminución) produce un cambio de otra variable en el mismo sentido y ésta, a su vez, influye de la misma manera sobre la primera. Tienen una acción de refuerzo sobre el proceso inicial (frecuentemente está asociado a procesos de crecimiento y diferenciación).
 - Negativas: la variación de una variable en un sentido produce un cambio de otra variable en el mismo sentido y ésta, a su vez, influye sobre la primera en sentido opuesto. Tienen una acción reguladora y estabilizan los sistemas en los que actúan (sistemas homeostáticos). Se consigue un estado de equilibrio dinámico.

LOS MODELOS DE LOS SISTEMAS DEBEN CUMPLIR LOS PRINCIPIOS DE LA TERMODINÁMICA

- Los sistemas intercambian materia y energía con su entorno. Los intercambios de energía deben cumplir los principios de la termodinámica.
- Primer principio: conservación de la energía.
La energía ni se crea ni se destruye, sólo se transforma. En todo sistema la energía que entra será equivalente a la energía que se almacena dentro del sistema más la que salga de él.
- Segundo principio: la entropía.
La tendencia natural del universo es hacia el estado de máxima entropía, al máximo desorden. La energía tiende de una forma natural a pasar de un estado más concentrado y organizado (energía de alta calidad) a otro más disperso y menos organizado (energía de baja calidad). El mantenimiento de orden requiere un aporte de energía.
Los seres vivos consiguen aparentemente transgredir este segundo principio incorporando energía del medio. Son sistemas abiertos que consiguen reducir su entropía incrementando la de su entorno.

1.4 EL SISTEMA TIERRA

LA TIERRA PUEDE SER REPRESENTADA MEDIANTE MODELOS CAJA NEGRA O CAJA BLANCA

- Empleando un modelo caja negra, la Tierra puede ser considerada como un sistema cerrado (despreciando la entrada de materia procedente de los meteoritos): recibe energía del Sol y pierde energía en forma de calor y de luz reflejada.
- En un modelo caja blanca, la Tierra se puede dividir en cuatro subsistemas: atmósfera, hidrosfera (algunos autores separan la criosfera), geosfera y biosfera.
- El clima tiene un carácter esencialmente dinámico y manifiesta como ningún otro elemento las interacciones entre los diferentes subsistemas del planeta. Existen siete factores fundamentales que afectan al clima de la Tierra:

① Efecto invernadero (fig. 1.34, pág. 21)

Se debe al efecto de una serie de gases (CO_2 , CH_4 , N_2O , CFCs) transparentes a la radiación luminosa pero no a la radiación infrarroja emitida por la superficie terrestre (calor).

Mantiene la temperatura terrestre en torno a los 15°C (la temperatura media sería de -18°C sin ellos).

El incremento del efecto invernadero como consecuencia de la actividad humana (deforestación, uso de combustibles fósiles, incendios, ...) es un grave problema ambiental de consecuencias imprevisibles.

② Efecto albedo (fig. 1.35, pág. 22)

El albedo es el porcentaje de luz solar reflejada. Depende del color y de la textura de la superficie. Cuanto mayor es el albedo, menor es la radiación absorbida por la Tierra, lo que provoca un enfriamiento.

③ Las nubes (fig. 1.36, pág. 22)

Ejercen una doble acción: incrementan el albedo e incrementan el efecto invernadero.

④ El polvo atmosférico (fig. 1.39, pág. 23)

El aumento de la cantidad de polvo atmosférico (por erupciones, contaminación, impacto de meteoritos, ...) provoca una disminución de la temperatura, ya que las radiaciones solares no pueden atravesarlo.

Las erupciones volcánicas, que provocan un descenso de la temperatura a corto plazo como consecuencia de las cenizas que envían a la atmósfera, provocan un aumento de la temperatura a largo plazo (más duradero) como consecuencia de las emisiones de CO_2 .

⑤ Parámetros orbitales

Otras variaciones de la temperatura son debidas a los cambios de los parámetros orbitales de la Tierra: su excentricidad (que varía en periodos de unos 100.000 años desde prácticamente cero, que corresponde a la de un círculo, hasta un valor máximo, situación en la que nos encontramos ahora), la inclinación del eje de rotación (que varía en ciclos de 41.000 años) y la posición del perihelio, que provocan variaciones en la radiación solar incidente.

⑥ Influencia de la biosfera (fig. 1.43, pág. 25)

Los seres vivos, especialmente los vegetales mediante la fotosíntesis, han influido en la composición de la atmósfera y, por tanto, en el clima terrestre. La fotosíntesis retira CO_2 de la atmósfera acumulando el carbono en forma de biomasa (que a su vez puede quedar atrapada en los combustibles fósiles), reduciendo el efecto invernadero. La fotosíntesis ha determinado también la acumulación de O_2 en la atmósfera y la abundancia de este ha permitido la formación de la capa de ozono (O_3).

⑦ Distribución de las masas continentales y los océanos

La distribución actual de las masas continentales y de los océanos no es la misma que en el pasado ni será la igual en el futuro. La acumulación de grandes masas continentales en las zonas intertropicales o en las proximidades de los polos.

El conjunto de factores que intervienen en la temperatura terrestre hacen que ésta se encuentre en un estado de equilibrio dinámico que podría peligrar por un cambio brusco en las condiciones ambientales.

1.5 CAMBIOS AMBIENTALES EN LA HISTORIA DE LA TIERRA

LOS SUBSISTEMAS TERRESTRES HAN EXPERIMENTADO CAMBIOS A LO LARGO DE LA HISTORIA

- Cambios en la atmósfera

Aunque hasta hace unas décadas los científicos consideraban que la atmósfera primitiva debió ser una atmósfera reductora que carecía de oxígeno libre y estaba formada fundamentalmente por NH_3 , CH_4 y H_2 , diversos datos recopilados en los años setenta han hecho cambiar esta idea. En la actualidad se piensa que la atmósfera primitiva se originó a partir de los gases expulsados por la incesante actividad volcánica que se produjo du-

rante las primeras etapas de la formación del planeta y que debió ser una atmósfera sólo ligeramente reductora formada por vapor de agua, N₂ y CO₂ fundamentalmente.

Hace entre 2.500 y 2.000 millones de años, apareció oxígeno libre en la atmósfera como consecuencia de la aparición de los primeros organismos fotosintetizadores (aparecen capas de sedimentos con hematites, la forma más oxidada del hierro, y se hacen raros los minerales sedimentarios incompatibles con la presencia de una atmósfera oxidante).

Hace unos 600 millones de años había oxígeno suficiente como para que se formara la capa de ozono en la estratosfera.

Los cambios posteriores consisten fundamentalmente en variaciones en la cantidad de CO₂ relacionadas con la glaciaciones y con la actividad humana.

- Cambios en la hidrosfera

Actualmente se cree que los océanos se formaron por la condensación del vapor de agua de la atmósfera durante el proceso de diferenciación gravitatoria poco después (10 – 20 millones de años) de la formación de la Tierra.

La temperatura media del agua debía ser en aquella época de unos 40°C, puesto que existen depósitos de yeso de entonces y éste no se forma si la temperatura es mayor y, además, se sabe que existieron bacterias fijadoras del N₂ semejantes a las actuales, que suelen vivir a temperaturas de entre 35 y 40°C.

También se han producido cambios en la composición y en el nivel de la hidrosfera. Los primeros debido a la influencia de los seres vivos, al aporte de sal desde los continentes y las erupciones volcánicas y a las variaciones de concentración asociadas a los cambios climáticos. Los segundos se conocen como transgresiones y regresiones y pueden deberse a variaciones en el volumen de la hidrosfera (por ejemplo durante las glaciaciones; se conocen como movimientos eustáticos) o al ascenso o descenso de los continentes (movimientos epigénicos o isostáticos).

- Cambios en la geosfera

Los cambios que afectan a la litosfera se estudiarán con detalle más adelante. Son de tres tipos fundamentalmente:

Cambios en la distribución de los continentes.

Cambios en el magnetismo.

Cambios en los relieves y paisajes

- Cambios en la biosfera

Aunque las investigaciones sobre el origen de la vida en la Tierra tienen que recorrer todavía un largo trayecto, parece claro que las primeras formas de vida surgieron en el mar hace unos 3.800 millones de años. Mientras que algunos científicos consideran que la vida pudo tener un origen extraterrestre (hipótesis de la panspermia), otros consideran que ciertas zonas de los océanos (las chimeneas hidrotermales del fondo de los océanos para unos, o charcas sometidas a desecación en la zona intermareal para otros) pudieron tener unas condiciones especiales que favorecieron el origen de la vida.

Sea como fuere, desde la aparición de los primeros organismos la historia de la vida se ha caracterizado por su persistencia y su habilidad para adaptarse a las diversas condiciones del planeta y por su lenta pero eficaz capacidad para transformar el medio.

Los principales acontecimientos relacionados con la evolución de la biosfera se recogen en el siguiente cuadro:

M. de A.	EONES	ERAS	PERIODOS	ACONTECIMIENTOS BIOLÓGICOS	
1,6	FANEROZOICO	CENOZOICO	CUATERNARIO	Fauna y flora actuales.	
23,7			TERCIARIO	NEÓGENO	Aparición de los primates en el Eoceno. Primeros antropomorfos en el Oligoceno. Aparecen los homínidos en el Mioceno (8 m.a.). Australopithecinos en el Plioceno. Aparición del género Homo en el Pleistoceno.
				PALEÓGENO	Predominio de las angiospermas. Expansión de los mamíferos (ungulados, proboscídeos, carnívoros, insectívoros y roedores). Grandes cambios en la flora y en la fauna. Extinción de ammonites y belemnites. Aparición de microforaminíferos y nummulites.
66			MESOZOICO	CRETÁCICO	Extinción de los dinosaurios e ictosaurios. Aparición de las angiospermas. Diversificación de los mamíferos.
135				JURÁSICO	Dominio de las coníferas. Aparición de las aves a partir de los reptiles. Fósiles más característicos de toda la era: cefalópodos (ammonites, belemnites), braquiópodos, corales, foraminíferos, gasterópodos y bivalvos.
205					

250		PALEOZOICO	TRIÁSICO	Aparición de los mamíferos a partir de los reptiles.. Gran desarrollo de los reptiles. Desaparición de los representantes típicos de la flora y la fauna paleozoicas.
290			PÉRMICO	Extinción de los trilobites. Explosión de los reptiles.
360			CARBONÍFERO	Abundantes anfibios. Primeros reptiles. Artrópodos. Aparición de las gimnospermas. Grandes bosques de helechos que originarán yacimientos carboníferos. Goniatites, braquiópodos, corales recifales, fusulinas.
408			DEVÓNICO	Declive de los trilobites. Flora cada vez más diversificada. Primeros anfibios. Expansión de los peces.
438			SILÚRICO	Desaparecen los graptolitos. Primeros vertebrados (agnatos, placodermos).
510			ORDOVÍCICO	Aparición de las primeras plantas terrestres (helechos) a finales del Silúrico. Aparición y desarrollo de las algas verdes y de las rojas. Graptolitos.
570			CÁMBRICO	Trilobites. Apogeo de los braquiópodos. Explosión de la vida en todas sus formas. Fósiles más característicos: trilobites, braquiópodos, arqueociatos.
2500			PROTEROZOICO	PRECÁMBRICO
4550	ARCAICO			

1.6 EVOLUCIÓN DE LAS RELACIONES ENTRE LA HUMANIDAD Y EL MEDIO AMBIENTE

LOS IMPACTOS AMBIENTALES SE HAN IDO AGRAVANDO AL IR AUMENTANDO LA CAPACIDAD DEL HOMBRE PARA MODIFICAR LA NATURALEZA

- En su historia, el hombre ha aprendido a modificar el entorno en su propio beneficio gracias al desarrollo de la ciencia y de la técnica. (fig. 2.1, pág. 30)
- La creciente capacidad del hombre de modificar la naturaleza para explotar sus recursos ha llegado a provocar graves impactos sobre el medio, a veces irreversibles.
- En la evolución de las relaciones entre el hombre y la naturaleza se pueden distinguir tres etapas:

Sociedad cazadora recolectora (Paleolítico)

Los primeros humanos fueron omnívoros nómadas, unos verdaderos oportunistas, y precisamente en su amplio espectro de alimentación se encuentra una de las claves de su éxito. La otra es, sin duda, el empleo de materiales naturales para fabricar herramientas, lo cual incrementó considerablemente su capacidad de modificar su entorno, aunque, por el momento, a una escala muy reducida.

El hombre buscaba en el entorno alimento y refugio y no realizaba ninguna transformación significativa en el ambiente. Su impacto en el medio natural era semejante al de cualquier otra especie. En esta época, la especie humana no es más que otros muchos depredadores que entra en competencia con otras especies de su biocenosis.

El comienzo de la utilización del fuego para ahuyentar animales peligrosos, suavizar las temperaturas de sus moradas y mejorar su alimentación, puede considerarse la primera transformación de su ambiente más cercano.

Se estima que la población humana en las primeras etapas del paleolítico estaba constituida por unos treinta mil individuos y que estuvo al borde de la extinción. Sin embargo, hace unos 20.000 años la población humana ya se había extendido por todo el planeta.

Sociedad agrícola y ganadera (la revolución neolítica)

Comienza en el Neolítico, hace unos 10.000 años. El origen de la agricultura se sitúa en Mesopotamia y desde allí se extendió hacia el Mediterráneo hace unos 8.000 años.

El hombre deja de desplazarse en busca de recursos de consumo inmediato y empieza a recoger plantas y semillas para sembrarlas cerca de su hogar, haciéndose más sedentario.

También en esta etapa se produce la domesticación de animales con el fin de utilizarlos no sólo como alimento, además para reducir el esfuerzo físico en las tareas agrícolas y en los desplazamientos.

Asociada a esta revolución neolítica, el hombre aprendió a construir herramientas metálicas y el empleo de éstas aumentó su capacidad de modificar el entorno.

En esta fase se produce ya una intervención significativa sobre el medio natural. Se talan o queman bosques para dedicar los terrenos al cultivo y se construyen asentamientos humanos estables ya que el nuevo modo de vida no requiere el continuo desplazamiento de la etapa anterior. Al no utilizar abonos, la agricultura provocaba el empobrecimiento del suelo y se inicia la desertificación de ciertas zonas. En todo caso, los cambios eran bastante escasos todavía.

El mayor éxito en la explotación de su entorno hizo que la población humana empezase a crecer rápidamente. Hace 3.000 años la población mundial habría alcanzado los 100 millones de personas y, a pesar de las hambrunas, las epidemias (como consecuencia de las deficientes condiciones sanitarias) y las guerras, en el siglo XVII se habían alcanzado los 800 millones de habitantes.

Sociedad industrial-tecnológica

La revolución industrial se produjo en el siglo XVIII con la invención de la máquina de vapor (la energía endosomática –interna o metabólica– se hace despreciable respecto a la exosomática –de origen externo–). Su empleo en las fábricas, en la minería y en las nuevas técnicas agrícolas favoreció el incremento de la producción, ya que hasta entonces el hombre dependía principalmente de su propio esfuerzo y del aprovechamiento de las fuentes de energía naturales (el Sol, el viento o las corrientes de agua).

Como la agricultura mecanizada requiere menos trabajo humano, se produjo un desplazamiento de la población hacia las grandes ciudades en las que se encontraban las fábricas o a las que surgieron en torno a las zonas mineras y se incrementó notablemente la natalidad.

Como fuente de energía para cubrir la creciente demanda empezó utilizándose la madera, que posteriormente fue sustituida por el carbón y, más tarde, por el petróleo y el gas natural. El creciente consumo de combustibles fósiles y las nocivas características de los contaminantes que generan es una de las claves para interpretar la crisis en las relaciones con el medio ambiente que aqueja al mundo a comienzos del siglo XXI.

Los principales efectos de la revolución industrial en la naturaleza han sido:

- Ruptura de los ciclos de la materia (ciclos biogeoquímicos). El hombre produce residuos a un ritmo mayor del que la naturaleza puede absorber y algunos recursos naturales se consumen a una velocidad superior que su velocidad natural de regeneración.
- Modificación del flujo de energía. La civilización actual se caracteriza por un consumo desmesurado de energía que ha incrementado la capacidad del hombre para transformar el medio. Las consecuencias han sido la contaminación y el agotamiento de los recursos no renovables de la biosfera.
- Pérdida de biodiversidad como consecuencia del crecimiento de los espacios urbanos, el predominio del monocultivo en grandes superficies y a la consecuente regresión de los bosques y otros ecosistemas naturales.

Esta situación se ve agravada por el incesante crecimiento de la población humana. La Tierra tiene ya 6.400 millones de habitantes y se calcula que alcanzará 8.000 a 10.000 habitantes para el 2050. A pesar de que el espectacular desarrollo científico y tecnológico ha permitido la mejora de la calidad de vida de un gran número de personas, paralelamente al crecimiento de la población se ha producido un aumento de las desigualdades económicas y sociales. Una pequeña parte de la humanidad consume de manera desorbitada y utiliza sin control los recursos de las zonas más deprimidas, en las que millones de personas mueren de hambre y sufren epidemias superadas ya en los países desarrollados.

1.7 NUEVAS TECNOLOGÍAS EN INVESTIGACIÓN DEL MEDIO AMBIENTE

LAS NUEVAS TECNOLOGÍAS RESULTAN DE GRAN AYUDA PARA DETECTAR Y VALORAR EL ALCANCE DE LOS PROBLEMAS AMBIENTALES

- El estudio del medio ambiente requiere el uso de técnicas que proporcionen una visión global del planeta, una interconexión rápida y el manejo de cantidades ingentes de datos.
- Aunque desarrollados con fines muy diferentes, los satélites artificiales nos envían información de utilidad medioambiental y han permitido el desarrollo de sistemas de posicionamiento muy precisos.
- Por otro lado, los sistemas informáticos y de telecomunicación, en especial Internet, constituyen herramientas magníficas para realizar análisis complejos de datos, desarrollar modelos predictivos y tomar decisiones.

EXISTEN DOS TIPOS DE SATÉLITES DE UTILIDAD MEDIOAMBIENTAL: METEOROLÓGICOS Y DE RECURSOS NATURALES

- Los satélites meteorológicos envían información sobre las condiciones atmosféricas y constituyen una herramienta imprescindible para la predicción del tiempo. En este sentido son esenciales en la predicción y prevención de desastres naturales de origen meteorológico.

La mayoría de los satélites meteorológicos son geoestacionarios: tienen su órbita situada a gran altitud (36.000 km) y su velocidad orbital está sincronizada con el movimiento de rotación de la Tierra, por lo que siempre observan la misma zona.

Los satélites geoestacionarios proporcionan una excelente resolución temporal, ya que actualizan con mucha frecuencia (cada 15 minutos en el METEOSAT) la información correspondiente a una determinada zona.

- Los satélites de recursos naturales se emplean para conocer las características de las superficies de la Tierra. Suelen tener órbitas polares (perpendiculares al plano del ecuador terrestre) y heliosíncronas (sobrevuelan cada punto de la Tierra a la misma hora). Su altitud es menor (800 - 1.500 km) que la de los satélites geoestacionarios por lo que su resolución espacial es mayor (se pueden apreciar mejor los detalles). Su resolución temporal es, en cambio, menor, ya que pueden tardar entre varias horas y algunas semanas en sobrevolar la misma zona.

PRINCIPALES SATÉLITES CON APLICACIONES MEDIOAMBIENTALES						
Serie	País	Satélites operativos	Año de Lanzamiento	Amplitud De la escena	Máxima resolución*	Frecuencia de revisita
Landsat	EEUU	Landsat 5	1984	185 km	30 m	16 días
		Landsat 7	1999	185 km	15 m	16 días
NOAA	EEUU	NOAA 10/14	1986 / 1995	2.800 km	1.100 m	6 horas
SPOT	Francia	SPOT 4	1998	60 km	10 m	26 días
		SPOT 5	2002	117 km	10 m	26 días
IRS	India	IRS-P6	2003	148 km	5 m	24 días
Ikonos	Japón	Ikonos	1999	12 km	1 m	3 días
Quickbird	EEUU	Quickbird	2001	16,5 km	0,6 m	1 - 4 días
ERS	Europa	ERS 2	1995	100 km	25 m	4 - 35 días
Envisat	Europa	Envisat	2002	1.250 km	30 m	3 - 35 días

* Esta resolución se refiere al tamaño del píxel, es decir, a la superficie mínima detectada sobre el terreno que se corresponde con cada una de las celdillas o unidades mínimas de información en las que se divide la imagen

EL GPS ES UN SISTEMA DE POSICIONAMIENTO GLOBAL

- El sistema GPS está formado por 24 satélites geoestacionarios situados a 20.000 km de altitud, provistos de relojes atómicos muy precisos y que envían señales periódicamente proporcionando una referencia de tiempo para que el receptor (el aparato que conocemos habitualmente como GPS) pueda medir la distancia a al menos tres satélites para determinar su posición geográfica precisa. Dada la utilidad militar de esta tecnología (que fue su propósito original), el sistema introduce pequeños errores aleatorios en su uso civil para dificultar su empleo con fines no deseados.
- Las aplicaciones medioambientales son numerosas:
 - Gestión ambiental (cartografía temática, planificación del territorio, ...).
 - Posicionamiento preciso de cualquier punto de interés ambiental (vertidos contaminantes, incendios forestales, plagas, ...).
 - Realización de tareas de seguimiento (animales en riesgo de extinción, estudio de rutas migratorias, icebergs, ...).
- El sistema Galileo es un sistema europeo en desarrollo equivalente al sistema GPS (originado en EEUU) que entrará en funcionamiento en un futuro próximo.

LA TELEDETECCIÓN SE BASA EN LA DETECCIÓN REMOTA A TRAVÉS DE SENSORES

- La teledetección es la técnica que permite la observación a distancia y la obtención de imágenes de la superficie terrestre desde sensores instalados en aviones o en satélites artificiales.
- Existen básicamente dos tipos de sensores: los sensores pasivos, que utilizan un flujo de energía externo a ellos (puede proceder del Sol o de los propios elementos situados en la superficie terrestre), y los activos, que emiten radiaciones y captan el reflejo de la misma por parte de la superficie terrestre..
- El funcionamiento de todos los sistemas de teledetección es esencialmente el siguiente: (fig. 3.5, pág. 65)
 - ① Los objetos de la superficie terrestre emiten radiaciones (ya sean propias o reflejadas) que son capturadas por un sensor situado en un satélite.
 - ② El sensor transforma la radiación recibida en una señal digital que es transmitida a un centro de recepción situado en la Tierra, donde son procesadas.
 - ③ El procesamiento tiene la finalidad de corregir imperfecciones de la información recibida y destacar aquellos aspectos que se consideran más relevantes para facilitar su interpretación posterior.
 - ④ El usuario realiza después un tratamiento específico e interpreta las imágenes obtenidas.

- Los sensores empleados en teledetección sólo utilizan las zonas del espectro electromagnético (fig. 3.7, pág. 67) que no son absorbidas por la atmósfera (ventanas atmosféricas), que se dividen en tres regiones diferentes:
 - Región central o zona visible (V).
 - Infrarrojo (IR), que se divide en tres zonas diferentes:
 - Infrarrojo próximo (IRP), útil para detectar masas vegetales.
 - Infrarrojo medio (IRM), ideal para percibir la humedad de diferentes medios.
 - Infrarrojo lejano o térmico (IRT), utilizado para detectar las variaciones de temperatura de la superficie terrestre y para captar la presencia de seres vivos u otras fuentes de calor, como las procedentes de los incendios.
 - Microondas: son empleadas en los sensores de radar. Permiten obtener imágenes de la superficie terrestre en circunstancias especiales en las que no se pueden emplear otras regiones del espectro (por ejemplo en zonas cubiertas por una densa capa de nubes) o tomar imágenes nocturnas.

- La mayoría de los satélites poseen sensores que operan más de una banda del espectro electromagnético, por lo que se denominan multibanda. La capacidad de registrar más o menos bandas del espectro constituye lo que se conoce como resolución espectral. Como ejemplos de sensores multibanda empleados en teledetección podemos citar los sensores TM (Thematic Mapper) y ETM (Enhancement Thematic Mapper) utilizados por los satélites Landsat 5 y 7 respectivamente. Estos sensores operan en 7 bandas del espectro: la banda 1 corresponde al azul (B) dentro del espectro visible, la 2 al verde (G), la 3 al rojo (R) y las bandas 4 a 7 corresponden a distintas zonas del infrarrojo (IRP, IRM, IRT e IRM respectivamente; las dos bandas IRM corresponden a distintos rangos de longitudes de onda).

- Cada objeto o tipo de cubierta emite o refleja unas determinadas longitudes de onda del espectro electromagnético. Esto es lo que se conoce como firma espectral y es lo que permite su diferenciación en las imágenes de satélite.

- Las imágenes obtenidas por los sensores están en una escala de grises (con más o menos niveles dependiendo de la resolución radiométrica del sensor, es decir, de las variaciones de intensidad de la radiación emitida por los objetos que sea capaz de discriminar). Las diferentes combinaciones de estas bandas en la elaboración de la imagen final permite obtener distintos resultados según los aspectos que se quieran resaltar y estudiar. Entre las combinaciones más empleadas podemos citar (fig. 3.15 y 3.16, pág. 74):
 - Imágenes en color verdadero o color natural RGB = 321 (esto quiere decir que al elaborar la imagen se asigna el color rojo (R) a la banda 3, el verde (G) a la 2 y el azul (B) a la 1, resultando una imagen semejante a la que veríamos a simple vista).
 - Imágenes en falso color RGB = 432, utilizado para resaltar las masas vegetales, que se ven de color rojo, más intenso cuanto más frondosas sean. También permite resaltar los recursos mineros, las zonas ocupadas por agua (negras) y los espacios urbanizados (gris azulado).
 - Falso color RGB = 754, útil para discriminar zonas quemadas.
 - Falso color RGB = 742, con el que se discriminan muy bien las zonas urbanizadas y los cultivos, es decir, las huellas de la actividad humana.
 - Falso color RGB = 743, usado para evaluar la extensión de las zonas encharcadas durante las inundaciones o para detectar cultivos de regadío.

- Entre la multitud de aplicaciones para las que se emplea la teledetección actualmente podemos destacar:
 - Observación del avance y retroceso de los hielos o de los desiertos.
 - Estudio del cambio climático.
 - Variaciones en el agujero en la capa de ozono.
 - Incidencia del fenómeno de "El Niño".
 - Estudio de los usos del suelo.
 - Evaluación el deterioro del suelo.
 - Valoración de los daños en los cultivos debido a plagas o al granizo.
 - Detección de impactos provocados por explotaciones mineras o por la construcción de embalses.
 - Seguimiento de mareas negras.
 - Control de amenazas potenciales como volcanes o zonas de fractura.

LOS PROGRAMAS DE SIMULACIÓN MEDIOAMBIENTAL PERMITEN ESTUDIAR MODELOS DE SISTEMAS COMPLEJOS

- Los modelos son representaciones de sistemas complejos que se realizan con el fin de facilitar su comprensión. Un buen modelo debe permitir hacer predicciones de cuál será el comportamiento del sistema en diferentes situaciones hipotéticas ("escenarios").

- No hay que olvidar que los modelos son aproximaciones a la realidad y no la realidad misma. Además, un modelo mal diseñado, por ejemplo por haber omitido variables que son esenciales en el comportamiento del modelo o por haber establecido mal las relaciones entre las variables, puede llevarnos a conclusiones incorrectas.

- Los programas informáticos de simulación medioambiental aprovechan la potencia de cálculo de los ordenadores para manejar numerosas variables y grandes cantidades de datos en el estudio de los problemas medioambientales. Estos programas permiten simular situaciones que sería imposible reproducir en la realidad (diversos escenarios en relación con el cambio climático, por ejemplo).
- Los modelos globales World-2 y World-3 encargados por el Club de Roma fueron pioneros en la aplicación de los modelos de simulación a los problemas medioambientales. World-2, fue encargado por el Club de Roma a Jay Forrester del MIT para elaborar su primer informe, titulado *Los límites del crecimiento*, publicado en 1972, en el que exponían las conclusiones obtenidas. La actualización World-3 fue desarrollada por Dennis L. Meadows, discípulo de Forrester en el MIT, para el informe *Más allá de los límites del crecimiento*, publicado en 1991.
Estos modelos fueron fuertemente criticados al ser considerados maltusianos y excesivamente simplistas. A pesar de las críticas, nadie duda de la utilidad que tuvieron para hacer “saltar las alarmas” en relación con las posibles consecuencias ambientales del desarrollo incontrolado.

LOS SISTEMAS TELEMÁTICOS PERMITEN LA COOPERACIÓN INTERNACIONAL EN LA INVESTIGACIÓN MEDIOAMBIENTAL

- Los sistemas telemáticos se basan en la interconexión entre múltiples ordenadores mediante una red de comunicaciones para realizar una tarea común.
- Entre los sistemas telemáticos de interés medioambiental podemos destacar los Sistemas de Información Geográfica (SIG; en inglés Geographic Information System, GIS). Los SIG consisten en un conjunto de aplicaciones informáticas que permiten la gestión de datos, organizados en bases de datos, referenciados espacialmente (georreferenciados) y que pueden ser visualizados mediante mapas.
Los datos se representan en capas superponibles sobre una base cartográfica o sobre fotografías aéreas o de satélite. Cada capa contiene datos de diversa índole: climáticos, sobre la vegetación, los usos del suelo, las vías de comunicación, la ganadería, la población, ...
Entre las múltiples aplicaciones de los Sistemas de Información Geográfica se encuentran las medioambientales:
 - Planificación territorial
 - Análisis de usos del suelo
 - Gestión de recursos naturales
 - Impacto ambiental
 - Riesgos ...
- La Agencia Europea del Medio Ambiente dirige el programa CORINE que recopila datos sobre el estado del medio ambiente y los recursos naturales en la Unión Europea. Este programa constituye una de las bases de datos integradas sobre temas medioambientales más importantes del mundo.
- El programa GLOBE (Global Learning and Observations to Benefit the Environment) es un programa educativo de carácter internacional mediante el cual cualquier centro educativo que quiera registrarse puede colaborar en la recogida de datos relativos a un buen número de parámetros ambientales divididos en cuatro apartados: atmósfera, hidrología, suelo y vegetación.
Los datos se recogen en el entorno del centro educativo siguiendo unas normas y protocolos establecidos y el punto exacto de recogida se localiza mediante GPS.