

Y así, a cada paso, recordamos que de ningún modo dominamos la naturaleza como un conquistador domina a un pueblo enemigo, como alguien que se halla fuera de la naturaleza, sino que pertenecemos a la naturaleza en carne, sangre y mente, y nos encontramos en medio de ella y que todo nuestro dominio sobre ella consiste en que tenemos la ventaja respecto a todas las demás criaturas de conocer y poder aplicar correctamente sus leyes.

Friedrich Engels, 1876

I. DEFINICIÓN Y CONCEPTOS

1.1. Definición

La palabra *ecología* fue utilizada por primera vez por Ernest Haeckel en su trabajo *Morfología general de los organismos (Generelle Morphologie der Organismen)* en 1869. Derivada del término griego *oikos*, que significa *hogar*, fue definida como el estudio científico de las interrelaciones entre los organismos y su medio ambiente y el estudio de las características de este último, o el *estudio del hogar*.

Este medio u hogar que influye en el organismo lo componen tanto factores bióticos como abióticos:

- **Factores bióticos:** aquellos en los que actúan otros seres vivos, ya sean animales, plantas o microorganismos. Por ejemplo, las relaciones entre miembros de una misma especie o entre especies distintas. Ejemplos: apareamiento, relación paterno-filial, relaciones sociales, competencia intraespecífica, simbiosis, parasitismo, relación depredador-presa, competencia interespecífica...
- **Factores abióticos:** aquellos en los que influyen aspectos ajenos a los seres vivos, como el clima y la geografía, los fenómenos químicos y físicos o la luz. Ejemplos: luz visible, radiación ultravioleta, radiación térmica, agua, factores químicos de los diferentes medios, fuerza de la gravedad, estructura del suelo, presión del aire y el agua, fuego, radioactividad...

Esto se ve afectado por los equilibrios y desequilibrios existentes. En relación a ellos, hablamos de **homeostasis** y **desequilibrios**.

Los sistemas vivos se caracterizan por la capacidad de mantener estables o constantes sus mecanismos internos, es lo que se denomina *homeostasis*. A ella, contribuyen todos los sistemas orgánicos del ser vivo, también el que garantiza la defensa contra los microorganismos. Es un proceso complicado que implica la regulación de diferentes actividades fisiológicas. Es un equilibrio dinámico que se da gracias a mecanismos de autorregulación.

Aunque este término hace referencia a los seres vivos en su definición, si tratáramos de ver la biosfera como un ser vivo en sí, tal como defiende James Lovelock, utilizando el término *Gaia* para ello, diríamos que Gaia también es capaz de mantener este equilibrio de sus sistemas, esta homeostasis, que regula el clima, las corrientes, la temperatura global, el crecimiento de las poblaciones, etc.

El hombre, con sus actividades contaminantes y destructoras hacia medio ambiente, así como con su potenciación de las desigualdades y la sobreexplotación de los recursos naturales, está provocando desequilibrios en este sistema, rompiendo la homeostasis del planeta, como si de un microorganismo invasivo se tratara.

1.2. Niveles de integración de la materia viva

Se reconocen siete niveles de organización de menor a mayor complejidad:

- **Célula:** unidad funcional y estructural de la vida; en ella, residen los elementos necesarios para constituir la vida y el material hereditario.
- **Organismo:** sistema biológico funcional que, en el caso de los seres más pequeños, puede constar de una sola célula (seres unicelulares) o de varias células (seres pluricelulares). Los organismos pertenecen a una especie, que incluye aquellos organismos potencialmente capaces de reproducirse y tener descendencia fértil.
- **Población:** sistema biológico formado por individuos de la misma especie que viven en un ambiente y espacio concreto al mismo tiempo, o hábitat. Una población es genéticamente distinta a otra de la misma especie, hasta cierto punto.
- **Comunidad:** sistema biológico funcional que agrupa un conjunto de poblaciones, ya sea de flora o de fauna, que viven en un espacio determinado, en condiciones ambientales determinadas y en un momento determinado. El espacio donde

tienen lugar las comunidades se denomina biotopos; este es el medio físico o lugar determinado por la geología, la topografía, la vegetación y el medio, ya sea aire o agua. Cada especie de la comunidad tiene su espacio dentro de este biotopo, un lugar donde se alimenta y vive. Esto es su nicho ecológico.

- **Ecosistema:** unidad ecológica funcional básica donde todos los componentes, tanto bióticos como abióticos, se interrelacionan y tienen influencia unos sobre otros. En este nivel, se producen los principales flujos de energía y de nutrientes.
- **Bioma:** cuando las condiciones ambientales se repiten en diferentes lugares del planeta, manteniendo las comunidades y el tipo de vegetación.
- **Biosfera:** el más alto nivel organizativo; el conjunto de ecosistemas naturales del mar (hidrosfera), de los continentes (geosfera), y del aire (atmósfera) donde es posible la vida.

El funcionamiento de la biosfera actúa como un ciclo en el cual todos los componentes son reciclados, manteniendo en su totalidad un equilibrio ecológico. Al resultado de la transformación de este equilibrio ecológico de la biosfera por la actividad humana (actividades agropecuarias, forestales, de infraestructura, industria, comunicaciones, comercio, etc.), se le conoce como *noosfera* o *tecnosfera*.

1.3. Niveles de estudio de la ecología

Al ser la ecología el estudio del hogar, la amplitud de los aspectos a estudiar hace necesaria la especialización y la estructuración poniendo el foco en diferentes elementos y aspectos para poder entender el conjunto luego. Podemos hacer una clasificación de los diferentes enfoques de la ecología:

- Desde el punto de vista del **organismo**, la ecología se ocupa del estudio de cómo el medio abiótico y biótico afectan a este.
- A un nivel superior, la **ecología** se ocupa **de las poblaciones**, es decir, del estudio de la presencia o ausencia de especies, de cómo es esta presencia o ausencia en términos de abundancia o escasez y de las fluctuaciones u oscilaciones de dicha cantidad de especies.

- En un último nivel se encuentra la **ecología de las comunidades**, que estudia la composición de estas y los ciclos de energía y nutrientes existentes.

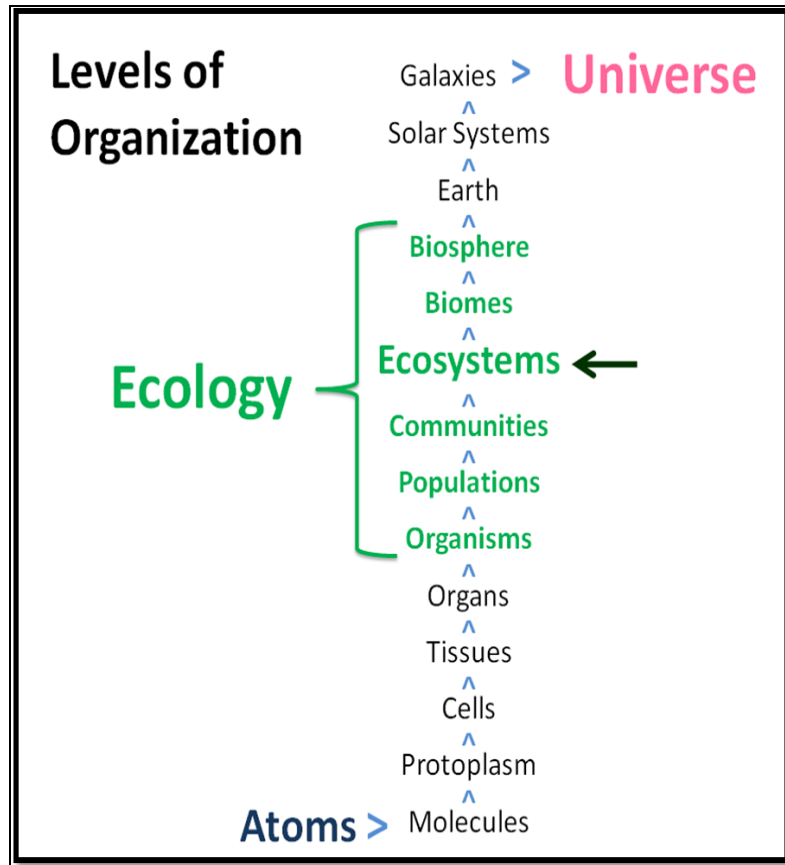


Figura 1. Niveles de organización.
Fuente: Erle Ellis.

1.4. Disciplinas de la ecología

La ecología se nutre de diversidad de disciplinas científicas que ayudan a explicar, describir, comprender y predecir los comportamientos y relaciones de los seres vivos y su medio ambiente. Algunas disciplinas relacionadas, o especialidades, son:

- Ecología de la recreación.
- Biogeografía.
- Ecología matemática.
- Ecología urbana.

- Limnología.
- Ecología evolutiva.
- Ecología del comportamiento.
- Etoecología.
- Ecología humana.
- Ecología reproductiva.
- Ecología social.
- Ecología cultural.
- Ecología microbiana.

1.4.1. Ecología de la recreación

Es el estudio científico de las relaciones ecológicas entre el ser humano y la naturaleza dentro de un contexto recreativo. Impulsada por los impactos detectados en los entornos naturales debidos al uso recreativo que hace el hombre de ellos, se conocen estudios ya desde los años veinte, ampliando los conocimientos y estudios hacia la década de los setenta. Esta disciplina se aplica también en entornos escolares y de enseñanza para acercar el conocimiento del medio y de la naturaleza al público infantil a través de la relación recreativa con el mismo.

Las conclusiones obtenidas de la aplicación de la ecología recreativa en los espacios naturales visitados por el ser humano proporcionan información valiosa acerca de los impactos producidos en estos espacios, que serán de aplicación a la hora de establecer políticas de protección ambiental.

Fruto de esta preocupación por el potencial impacto que se genera cuando se disfruta o hace uso de un espacio natural, surgen iniciativas a nivel internacional, como el Programa No Deje Rastro (NDR) –LNT (Leave No Trace), que trata de promover una forma de actuar en el entorno natural vinculado a su uso recreativo responsable a través de la educación, la investigación y la colaboración entre instituciones relacionadas con actividades al aire libre.

Los principios por los que se guía este programa son:

- Principio 1: planifique y prepare su viaje con anticipación.
- Principio 2: viaje y acampe en superficies resistentes.

- Principio 3: disponga de desperdicios de la manera más apropiada.
- Principio 4: respete la fauna silvestre.
- Principio 5: minimice el impacto de fogatas.
- Principio 6: considere a otros visitantes.
- Principio 7: deje lo que encuentre.

1.4.2. Biogeografía

Relacionada con la ecología, realiza el estudio de la biodiversidad y la distribución en el tiempo y el espacio de los seres vivos. Existen dos ramas dentro de la biogeografía, la biogeografía **histórica** y la biogeografía **ecológica**.

1.4.3. Ecología matemática

Aplica los teoremas y métodos matemáticos a la relación entre los seres vivos y su medio; por tanto, es una rama de la biología. Esta disciplina provee de la base formal para la enunciación de gran parte de la ecología teórica.

El mayor desarrollo de esta rama de la ecología se ha producido en relación a la ecología de poblaciones. Los modelos clásicos en ecología son depredador-presa, competencia interespecífica (Lotka-Volterra) y el crecimiento logístico de las poblaciones de seres vivos en un medio con recursos limitados (Verhulst). El modelo exponencial de la curva logística, usado en demografía, es muy popular. Estos modelos corresponden a las llamadas dinámicas poblacionales.

1.4.4. Ecología urbana

Estudia las interrelaciones entre los habitantes de una aglomeración urbana con el ambiente en el que vive y le rodea.

1.4.5. Limnología

Rama de la ecología que estudia los sistemas acuáticos continentales: ríos, lagos, lagunas, etc.

1.4.6. Ecología evolutiva

La ecología evolutiva estudia la evolución en poblaciones de organismos actuales.

1.4.7. Etoecología

Ciencia del comportamiento de los seres vivos en el ambiente donde se desarrollan.

1.5. Biosfera y energía

La biosfera la componen los ecosistemas presentes en la hidrosfera, en la geosfera, en los sedimentos de los fondos marinos y en la atmósfera.

Los fenómenos que suceden en la biosfera son procesos en sistemas alejados del equilibrio termodinámico. Este se da cuando un sistema no es capaz de experimentar espontáneamente algún cambio de estado o proceso termodinámico al estar sometido a unas determinadas condiciones de su entorno. Para ello, ha de encontrarse simultáneamente en equilibrio térmico, equilibrio mecánico y equilibrio químico.

Según la termodinámica clásica, la aparición de vida en la Tierra no responde a un sistema en equilibrio de este tipo. En los sistemas alejados del equilibrio, la variable relevante es el ritmo de creación de entropía. La **entropía** se produce durante las transformaciones de energía. La energía que mueve la maquinaria de la biosfera es la **energía solar** que, al llegar a la Tierra, es muy ordenada y sufre una serie de transformaciones consecutivas por las que se va degradando. En este proceso de degradación de la energía, característico de los sistemas abiertos, se basa la **capacidad de vivir**¹, según apuntó Schrödinger.

La energía solar es, por tanto, la fuente de energía fundamental de la que dependen todos los seres vivos, directa o indirectamente. Es una energía en la que el ser humano no interviene en su generación y que sí aprovecha, y sin la que no podría sobrevivir.

¹ HERNANDO GRANDE, A. (Doctor en Ciencias por la Universidad Complutense). *La energía en la biosfera: la física que gobierna la vida y el medio ambiente.*

1.5.1. La energía solar es fuente de luz y calor

Como fuente de luz, la radiación solar es aprovechada por las plantas verdes a través de la fotosíntesis, convirtiendo la energía en materia orgánica o biomasa. De esta forma, la energía solar entra en un ciclo abierto, donde se va transformando y es aprovechada por el resto de organismos de la cadena trófica.

Como fuente de calor, la radiación solar influye directamente creando las condiciones climatológicas del planeta. De la interacción o combinación de este fenómeno con los movimientos de rotación y traslación de la Tierra, se originan las condiciones climáticas globales que determinan la existencia de vida en el planeta.

Los seres vivos que conformamos la biosfera estamos adaptados evolutivamente a las condiciones determinadas por la luz solar, a su aprovechamiento y optimización para nuestra propia subsistencia. Desde los ciclos circadianos hasta nuestras capacidades físicas, la adaptación de nuestros metabolismos y fisiologías a la temperatura está en sintonía y condicionado por la energía que nos llega del sol.

II. ECOLOGÍA TRÓFICA Y CICLOS BIOGEOQUÍMICOS

La **ecología trófica** se ocupa de los flujos existentes de energía y materia. Ambos flujos son necesarios para la vida.

El flujo de la materia es el proceso cíclico a través del cual los materiales que forman los seres vivos van pasando de un nivel trófico a otro. Los vegetales recogen elementos químicos inorgánicos del suelo y los transforman en materia orgánica (hidratos de carbono). Luego, estas sustancias orgánicas son asimiladas por otros animales a través de la alimentación. Finalmente, vuelven a la Tierra, a la atmósfera o al agua a través de las heces o de la descomposición de sus restos al morir.

El flujo de energía es unidireccional. Entra en el ecosistema en forma de energía luminosa, la luz del sol captada por los productores, y llega a los descomponedores. Parte de la energía se capta en cada nivel trófico, se utiliza para diversos procesos vitales y se desprende en forma de calor, de manera que no puede ser reutilizada en el ecosistema.

La base de la alimentación de los seres vivos la constituyen las plantas con actividad fotosintética. Crean su propio alimento gracias a

una serie de reacciones químicas impulsadas por la radiación solar, utilizando la clorofila como pigmento indispensable en la fotosíntesis. Son organismos **autótrofos** porque pueden autoabastecerse gracias a la energía que reciben del sol, procesándola y la transformándola en materia orgánica o biomasa. También se les denomina **productores** dentro de la cadena trófica o alimentaria.

Los seres vivos que no pueden fabricar su propio alimento se llaman **heterótrofos** (animales) y **saprófitas** (bacterias, levaduras y hongos).

Los seres vivos **herbívoros** se alimentan exclusivamente de los productores, de plantas autótrofas; por eso, se les denomina **consumidores de primer orden** en la cadena.

Finalmente, los organismos heterótrofos que se alimentan de productores y de consumidores de primer orden son los organismos **consumidores de segundo orden**.

La materia orgánica residual o muerta de esta cadena, tanto de origen vegetal como animal, se denomina **detritus**. Este detritus es alimento, a su vez, de los **detritívoros** y los **reductores**.

Los elementos que conforman la materia viva están presentes en la hidrosfera, geosfera y atmósfera, de modo que entran a formar parte de un flujo de materia a través de la cadena alimenticia o trófica pero también a través de los componentes abióticos que conforman, junto con los bióticos, el ciclo en su conjunto. El proceso de producción y descomposición de manera continuada es la base de este ciclo de reciclaje de la materia.

Dicho de otra forma, en un lugar o espacio natural, propicio para la vida (biotopo), existen elementos en forma de nutrientes asimilables por los seres vivos que lo habitan, sean bacterias, plantas o animales (biota), que liberan de nuevo los elementos esenciales al biotopo al morir, conformando los ciclos biogeoquímicos.

Todos los ecosistemas están conectados o relacionados en última instancia por estos ciclos biogeoquímicos. Esta conexión se refleja en el siguiente ejemplo:

Durante el accidente nuclear de Chernobyl, en 1986, el 1% de los iones radiactivos del núcleo del reactor se elevó por encima del lugar del reactor antes de dispersarse a sotavento, igual que el humo al salir de una chimenea. La mayoría de material cayó como lluvia a la Tierra en la vecindad de la planta nuclear, devastando una superficie que cruzaba 100 km. Sin embargo, después de la nube radiactiva, se movió por el globo en la atmósfera durante los días siguientes, alcanzando las Islas Británicas por el oeste, Escandinavia por el norte, el Mediterráneo por el sur y Japón por el este. Con la lluvia, vino la deposición de material radiactivo a la Tierra.

KIELY, G. (1999). *Ingeniería ambiental*

A través de este ejemplo, podemos reconocer el origen y el movimiento del material radiactivo.

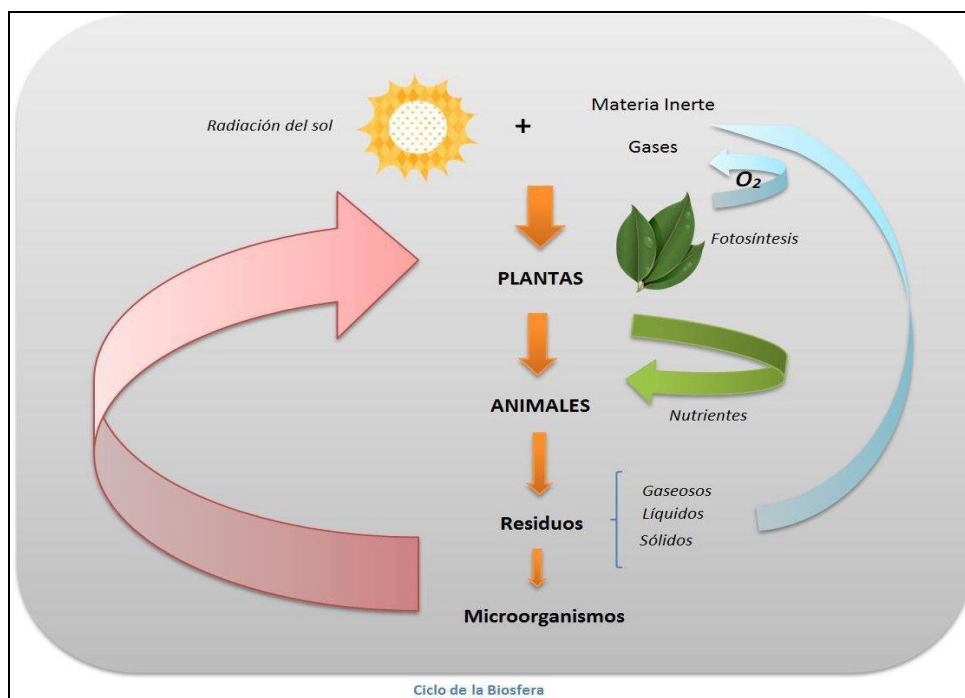


Figura 2. Ciclo de la biosfera.
Fuente: elaboración propia.

Los elementos de los ciclos biogeoquímicos pueden viajar por toda la biosfera.

Las fases y reservas de los ciclos biogeoquímicos son:

- Fase orgánica: las cadenas tróficas integran los nutrientes que pasan rápidamente de un nivel al siguiente.
- Fases inorgánicas: las reservas de nutrientes están fuera de las cadenas tróficas y el flujo es mucho más lento.
- Fase sedimentaria: proceso lento donde los nutrientes se encuentran integrados en la tierra sólida, rocas y piedras.
- Fase atmosférica: algunos elementos pasan por esta fase (N, C) y otros, en cambio, no (F).
- Fase acuática: se encuentran algunos elementos entre los que se incluyen los nutrientes de las plantas.

Entre los ciclos biogeoquímicos, cabe destacar: ciclo del agua, ciclo del carbono, ciclo del nitrógeno, ciclo del azufre, ciclo del fósforo, ciclo del oxígeno y ciclo del calcio

El **ciclo del agua, o hidrológico**, es fundamental ya que, de su funcionamiento, depende directamente la vida. El agua que bebemos y que llega a los manantiales y ríos en condiciones de ser asimilada por los seres vivos forma parte de este ciclo continuo, sin principio ni fin.

El agua se evapora desde los océanos, ríos, lagos, etc. Este vapor de agua, principalmente proveniente del mar, aporta la mayor parte de la humedad de la atmósfera. El agua en forma de vapor, ya en las nubes, es arrastrada por los vientos, se condensa en las alturas debido al descenso de temperatura, y se precipita de nuevo sobre la tierra en forma de lluvia, nieve o granizo posteriormente. El agua precipitada sobre la tierra se infiltra en el suelo y se convierte en agua subterránea, que recorre los acuíferos hasta resurgir en las masas de agua superficiales nuevamente, para continuar el ciclo.

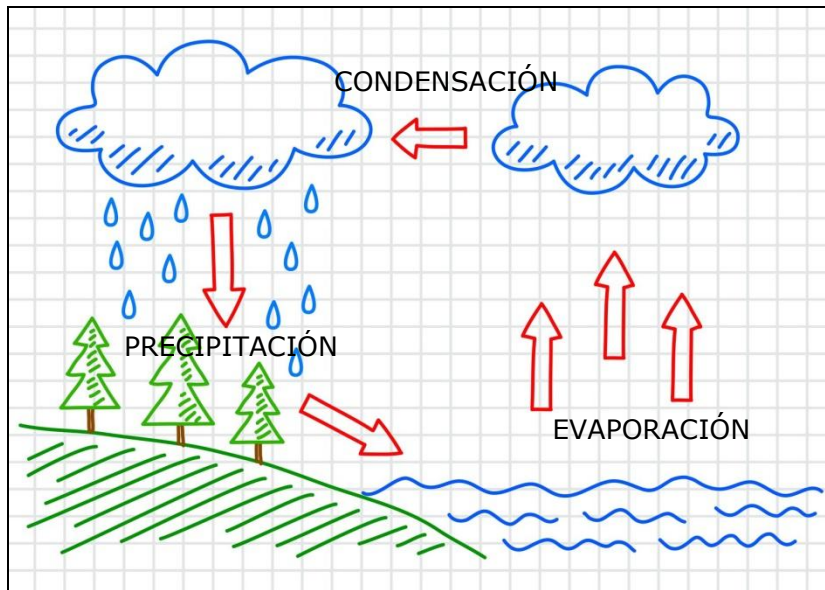


Figura 3. Ciclo del agua.
Fuente: http://es.123rf.com/photo_18335495_water-cycle.html>anthonyycz / 123RF Foto de archivo

El **ciclo del carbono** es uno de los más representativos.

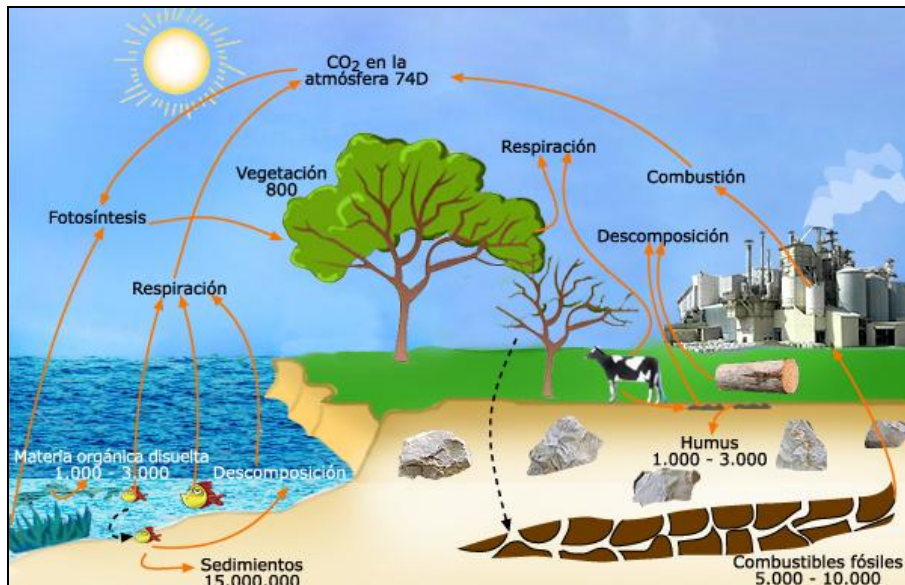


Figura 4. Ciclo del carbono.
Fuente: <http://campus.almagro.ort.edu.ar>

El carbono atmosférico es absorbido por las plantas en el proceso de fotosíntesis. Este vuelve a la atmósfera a través de la cadena trófica, que lo libera de nuevo través de la respiración, a través de la descomposición de materia orgánica muerta, o a través de la combustión.

Este equilibrio o ciclo equilibrado ha sido desestructurado al incrementar, de forma artificial, la cantidad de carbono atmosférico a partir de la combustión de recursos fósiles.

Este ciclo está muy unido al del **oxígeno**, ya que este se consume en la respiración, en la degradación de la materia orgánica por las bacterias y hongos y también en la combustión de combustibles fósiles, de modo que entra oxígeno en estos procesos y sale CO_2 .

Otro ciclo biogeoquímico importante es el del **nitrógeno**. Las plantas no pueden captar el nitrógeno directamente de la atmósfera, a pesar de estar presente en un 78%. El nitrógeno es fijado por las bacterias nitrificantes adheridas a las raíces de las plantas. Este nitrógeno pasa a la cadena trófica a través de los alimentos. Los animales desechan el nitrógeno a través de la urea y el ácido úrico, y este es aprovechado nuevamente por las plantas.

El nitrógeno es la base química para poder sintetizar proteínas a nivel animal a través de los aminoácidos.

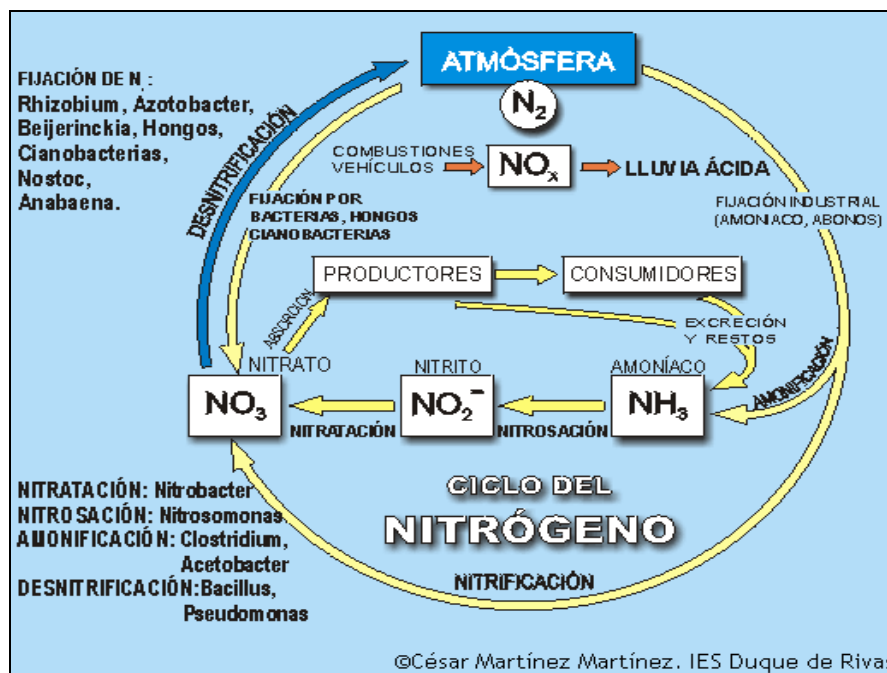


Figura 5. Ciclo del nitrógeno.
 Fuente: César Martínez Martínez.

El **ciclo del azufre** es importante ya que este elemento forma parte, entre otros procesos, de la composición de las proteínas, esenciales para los seres vivos. El azufre es asimilado por las plantas, estas son ingeridas por los seres vivos de un nivel trófico superior, que asimilan el azufre y lo utilizan para sintetizar las proteínas y enzimas. Cuando un organismo vivo muere, el azufre continúa su ciclo, siendo oxidado y degradado por las bacterias; en este estado, es asimilado por las plantas de nuevo.

La actividad industrial del hombre está generando un exceso de emisiones de gases sulfurosos a la atmósfera y ocasionando de este modo problemas ambientales como la lluvia ácida.

El **fosfato** es un elemento fundamental ya que forma parte de la molécula energética ATP y de los ácidos nucleicos, esenciales para los seres vivos. El fosfato es asimilado por las plantas en su forma soluble, se incorpora así a la cadena trófica. Cuando la materia orgánica muerta se descompone, se libera de nuevo el fosfato al medio, que sigue su ciclo continuo.

El **ciclo del calcio** es un ciclo sedimentario, no tiene fase gaseosa. El calcio es un elemento que se encuentra en la litosfera formando parte de las rocas. El viento y la erosión desprenden el calcio que es asimilado por las plantas y seres vivos. Es un elemento esencial que forma parte de los caparazones y las conchas de animales marinos, de los huesos y dientes, y reduce la acidez de los suelos, entre otras propiedades.

III. POBLACIÓN, COMUNIDAD Y ECOSISTEMA: FACTORES AMBIENTALES

3.1. Dinámica de poblaciones e interacción entre especies

3.1.1. Relaciones intraespecíficas

La dinámica de poblaciones dentro del campo de la ecología se ocupa de los cambios demográficos de las poblaciones, estructura de las mismas, factores causantes de los cambios y mecanismos que las rigen.

Trata de las relaciones y competencias intraespecíficas dentro de la misma población y de cómo afecta la competencia interespecífica dentro de esta.

Los organismos de una misma especie necesitan los mismos recursos para la subsistencia, para crecer y reproducirse. Ante un recurso limitado, estos individuos deberán competir entre sí. De acuerdo a Begon, Harper y Townsend, la competencia se define como:

La interacción entre individuos, provocada por una necesidad común de un recurso limitado, y conducente a la reducción de la supervivencia, el crecimiento y/o la reproducción de los individuos competidores.

BEGON; HARPER; TOWNSEND (1988)
Ecología. Individuos, poblaciones y comunidades

El aumento de la densidad de una población provoca una competencia mayor por un mismo recurso, por lo que, finalmente, la contribución que cada individuo puede hacer trasvasando sus genes a la generación siguiente es más limitada o menor, es decir, que se reduce su capacidad reproductiva. A este fenómeno se le denomina factor de aglomeración.

Esta competencia solo ocurre cuando el recurso a utilizar es limitado. No necesariamente se debe dar una competencia en la que interactúen dos individuos. Simplemente, los individuos dejan de encontrar disponible un recurso que está siendo explotado por otro. A esta interacción se le denomina interferencia, y se produce, normalmente, entre individuos con movilidad que defienden un territorio o que, siendo sésiles (inmóviles), su presencia en el lugar hace que no sea posible la presencia de otro individuo.

Por lo tanto, podemos concluir que la competencia entre individuos de la misma especie está directamente relacionada con la densidad de su población y con la limitación, o no, del recurso por el que compiten.

Existen mecanismos más allá de la competencia que sirven para controlar el crecimiento ilimitado de las poblaciones; entre ellos, el canibalismo. Muchos animales emplean el canibalismo como mecanismo de regulación de su población para evitar la escasez de recursos.

Otro mecanismo en este sentido es la dispersión en el espacio de los descendientes, permitiendo que todos los individuos encuentren recursos suficientes. Tenemos infinidad de ejemplos, huevos arrastrados por corrientes de agua, semillas que vuelan gracias al viento, frutos que sirven de alimento a aves o animales que dispersan

las semillas una vez se deshacen de sus residuos, etc., pero incluso esta forma de dispersión presenta patrones definidos.

La demografía en el caso del ser humano está suponiendo un problema de sostenibilidad como especie y también al planeta por la búsqueda y uso de recursos finitos. La población mundial ha pasado de los casi 1.000 millones en el año 1800 a más de 6.000 millones en el año 2000, alcanzándose los 7.000 millones actualmente.

3.1.2. Relaciones interespecíficas

Las relaciones entre especies componen un amplio espectro; dentro de este, coexisten la cooperación, el beneficio común, la competencia, el parasitismo, relaciones tróficas, coexistencia, comensalismo...

Se considera **simbiosis** a la asociación íntima y a largo plazo entre organismos de especies diferentes. Esta relación puede ser de tres tipos: mutualismo, parasitismo y comensalismo.

3.1.2.1. Mutualismo

Se trata de coexistencia de dos organismos, físicamente unidos, de la cual ambos se benefician. Un ejemplo muy cercano es nuestro propio cuerpo. Las bacterias que viven en nuestro aparato digestivo nos proporcionan vitamina K; nuestro cuerpo proporciona alimento y protección. Otro ejemplo característico lo constituyen las micorrizas. Así se llama a la simbiosis de los hongos que viven en las raíces de ciertas plantas. Los hongos proveen a las plantas (coníferas, ericáceas y orquídeas) de nutrientes y agua. El hongo se provee gracias a la planta de hidratos de carbono y vitaminas que por sí solo no puede sintetizar.

Lynn Margulis, en 1971, utilizó este concepto de simbiosis para plantear la teoría del origen de la célula eucariota, y utilizó el término *endosimbiosis* para referirse a él. Según esta teoría, hace 2.500 millones de años, cuando ya la atmósfera era rica en oxígeno, existían ya procariontes aeróbicos –que utilizaban el oxígeno para obtener energía–. Estos organismos fueron fagocitados por una célula procariota aun mayor sin que existiera digestión en el proceso, sino que los organismos fagocitados permanecieron en su interior ya que obtenían beneficios, como alimento y protección. A su vez, los fagocitadores se beneficiaron de las propiedades de los procariontes aeróbicos. Así, estos procariontes se transformarían en lo que hoy conocemos como mitocondrias.

3.1.2.2. Comensalismo

Es la coexistencia de dos organismos en la que solo uno obtiene un claro beneficio mientras que el segundo no obtiene ventajas ni inconvenientes. Ejemplo: las plantas herbáceas forestales aprovechan la sombra de los grandes árboles ya que se han adaptado a un bajo consumo de luz.

3.1.2.3. Parasitismo

Es cuando un individuo vive a expensas de otro aprovechando sus nutrientes. Por ejemplo, los virus son parásitos obligados, viven, crecen y se reproducen en las células de otro organismo. Otro parásito que conocemos bien es la Tenia o Solitaria, que viven en el intestino del ser humano, transmitido por la carne de cerdo. Otras relaciones son las **relaciones tróficas**, que son las relaciones que se dan a lo largo de la cadena trófica o alimenticia. Es la relación depredador-presa entre dos especies.

3.1.3. Nicho ecológico

3.1.3.1. El concepto de nicho multidimensional

Hutchinson acuñó, en 1957, una definición aceptada de forma general por la comunidad científica:

El nicho ecológico es un gran volumen multidimensional donde cada dimensión corresponde a las condiciones ambientales distintas que definen los límites donde la especie persiste.

HUTCHINSON (1957). *Concluding remarks*
Cold Spring Harbor Symp.

Se trata del conjunto de condiciones donde una especie o población vive y se reproduce. Sin embargo, la especie contribuye a la creación del nicho, es decir, que no preexiste el nicho a la especie.

Dicho de otra forma, se trata de la suma del conjunto de pequeñas peculiaridades de una especie o lugares de incubación y vivienda preferidos, preferencias alimenticias y método seguido para conseguir alimentos; en definitiva, todo aquello que diferencia a una especie de las especies emparentadas recibe la denominación de campo de acción o nicho ecológico.

WAGNER, C. (1993). *Entender la ecología*

Para comprender un poco mejor es término, abstracto y confuso en parte, podemos atender a la siguiente analogía: el **nicho ecológico** es la profesión de un organismo y su domicilio es su **hábitat**.

Un nicho ofrece muchas posibilidades de vida debido a la gran variedad de factores abióticos y bióticos que confluyen en él y que, a menudo, se encuentran ocupados por especies diferentes pero parecidas externamente. Es el caso de los seres vivos que viven debajo de la tierra, todos presentan adaptaciones a esta forma de vida, como ojos reducidos, palas excavadoras y un pelaje denso y de un único tono. Siguiendo con la anterior analogía, podríamos decir que este tipo de mamíferos comparten el mismo oficio o profesión, que es la de ser organismos excavadores que buscan alimento bajo tierra.

Cuando especies diferentes que comparten un mismo biotopo se han adaptado evolutivamente a un nicho ecológico similar, se produce un fenómeno denominado **convergencia**. Son especies diferentes con adaptaciones similares al medio donde se desarrollan y al modo en que se alimentan o buscan alimento.

Se puede pensar que estas especies competirían por los mismos recursos si coexisten en el mismo biotopo, sin embargo, se ha demostrado que cada una de ellas se especializa en un determinado rango o tipo de recurso dentro de este hábitat, de forma que no existe esa competencia por los alimentos. Es el caso de cinco especies de ave de gorgojeador norteamericano, cuyo nicho ecológico de alimentación es el abeto. Cada una de estas cinco especies se ha especializado en una zona del abeto en la que pasan, al menos, la mitad de su tiempo de alimentación. Se alimentan en los mismos árboles pero no compiten por el alimento.

3.2. Organización de comunidades

Las comunidades constituyen un nivel organizativo superior al de las poblaciones, es decir, una comunidad está constituida por varias poblaciones. Una comunidad se compone de las poblaciones de organismos que habitan en un ambiente común y que interactúan entre sí. Estas interacciones se rigen por la selección natural y, a pesar de ser complejas y variadas, se pueden resumir en tres tipos: la competencia, la predación y la simbiosis.

Se entiende que un ecosistema comprende la comunidad biológica junto con el medio ambiente físico. Sin embargo, se hace difícil estudiar de forma separada una y otra cosa, ya que todo está relacionado entre sí.

3.2.1. Competencia

Es la relación existente entre individuos de la misma especie o entre especies diferentes cuando utilizan un mismo recurso. La competencia puede ser intraespecífica o interespecífica. Ya hemos comentado en qué consiste la competencia interespecífica y las diversas relaciones que se pueden dar entre especies diferentes.

Darwin defendía la teoría, comúnmente aceptada hasta nuestros días, de que las especies debían evolucionar de forma diferente dentro de una misma comunidad para evitar la competencia y poder compartir el mismo hábitat o ecosistema.

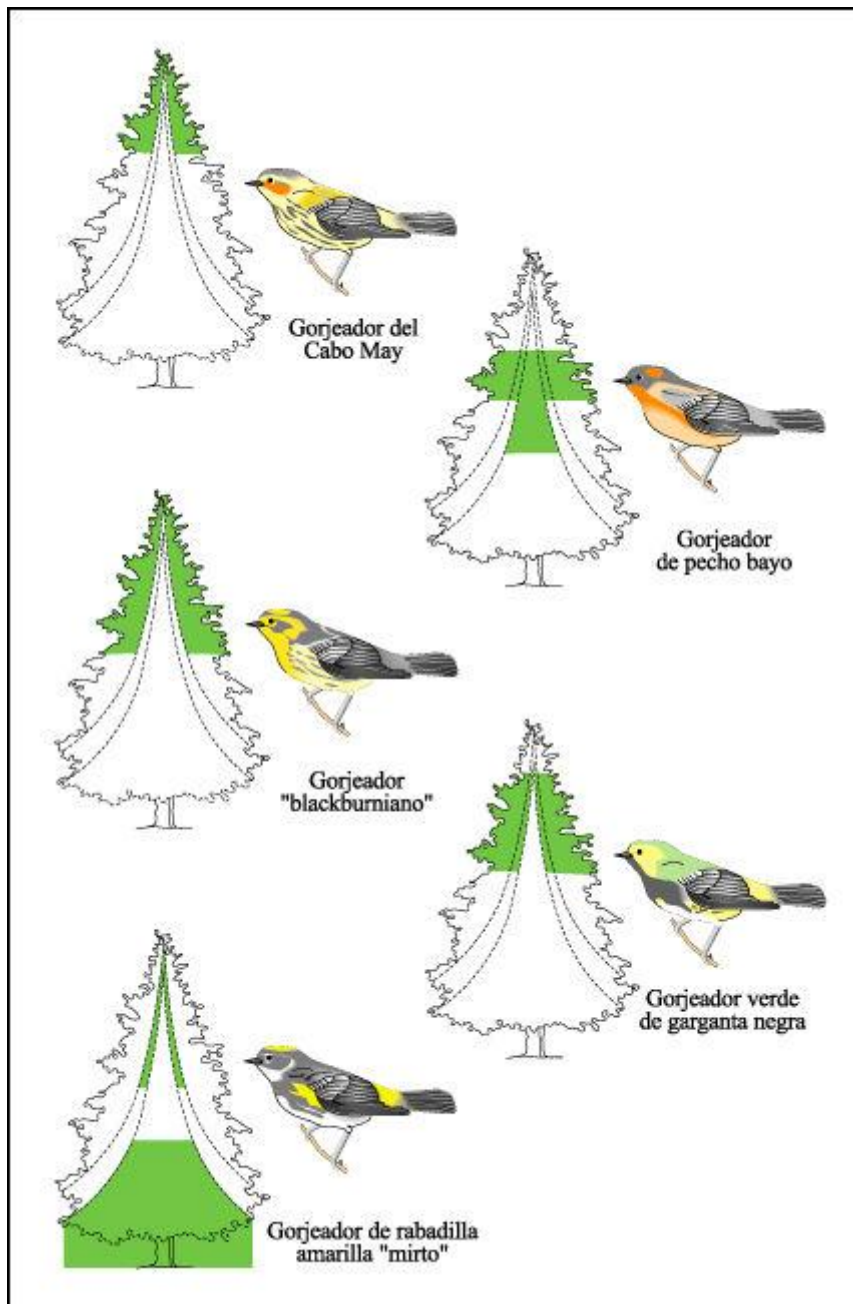


Figura 6. Zonas en el mismo árbol para la alimentación para el gorgojeador norteamericano.
Fuente: Editorial Médica Panamericana.

“La supervivencia del más apto”, teoría defendida por Darwin, establece que solo los individuos más adaptados al medio donde se desarrollan son los que sobreviven, y el resto desaparecen; es decir, que salían exitosos en la competencia por un recurso. Esta adaptación se produce por las mutaciones genéticas a lo largo de la

historia de la evolución, de modo que aquellas mutaciones exitosas permanecían en el tiempo y se heredaban genéticamente, mejorando la adaptación de una especie a su medio.

Sin embargo, las teorías evolutivas de Darwin, aunque generalmente aceptadas por la comunidad científica, desde el principio tuvieron sus defensores y sus detractores.

Recientemente, en diciembre de 2013, se publicaba un estudio realizado por investigadores de la Universidad de Oxford, en el que se rebate la teoría de Darwin sobre la necesidad de las especies de evolucionar de manera diferente para evitar la competencia².

3.2.2. Predación

La predación es la ingestión de organismos vivos, ya sea animales que comen plantas o animales que comen animales (también plantas carnívoras que ingieren pequeños animales). Según la RAE, un predador es un animal que mata a otros de distinta especie para comérselos.

Los seres vivos que empleen las mejores tácticas predatorias serán los que puedan sobrevivir mejor y dejar descendencia, por lo tanto, los que permanezcan en el tiempo. Desde el punto de vista de la presa, la que tenga mejores defensas frente a la depredación será la que sea capaz de dejar más descendencia. El número de organismos en una población o la diversidad de especies en una comunidad también determinarán, en cierto modo, las posibilidades de dejar descendencia.

3.2.3. Simbiosis

Se trata de la asociación íntima entre dos organismos de dos especies diferentes que pueden llegar a dar cambios evolutivos en dichas especies. Esta relación simbiótica se puede dar de tres formas:

- Parasitismo.
- Mutualismo.
- Comensalismo.

² <http://www.lavanguardia.com/ciencia/20131224/54398544140/estudio-teoria-darwin-competencia-especies.html>

3.3. Comparación entre ecosistemas: ecosistemas terrestres, oceánicos y epicontinentales

Se trata de una combinación de componentes bióticos y abióticos a través de los que fluye la energía y circula la materia. Es un segmento de la superficie terrestre donde las características bióticas y abióticas lo diferencian de la superficie contigua.

Bajo el primer punto de vista, se puede considerar a la Tierra como un ecosistema global si tenemos en cuenta todos los flujos de energía y materia existente en él. Pero también son ecosistemas, un lago, un bosque, un acuario...

Dos conceptos usuales que definen los componentes de un ecosistema son:

- **Biotopo:** los factores espaciales abióticos, es decir, las condiciones ambientales o el espacio físico, natural y limitado donde vive una biocenosis.
- **Biocenosis:** los seres vivos que viven en un biotopo.

3.3.1. Ecosistemas terrestres

Los ecosistemas terrestres dependen ampliamente de la temperatura y de las precipitaciones existentes. Estas condiciones climáticas, a su vez, vienen determinadas por los fenómenos de traslación y rotación de nuestro planeta y por el ángulo de inclinación del eje terrestre con respecto al sol y la cercanía de unas u otras partes de la Tierra dependiendo de la estación del año.

Los aspectos geográficos y geológicos de los lugares determinan también las características de los ecosistemas terrestres, ya que dependen de ellos las precipitaciones (por ejemplo, en las cadenas montañosas...) o la temperatura característica de la zona (por ejemplo, en función de la altitud).

Los principales ecosistemas o biomas terrestres son:

- Bosques templados (caducifolios y mixtos).
- Bosques de coníferas (taiga).
- Tundra (ártica y alpina).
- Praderas y estepas templadas.
- Praderas tropicales (sabana).

- Matorral.
- Desiertos.
- Selvas tropicales.

Entre estos, las selvas tropicales son los que mayor biodiversidad albergan en el planeta.

Nunca me di cuenta de lo sedantes que son los árboles: muchos árboles y claros por donde penetra la luz del sol, y la serenidad de los árboles. Es casi como estar en otro mundo.

LAWRENCE, D.H. *Selected letters*

3.3.1.1. Bosque templado

Solo durante las grandes glaciaciones, los territorios estuvieron desprovistos de bosques. Con esta excepción, los bosques siempre han estado presentes en el planeta. La temperatura y la luz son factores determinantes en estos ecosistemas.

Los bosques templados ocupan áreas con estación cálida y precipitaciones moderadas, seguida de un periodo más frío.

En los bosques caducifolios, se pueden distinguir cinco estratos:

- El **estrato arbóreo superior**: lo forman las copas de los árboles más altos (25-40 metros), que son los exitosos en la competencia por la luz, donde llega a las hojas sin mayores limitaciones. A esta zona también llegan sin problemas el viento y la lluvia. Muchas plantas aprovechan este viento para su polinización.
- El **estrato arbóreo inferior**: la polinización la realizan los insectos, y los frutos y semillas son propagados por los animales.
- El **estrato arbustivo**: llega aproximadamente hasta los 5 metros. Lo componen arbustos y matorrales que ramifican desde el suelo o cerca de él. Algunas plantas en determinados bosque no crecen directamente debajo de los árboles por falta de luz y lo hacen en los claros o lindes del bosque. Otras plantas de este estrato utilizan la estrategia trepadora para buscar la luz.

- El **estrato herbáceo**: recibe muy poca luz. Lo forman las gramíneas y plantas herbáceas. Muchas plantas herbáceas aprovechan la época en la que penetra mayor cantidad de luz para florecer.
- La capa inferior es la **basal**, compuesta por musgo y hepáticas. En este suelo, aparece un mantillo de hojarasca normalmente.
- El suelo **forestal** está compuesto de hongos y bacterias, así como de seres vivos que descomponen la hojarasca y la transforman en **humus**.

3.3.1.2. Bosques de coníferas

Son, en su mayoría, plantas perennes de hojas pequeñas y gruesas.

Los bosques ofrecen importantes **beneficios** al ser humano, como la protección frente al viento para la agricultura o la retención del agua de lluvia frente a crecidas e inundaciones, además del filtrado y la limpieza del agua que en ellos cae y que se filtra a los canales subterráneos o acuíferos después.

Los bosques son vitales para los seres vivos por su capacidad de absorción del CO₂ atmosférico; por tanto, de depurar el aire y de producir y liberar el oxígeno vital para los seres vivos. De ahí que sean conocidos como “los pulmones del planeta”.

3.3.1.3. La tundra

La tundra está presente donde el clima es demasiado frío y los inviernos son demasiado largos. Es una estepa gramínea, caracterizada por la capa de suelo permanentemente helada o permafrost. En el permafrost, se pueden distinguir dos capas, el pergelisol, que es la capa helada más profunda, y el mollisol, que es la capa más superficial, que suele descongelarse durante el verano.

En este suelo helado, la materia orgánica queda retenida, de modo que es un gran almacén de carbono y metano, provenientes de la descomposición de la materia.

Los investigadores creen que existe la posibilidad de descongelación del permafrost debido al aumento de la temperatura global del planeta. Esto supondría la liberación de inmensas y preocupantes cantidades de estos dos gases, que son GEIs –que

contribuyen, a su vez, a retener la radiación solar y, por tanto, al calentamiento global–.

3.3.1.4. Praderas y estepas templadas

Representan la transición entre los bosques templados y los desiertos. Normalmente, se encuentran en áreas interiores de los continentes. De relieve ondulado o llano, albergan pequeños roedores y grandes herbívoros. Estas zonas, por sus características en cuanto a calidad del suelo y condiciones climáticas, son ideales para los cultivos de cereales y oleaginosas, tan importantes para la alimentación del ser humano.

3.3.1.5. El matorral mediterráneo

Denominado *chaparral* en Estados Unidos, maquis o garriga en el mediterráneo o matorral en Chile, el ecosistema formado por arbolitos y arbustos espinosos de hoja ancha, se presenta en zonas de inviernos suaves y prolongados y veranos largos y secos. Animales pequeños de colores poco llamativos son los característicos de estos ecosistemas.

3.3.1.6. Desierto

La zona de los desiertos se encuentra a latitudes de 30° al norte y sur, extendiéndose hacia los polos. Son zonas que reciben pocas lluvias ya que se encuentran en zonas cálidas, menos de 25 cm anuales. La temperatura nocturna puede descender hasta 30° con respecto a la diurna.

Muchas de las plantas que pueblan los desiertos son suculentas, están adaptadas para el almacenamiento del agua en su interior. Los animales son pequeños y nocturnos, los mamíferos obtienen el agua de las plantas, los reptiles e insectos tienen cubiertas externas impermeables.

Los efectos humanos en estos ecosistemas son notables, favoreciendo la desertificación. Los usos del suelo, la agricultura y ganadería existente en los límites habitables de los desiertos provocan el aumento de la erosión producido por el viento; por lo tanto, la expansión del desierto de forma notable.

Según datos de IPADE, convenio de promoción y sensibilización sobre las tres grandes cumbres de Naciones Unidas sobre sostenibilidad ambiental:

La desertificación está aumentando la condición de pobreza de muchos de los habitantes de las tierras secas y está provocando su migración hacia regiones más prósperas. La desertificación empobrece a más de 2 mil millones de personas. La erosión del suelo incrementa la pobreza en el mundo y provoca pérdidas de más de 30.000 millones de euros anuales, aunque bastaría con una tercera parte de este dinero para luchar contra sus efectos. La desertificación forzaría a 135 millones de personas -la población combinada de Francia y Alemania- a abandonar sus hogares para buscar una vida mejor. Las regiones más vulnerables ante este fenómeno medioambiental son el África subsahariana y el Asia central, donde ya se viven situaciones de grave crisis en Sahel y en el Cuerno de África.

3.3.1.7. Selvas tropicales

En la zona ecuatorial, la temperatura media diurna permanece constante durante todo el año. No existen épocas de sequía pronunciada y se dan dos picos máximos de lluvia. Sin embargo, las precipitaciones estacionales condicionadas por la orografía, así como la influencia de los vientos alisios y monzónicos, hacen que se distribuyan de desigual manera en unas y otras zonas del Ecuador.

En la selva lluviosa tropical, o pluvisilva, las precipitaciones son constantes durante todo el año y no existe época de sequía; estas condiciones propician que este ecosistema sea el más complejo de todos. En estas selvas, se encuentran concentrados los grupos más ricos en especies del planeta, los invertebrados y las plantas fanerógamas. La vegetación está constituida por plantas perennes de hojas anchas. Los árboles más altos pueden medir hasta 30 metros.

3.3.2. Ecosistemas oceánicos

Los océanos constituyen el mayor ecosistema de la Tierra, tanto por extensión (70% de la superficie terrestre) como por profundidad.

La actividad fotosintética óptima se da a unos 20-30 metros de profundidad, de ahí la intensidad de la luz va descendiendo hasta que, a 500-800 metros, la oscuridad es absoluta. De aquí, se deduce que la mayor parte de los seres vivos que habitan los océanos son

animales, hongos o bacterias, y no plantas. Este hecho supone que la productividad (en términos de carbono convertido en materia orgánica por fotosíntesis) sea tan solo un tercio de la productividad en tierra firme.

El contenido salino de las aguas oceánicas es del 35% aproximadamente.

En estos ecosistemas, además de las grandes algas, se encuentran algas unicelulares, autótrofas, denominadas **fitoplancton**. Estas realizan la fotosíntesis liberando gran cantidad de oxígeno al mar y a la atmósfera, siendo los productores primarios más importantes de los océanos. Su distribución se limita a la capa más superficial, por la misma necesidad de luz para realizar la fotosíntesis. Son la base de la cadena alimenticia y, por lo tanto, de la vida marina.

El **zooplancton** lo constituyen los seres vivos de origen animal, heterótrofos, que se alimentan del fitoplancton básicamente.

Las **grandes corrientes** de agua oceánicas, generadas por las fuerzas eólicas y el movimiento de rotación de la Tierra, son de gran importancia y determinantes en los patrones meteorológicos a escala global y en los organismos marinos y terrestres.

Una de las corrientes más característica es la Corriente del Golfo, que proporciona aguas templadas a las costas orientales de América del Norte y occidentales de Europa.

3.3.3. Ecosistemas epicontinentales

Los conforman masas de agua saladas sobre plataformas continentales de escasa profundidad (200 metros) y gran extensión. Se encuentran conectadas con los océanos por estrechos, pero controladas internamente por su propio sistema de corrientes. Estos ecosistemas epicontinentales, que descansan sobre la zona nerítica o **plataforma continental**, suponen la mitad de la biomasa total de los mares a pesar de la escasa profundidad comparada con las dimensiones oceánicas. Esto se debe a la gran concentración de productores primarios, como las algas pardas. El contenido salino de estos mares interiores es menor que en los océanos.

Ejemplos de mares epicontinentales son el Golfo Pérsico, el Mar del Norte, el Mar Argentino, la Bahía de Hudson y el Mar de China Oriental. Estos mares suponen importantes recursos pesqueros y petrolíferos para el ser humano.

IV. ANTROPOSFERA Y CONSECUENCIAS DE LA EXPLOTACIÓN HUMANA SOBRE LA BIOSFERA

Hemos tratado las relaciones del ser humano con el medio ambiente y las problemáticas surgidas de estas, así como las algunas de las alternativas existentes que apuestan por detener el impacto negativo del hombre sobre la Tierra.

Hemos visto problemáticas derivadas de la sobreexplotación de los recursos naturales no renovables que suponen una alta contaminación atmosférica (generación y uso de combustibles fósiles) o una generación de residuos difíciles de tratar o eliminar con la tecnología actual (energía nuclear), o altos impactos medio ambientales fruto de su extracción y también impactos sociales provocados por las injusticias surgidas de la especulación y lucha por estos recursos.

Sin embargo, también hemos visto que existen alternativas en el campo energético, recursos renovables –como la energía solar o la eólica, entre otras–, que pueden proveer de energía a un coste económico, medioambiental y social mucho menor, pero por las que es necesaria una apuesta clara y firme desde los gobiernos de los países y también desde la demanda activa del ciudadano de este tipo de energía.

Se han mencionado y tratado otras problemáticas surgidas desde las relaciones desiguales e insostenibles del hombre con su entorno, como el cambio climático de origen antropogénico, la amenaza a la biodiversidad, el consumo de agua, la desertización y desertificación, la generación de residuos...

Así como algunas iniciativas encaminadas al empleo racional y sostenible de los recursos, la apuesta por la movilidad sostenible –cuyo fin es la reducción en el consumo de recursos fósiles–, la eficiencia energética en los procesos industriales y en los aparatos eléctricos en general, las buenas prácticas en general, la compra y contratación pública sostenible –pieza clave de tracción en el sistema comercial y productivo–, etc.

Tan esencial e inevitable es nuestro impacto sobre el medio ambiente a través de la actividad del ser humano sobre la Tierra que igual en importancia es el ser conscientes de ello y tratar de que esta relación sea lo más beneficiosa posible o, al menos, sea sostenible, es decir, que forme parte del equilibrio general de los ecosistemas.

La **antroposfera** es la parte de la esfera terrestre donde se desarrolla la vida del hombre, soportando las actividades y acciones

de la especie humana sobre los hábitats y ecosistemas en los que vive y se desarrolla.

Desde el punto de vista de la tecnología, la antroposfera se conoce también por **tecnosfera** y está ligada intrínsecamente a los sistemas tecnológicos y económicos creados por el hombre, que son soportados directa e indirectamente por el entorno natural.

El concepto de antroposfera se asocia comúnmente al estudio de los impactos ambientales, así como al consumo de recursos naturales y las consecuencias derivadas de todo ello.

James Lovelock –científico independiente, ecologista, creador e investigador, doctor honoris causa de numerosas universidades de todo el mundo–, en su libro *La venganza de la Tierra*, afirma:

Nuestro planeta funciona como un sistema único y autorregulado, formado por componentes físicos, químicos, biológicos y humanos. Las interacciones y flujos de información entre las partes que lo componen son complejos y exhiben gran variabilidad en sus múltiples escalas temporales y espaciales.

Lovelock definió así a su Gaia y se lamenta ahora de que nuestra presencia le está causando una grave enfermedad, casi terminal, a la Tierra. Si esto es cierto, deberíamos reflexionar y actuar para evitar, frenar o mitigar los impactos ambientales que causan nuestras actividades.

Hemos realizado un repaso sobre las diferentes problemáticas ambientales, todas ellas causadas por el ser humano. Hemos reflexionado sobre términos como *ética ambiental*, realizando planteamientos desde el previo conocimiento de la estructura de nuestros ecosistemas. Hemos visto cómo, a nivel mundial, se ha despertado cierta sensibilidad transformada por los políticos en acciones y regulaciones con el fin de mitigar dichas problemáticas. Sin embargo, los grandes intereses económicos que manejan los hilos del poder, colocan palos en las ruedas a menudo, provocando desastres ecológicos y haciendo que se acentúen las desigualdades entre las personas, las injusticias ambientales y personales, etc.

Pero los seres humanos también tienen un gran poder cuando la pasión se apodera de ellos, y existen grandes apasionados en nuestro planeta; grupos, asociaciones, entidades y personas cuya misión es despertar conciencias y exigir a los poderes que gobiernan estructuras sostenibles que sean la base para ir cambiando. Esta pasión por la vida trata de calar en la sociedad, impregnando

nuestros actos y nuestras decisiones para que estos sean más conscientes y responsables con el resto de congéneres.

No podemos engañar a la naturaleza, pero sí podemos ponernos de acuerdo con ella.

Albert Einstein