

CONCEPTOS DE ECOLOGIA



JOSE LUIS FUENTES YAGÜE

Ingeniero Agrónomo

Dirección General de Planificación y Desarrollo Rural



MINISTERIO DE AGRICULTURA PESCA Y ALIMENTACION

SECRETARIA GENERAL TECNICA

CONCEPTOS DE ECOLOGIA

Introducción

La *ecología* (derivado de las palabras griegas “oikos”: casa y “logos”: tratado) es la ciencia que estudia los seres vivos en su ambiente y las relaciones que mantienen entre ellos y con el medio donde viven.

El *ambiente* de un ser vivo es el conjunto de todas aquellas circunstancias que le rodean y con las cuales se halla en continua relación. Los elementos que lo componen son:

- Elementos no vivos (*abióticos*). Son el medio, el sustrato y la energía, con sus correspondientes características físicas (luz, temperatura, presión, etc)
- Elementos vivos (*bióticos*): animales y vegetales.

El *medio* es la materia que rodea inmediatamente al ser vivo y con la cual mantiene intercambios. Siempre es un líquido o un gas, por lo general, agua o aire.

El *sustrato* es la superficie sobre la cual vive el organismo o el material sólido en cuyo interior transcurre total o parcialmente su vida.

Para que un ser vivo pueda formarse y desarrollar sus funciones vitales se necesitan unos materiales y algún tipo de energía. Los seres vivos están constituidos, fundamentalmente, por materia acuosa. Cualquier cambio que se produzca dentro de ellos debe conservar su estructura y evitar la alteración de sus componentes de una forma definitiva. No pueden utilizar la energía calorífica porque alteraría sus componentes; tampoco pueden utilizar las energías mecánica y eléctrica porque romperían su estructura. Únicamente pueden utilizar la energía química, y, aún así, de una forma muy especial, puesto



que necesitaría la ayuda de unos catalizadores, llamados *enzimas o fermentos*, que son producidos por los propios organismos.

La *especie* es un grupo de seres vivos de características semejantes que son capaces de reproducirse y dar descendencia fértil. El caballo y el asno, por ejemplo, no pertenecen a la misma especie, ya que la descendencia de ambos, el mulo, no es fértil.

El *habitat* es un determinado lugar que reúne las condiciones necesarias para que viva una determinada especie. Puede ser más o menos amplio. El escarabajo de la patata, por ejemplo, tiene un hábitat muy restringido, pues vive solamente sobre las matas de la planta de la patata, mientras que el ratón tiene un hábitat más amplio, ya que puede vivir en muchos lugares.

La *población* es un conjunto de individuos de la misma especie que viven en un área determinada y están ligados a un mismo ambiente. Por ejemplo, una población vegetal está formada por los álamos de una alameda, y una población animal está formada por los gorriones que pueblan esa alameda.

La *comunidad o biocenosis* es una entidad formada por poblaciones de varias especies que habitan en un área determinada y que se relacionan entre sí y con el medio físico. Por ejemplo, una alameda es una comunidad en donde además de los álamos existen otras muchas especies de vegetales y animales: zarzas, cardos, ratones, pájaros, hormigas, lombrices, bacterias, hongos, etc.

Un *ecosistema* es el conjunto formado por los seres vivos de una comunidad y el espacio físico donde viven y se relacionan recíprocamente. Un bosque, un lago, un monte, son ejemplos de ecosistemas.

LA POBLACION

Una población es un conjunto de individuos de la misma especie que viven en un área determinada y están ligados a un mismo ambiente. Un banco de sardinas, una manada de búfalos, un campo de girasol pueden servir como ejemplo de poblaciones.

Se llama *densidad de población* al número de individuos por unidad de espacio. La idea de abundancia también puede expresarse con

el concepto de *biomasa*, que es la cantidad de materia viva existente por unidad de superficie o de volumen.

Distribución y organización de la población

El modo de distribuirse los individuos dentro del área que ocupan obedece a uno de los tres modelos siguientes o una combinación de ellos (fig. 1).

- *Distribución al azar*. Los individuos se encuentran en cualquier lugar.
- *Distribución uniforme*. Los individuos se encuentran repartidos de forma regular.
- *Distribución agrupada*. Los individuos se distribuyen por grupos situados de forma irregular en el área que ocupan. Esta distribución es la más frecuente en la naturaleza.

Las poblaciones pueden estar organizadas de distintas maneras, desde aquellas en que sus miembros viven más o menos aislados, hasta aquellas otras en que se forman grupos numerosos.

1) *Aislamiento*

Los individuos de algunas poblaciones viven separados unos de otros, ocupando cada uno de ellos un determinado territorio que señala de diversas maneras: emisión de sonidos (el canto de muchas aves), señales visuales (ostentación de vivos colores), secreción de

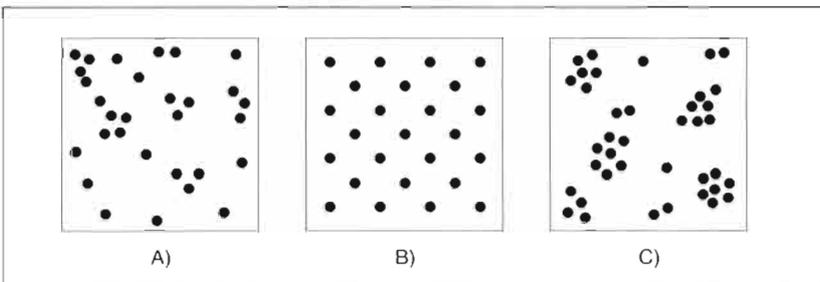


Fig. 1.- *Distribución de la población. A) Distribución al azar. B) Distribución uniforme. C) Distribución agrupada.*



sustancias olorosas, etc. El propietario del territorio advierte con estas señales a otros individuos de su propia especie que ese territorio está ya ocupado, y les ataca y expulsa cuando tratan de penetrar en él; pero se muestra indiferente ante la entrada de individuos de otras especies que no comparten los mismos hábitos alimenticios.

2) *Grupos familiares*

El grupo familiar está formado por los reproductores y sus descendientes jóvenes. La familia se llama *monógama* si los reproductores son uno de cada sexo, y *polígama* cuando hay un individuo de uno de los sexos y varios del otro. Los gorilas, por ejemplo, forman familias polígamas constituidas por un macho y varias hembras con sus crías.

Los lazos de unión familiar entre los reproductores pueden ser temporales o permanentes. En algunos casos la pareja permanece unida hasta que la prole puede valerse por sí misma; en otros, permanece unida durante varias crianzas; en otras ocasiones se mantiene unida durante toda la vida, como ocurre, por ejemplo, con los gansos.

3) *Agrupaciones*

Algunas especies de animales muestran tendencia a formar grupos (*gregarismo*), lo que facilita ciertas actividades, tales como la caza, la vigilancia, la reproducción o la emigración.

Algunas especies que viven aisladas durante la mayor parte de su vida se agrupan en determinadas épocas para cumplir una finalidad concreta, relacionada, generalmente, con una necesidad fisiológica o ambiental, como la reproducción, la migración o la muda. Los ciervos machos en la época de reproducción luchan entre sí por atraer el mayor número de hembras; después de la fecundación las hembras forman una manada, mientras que los machos hacen vida solitaria. Algunas aves, como las golondrinas y las cigüeñas, se reúnen en grandes bandadas para emigrar. Los centollos se amontonan unos sobre otros para realizar la muda.

Otras especies se agrupan permanentemente, como es el caso de algunos grandes mamíferos herbívoros (cebra, ñu, bisonte), que forman grandes manadas en donde se establecen ciertas normas de

comportamiento social. Cuando un individuo se incorpora a la manada suele ser rechazado, y si se le admite debe incorporarse entre los individuos de rango inferior.

4) *Colonias y sociedades*

Son unas agrupaciones muy organizadas en donde cada miembro tiene una misión específica que cumplir. La *colonia* se da en organismos marinos, como es el caso de los corales, formados por una agrupación de pólipos que comparten un esqueleto calcáreo que les mantiene unidos formando una estructura de forma arborescente. Cuando los individuos de la colonia mueren, su estructura esquelética permanece unida a la colonia. Las *sociedades* sólo se dan en los insectos, como es el caso de las abejas, hormigas y termitas, en donde cada individuo carece de vida independiente, y muere en pocas horas si queda aislado.

Crecimiento de la población

La *tasa de crecimiento de una población* es el resultado de contabilizar la natalidad, la mortalidad y los desplazamientos de individuos que entran o salen en el área considerada.

El crecimiento de la población surge cuando ésta tiene oportunidad de extenderse, como por ejemplo: al principio de la estación de crecimiento, cuando unos individuos venidos de fuera empiezan la repoblación de un área o cuando un nuevo recurso se hace disponible.

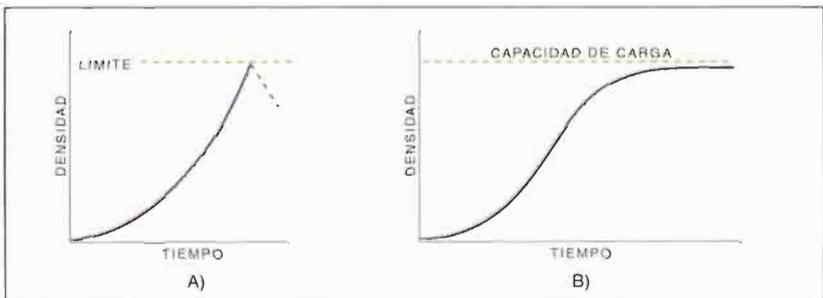


Fig. 2.- *Formas fundamentales de crecimiento de una población. A) Crecimiento en J o exponencial. B) Crecimiento en S o sigmoideo.*



Existen dos formas fundamentales de crecimiento (fig 2):

– *Crecimiento en J o exponencial*. La población está muy poco controlada por factores externos, por lo que tiende a crecer en progresión geométrica (por ejemplo: 2, 4, 8, 16, 32, etc.) hasta que se acaban los recursos o surge alguna otra limitación. Entonces el crecimiento tiene una parada súbita y, frecuentemente, experimenta un descenso muy rápido, hasta que se restablecen las condiciones para otro nuevo crecimiento.

Las poblaciones de este tipo son inestables, sujetas a grandes oscilaciones de la densidad, a menos que sean reguladas por factores externos a la misma.

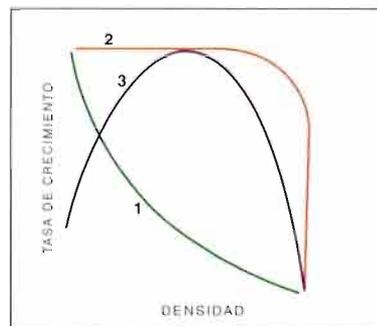
– *Crecimiento en S o sigmoideo*. Al principio el crecimiento es lento, porque todavía hay pocos reproductores; más tarde se acelera, pero después se hace lento de nuevo, a medida que aumenta la densidad. Cuando se alcanza la densidad máxima permitida por las condiciones del medio, el crecimiento se estabiliza. Se llama *capacidad de carga* a la densidad máxima que permite sostener el medio.

Las poblaciones con este tipo de crecimiento son estables, ya que se regulan a sí mismas.

Las dos formas de crecimiento, en J o en S, representan modelos de crecimiento extremos, rápido y lento, respectivamente. La mayoría de las poblaciones tienen un crecimiento intermedio o una combinación de ambas.

Con relación a la densidad de población existen tres modelos de crecimiento (fig 3).

Fig. 3.- *Crecimiento de la población en función de la densidad. 1) Inversamente dependiente de la densidad. 2) Independiente de la densidad. 3) Crecimiento tipo de Alle. (E.P.Odum).*



-
- *Crecimiento inversamente dependiente de la densidad.* La tasa de crecimiento decrece a medida que aumenta la densidad. Las poblaciones con este modelo de crecimiento tienden a autolimitarse, desarrollando estrategias para disminuir la descendencia. Por ejemplo: algunos mamíferos regulan el número de nacimientos por medio de hormonas; el escarabajo del arroz solamente pone un número máximo de huevos si tiene a su disposición una cantidad de alimento diez veces superior a sus necesidades.
 - *Crecimiento independiente de la densidad.* El crecimiento se produce sin restricciones hasta que es controlado por factores externos a la población, como por ejemplo: disponibilidad de alimentos, factores físicos, depredación, etc. Las poblaciones con este modelo de crecimiento tienen grandes oscilaciones en su densidad y pueden convertirse en plagas de los animales domésticos o de las plantas cultivadas.
 - *Crecimiento tipo de Alle.* La tasa de crecimiento es mayor a una densidad intermedia que a densidades alta o baja. Se da sobre todo en especies de vida social, como, por ejemplo, las gaviotas que anidan en colonias. La formación de las parejas y el cuidado de la prole se ven estimuladas con la presencia de otros individuos cercanos, pero sin llegar a un hacinamiento excesivo.

Dispersión de la población

Se llama dispersión de una población a la tendencia que ésta manifiesta a extenderse en todas las direcciones. Viene determinada por la capacidad de locomoción de cada especie y por las barreras geográficas (ríos, montañas, etc). En los animales la locomoción es activa, desplazándose el individuo por sí solo, aunque también puede ser pasiva, como en el caso de las corrientes de agua de ríos y mares, que facilitan la dispersión de larvas.

En los vegetales la locomoción es pasiva, desplazándose sólo una parte del individuo o una de las fases de su ciclo vital mediante la acción de factores externos: agua, viento, animales, etc. Muchas plantas utilizan el viento para dispersar sus semillas. En otros casos,



los frutos o las semillas se fijan al pelo de los animales para ser transportados a otros lugares. La formación de frutos carnosos, que son ingeridos por los animales, permite que las semillas no digeridas se depositen, junto con los excrementos, en lugares alejados del origen. Las corrientes de agua facilitan también la dispersión de las semillas.

Los movimientos de dispersión más importantes son:

- *Emigración*. Los individuos de una población salen hacia fuera del punto de origen sin intención de volver.
- *Inmigración*. Es la llegada de individuos procedentes de otras zonas, que se establecen en el nuevo lugar.
- *Migración*. Son los viajes de ida y vuelta que emprenden los individuos de algunas poblaciones en determinadas épocas del año. Muchas aves viajan durante la estación fría a zonas calientes, y vuelven en el buen tiempo a sus lugares de origen para reproducirse.

LA COMUNIDAD

La comunidad o biocenosis es una entidad formada por poblaciones de varias especies (muchas, por lo general) que habitan en un área determinada, en una época concreta, y que se relacionan entre sí y con el medio físico.

Dentro de una comunidad suele haber una especie que es particularmente visible, por su gran tamaño o por ser la más numerosa. Esta especie se llama *dominante*, y suele dar nombre a la comunidad. Por ejemplo, el álamo es la especie dominante en una alameda, en donde existen otras muchas especies de vegetales y animales: pequeños arbustos (zarzas, saúcos), plantas herbáceas (bromos, cebadilla, cardos, diente de león), vegetales inferiores (musgos, líquenes, hongos), aves (pájaros, rapaces), mamíferos (ardillas, ratones), reptiles (lagartos, culebras), insectos (pulgones, hormigas), gusanos (lombrices), miriápodos (ciempiés), etc.

Siempre que no se produzca algún cambio geológico, climatológico o de cualquier otro tipo, las comunidades tienden a permanecer estables, es decir, que no varían sustancialmente ni las especies que

componen la comunidad ni el número de individuos de cada especie. Esto recibe el nombre de *equilibrio biológico*.

El gran número de condicionantes que intervienen en la naturaleza hace que continuamente varíe la densidad de población de las especies que componen la comunidad, pero manteniéndose siempre dentro de unos determinados límites. Cuando por cualquier motivo aumenta desmesuradamente la densidad de población de una especie, surge naturalmente algún motivo que hace volver a la situación de equilibrio.

Supongamos, por ejemplo, que un bosque bastante claro permite el paso de suficiente luz para que pueda crecer la hierba en el suelo y de ella se alimentan las larvas de unas determinadas avispas. Los icneumones parasitan a estas avispas y también a unos avispones que habitan en el follaje del bosque. A medida que crecen los árboles y sus copas se juntan, el suelo va entrando en la sombra, el crecimiento de la hierba disminuye y van desapareciendo las avispas y sus parásitos. Entonces ocurre que los avispones se reproducen en gran número, porque sus parásitos han perdido una parte de su alimento. El equilibrio biológico se reestablece de nuevo cuando la gran cantidad de capullos de avispones, que se encuentran en el suelo, atraen a gran número de ratones que los devoran.

Composición y estratificación de la comunidad

La extensión de la comunidad es muy variable. Algunas pueden cubrir extensiones de miles de kilómetros cuadrados, como es el caso de las comunidades de abetos del Canadá o las comunidades de pradera en la región central de Estados Unidos. Otras se extienden a lo largo de centenares de kilómetros cuadrados, ocupando biotopos relativamente uniformes, como lagos, pantanos o desiertos. Otras ocupan áreas más restringidas, como estanques, arenas aluviales, chaparrales, prados de montaña, planicies rocosas, etc. Algunas comunidades ocupan dimensiones muy reducidas, como es el caso de los animales y vegetales que viven en un tronco de árbol podrido o en una peña aislada.

El número de especies y la abundancia de poblaciones varían también dentro de límites muy amplios. En condiciones extremas y con escaso alimento hay un escaso número de especies con muy po-



cos individuos cada una, como en el caso de un desierto o un fondo oceánico. En condiciones menos desfavorables sigue habiendo pocas especies, aunque cada una de ellas puede tener un gran número de individuos. En condiciones favorables hay un gran número de especies, aunque con menos individuos cada una.

La diversidad aumenta progresivamente conforme su grado de desarrollo: es baja al principio, y va adquiriendo valores más altos a medida que la comunidad se hace más estable.

Las especies que constituyen una comunidad no se distribuyen al azar, sino que, según sus afinidades, ocupan uno o varios espacios determinados. Es muy frecuente que la distribución de las especies dentro de la comunidad se haga según una estratificación horizontal. Así, por ejemplo, un bosque caducifolio presenta las siguientes capas o estratos horizontales: estrato subterráneo, estrato del suelo, estrato herbáceo, estrato arbustivo y estrato arbóreo. Los límites de estos estratos no están definidos con precisión, ya que dentro de los organismos que habitan cualquier estrato hay un considerable número de individuos que hacen incursiones a estratos adyacentes.

Límites de la comunidad

En algunos casos los límites de la comunidad están bien definidos, como puede ser el caso de una laguna o una pequeña isla. En otros casos no se pueden establecer unos límites precisos, porque los miembros de esa comunidad interfieren con los de otra comunidad. En el borde de un bosque, por ejemplo, algunos árboles se introducen en la vecina comunidad de arbustos, y éstos, a su vez, invaden el borde del bosque. Un buen criterio para determinar los límites de una comunidad es considerar el área en donde la especie dominante deja de serlo.

La zona de transición entre comunidades, llamada *ecotono*, ofrece un especial interés ecológico, con una mayor riqueza de especies y, a menudo, con una población más densa que cualquiera de la comunidades vecinas. En ocasiones se trata de incrementar la longitud total del borde de la comunidad para favorecer el aumento de las aves y mamíferos de caza. Las bandadas de codornices se suelen establecer en los lugares donde se juntan varios tipos de vegetación:

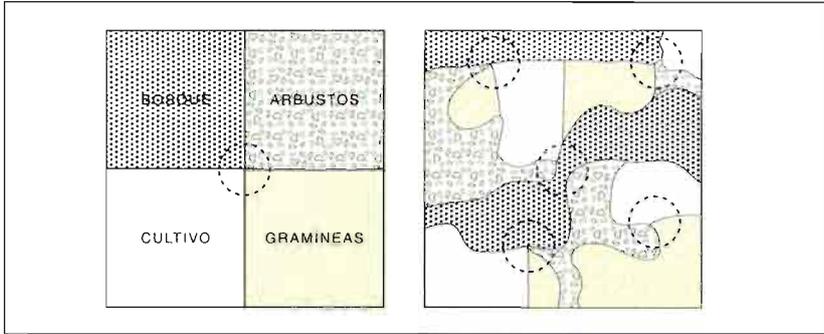


Fig. 4.- El aumento de la longitud del borde de la comunidad favorece el incremento del número de bandadas de codornices (marcado en círculo) que se establecen en los lugares donde se juntan varios tipos de vegetación.

bosque, malezas, pastos, campos de cultivo. El número de bandadas existentes en un área determinada se incrementa notablemente aumentando la longitud de los bordes entre los distintos tipos de vegetación, sin modificar el área total de cada tipo de vegetación (fig 4).

Relaciones entre especies

Las interacciones entre dos especies cualquiera de una comunidad pueden ser neutras (es decir, que ninguna de ellas afecta directamente a la otra) o pueden afectar al menos a una de ellas. Los tipos principales de interacciones entre dos especies de una comunidad son:

- Mutualismo. Ambas especies se benefician (++)
- Comensalismo. Una especie se beneficia, mientras que la otra no se ve afectada (+ 0)
- Depredación. La interacción es positiva para una especie y negativa para la otra (+ -)
- Parasitismo. La interacción es negativa para una especie y positiva para la otra (- +)
- Alelopatía. Una de las especies inhibe o tiene algún efecto negativo sobre la otra (+ -)
- Competencia. Ambas especies inhiben o tienen algún efecto negativo sobre la otra (- -)



Mutualismo

El mutualismo es una relación recíproca entre dos organismos, mediante la cual ambos resultan beneficiados recíprocamente. La asociación puede ser *facultativa* (los dos asociados podrían vivir uno sin el otro) u *obligada* (necesitan permanecer asociados para sobrevivir). En algunos casos el contacto es permanente, mientras que en otros no lo es.

Algunos pájaros se posan sobre el lomo de los grandes rumiantes y comen sus parásitos externos. Estos rumiantes se ven libres de sus parásitos, a la vez que, frecuentemente, la actividad de los pájaros les advierte de la proximidad de algún peligro.

En la polinización de las flores por los insectos, el insecto obtiene de la planta el néctar y otro tipo de alimento, a la vez que se encarga de transportar el polen desde una flor a otra.

Los frutos que comen los pájaros, mamíferos y otros animales constituyen para ellos un alimento, en tanto que las semillas que contienen son dispersadas con los excrementos a distancia variable de su lugar de origen, lo que contribuye al establecimiento de nuevas plantas en otros lugares.

El mutualismo más íntimo se observa cuando los dos asociados tienen un contacto muy cerrado, a menudo permanente y obligatorio. En este último caso el mutualismo suele llamarse *simbiosis*. Una de las simbiosis más interesantes desde el punto de vista agrícola es la que se da entre leguminosas y las bacterias del género *Rhizohium*. En la parte exterior de la raíz de la leguminosa se forma una membrana, dentro de la cual se desarrollan las bacterias, que estimulan a las células radicales a dividirse intensamente formando un nódulo. Las bacterias, que son algo específicas con respecto a la leguminosa, obtienen de ésta los hidratos de carbono y otras sustancias. A cambio de ello fijan el nitrógeno del aire, que posteriormente transfieren a la planta. Gracias a esta asociación las leguminosas pueden vivir en suelos carentes o muy pobres en nitrógeno.

Las *micorrizas* son asociaciones simbióticas que se desarrollan entre ciertos hongos y las raíces de la mayor parte de las plantas superiores. La planta transfiere al hongo hidratos de carbono, proteínas

y vitaminas, mientras que el hongo desarrolla un sistema muy eficaz para captar agua y ciertos nutrientes minerales (especialmente el fósforo) que posteriormente traspasa a la planta. Las plantas que más se benefician de esta asociación son las que tienen grandes necesidades de fósforo (leguminosas) y aquellas otras que tienen un sistema radical muy pobre (cebolla, patata).

Los rumiantes y otros animales que comen gran cantidad de celulosa serían incapaces de digerir esta sustancia sin los fermentos producidos por microorganismos que viven en su aparato digestivo.

Comensalismo

El comensalismo es una asociación entre dos miembros de distintas especies en donde solamente uno de ellos resulta beneficiado y ninguno perjudicado. El individuo que no resulta beneficiado (pero tampoco perjudicado) es el *huésped*, mientras que el que obtiene algún beneficio se llama *comensal*. Los beneficios de que disfruta el comensal son: alimento, cobijo o transporte.

En el tramo final del intestino de muchos animales habitan diversas clases de microorganismos que consumen las partes no digeridas del alimento del huésped, sin causarle a éste ninguna molestia.

El pez rémora se adhiere mediante un disco succionador a la parte inferior del cuerpo del tiburón, del que obtiene transporte gratuito, protección y los residuos de alimento. El pez rémora puede soltarse cuando quiere, buscar los trozos de alimento procedentes de las presas del tiburón y volver a fijarse de nuevo al cuerpo del huésped.

Depredación

En sentido amplio, un *depredador* es un organismo que devora total o parcialmente a otros. El depredador se llama *herbívoro* o *carnívoro* según que el organismo devorado sea, respectivamente, una planta o un animal. En un sentido más restrictivo (que es al que nos vamos a referir) el depredador es un animal que devora a otros animales que constituyen su *presa*.



Aunque la depredación supone el aniquilamiento de la presa, la población de la que forma parte esta presa recibe un beneficio indirecto, en cuanto que la muerte de algunos individuos resulta favorable para evitar los inconvenientes derivados del exceso de población. Además, con la depredación suelen desaparecer los individuos peor dotados, lo que también resulta beneficioso para la perpetuación de la especie.

Las poblaciones de depredador y presa se controlan mutuamente, produciéndose con frecuencia oscilaciones cíclicas. Un aumento del número de presas provoca un aumento del número de depredadores, ya que hay mayor disponibilidad de alimento; pero el aumento del número de depredadores conlleva una disminución del número de presas. lo que, a su vez, provoca una disminución del número de depredadores por falta de alimento.

El máximo y el mínimo de la población del depredador no coinciden con los de la presa, sino que van algo retrasados. En Canadá se calculó el número de pieles de liebre nival y de lince que habían sido vendidas por una compañía que las comercializó durante un siglo, observándose oscilaciones cíclicas cada diez años, aproximadamente. La población de lince, que constituye el principal depredador de las liebres, oscilaba a la par de la población de liebres, con un retraso de uno o más años (fig 5).

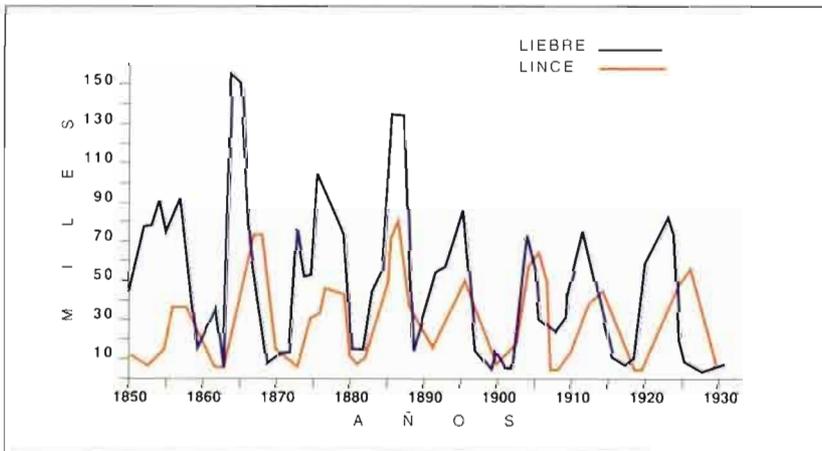


Fig. 5.- Fluctuaciones de las poblaciones de liebres y lince. La gráfica se realizó a partir de las pieles obtenidas por los cazadores en una extensa zona del Canadá.

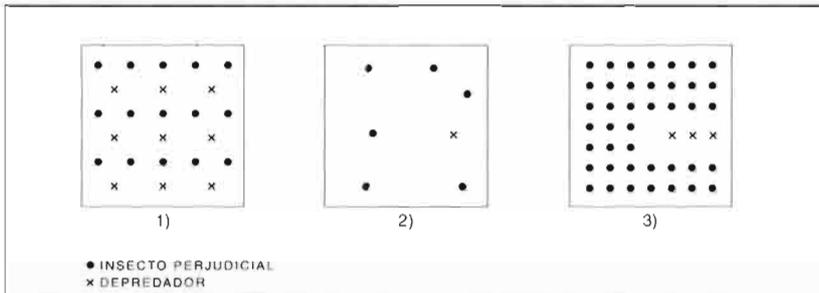


Fig. 6.- Rotura de equilibrio biológico provocado por el empleo de insecticidas. 1) Equilibrio biológico. 2) El insecticida elimina la mayor parte de la población del insecto perjudicial y de sus enemigos naturales. 3) La población del insecto perjudicial, libre de sus depredadores, se desarrolla de modo extraordinario.

Cuando las poblaciones del depredador y presa alcanzan el equilibrio, el depredador se limita a eliminar el incremento de población de la presa, que sin esta regulación se moriría de hambre. Predominantemente son eliminados los individuos viejos, enfermos o muy jóvenes.

En ocasiones la actuación del hombre altera el equilibrio entre depredador y presa, con graves consecuencias. El empleo indiscriminado de insecticidas provoca la eliminación casi total del insecto que constituye la plaga, pero también la de otros insectos depredadores de aquellos. Una reducción proporcional del número de individuos acarrea que el número de presas aumente con mayor rapidez que el de depredadores. Los individuos de la presa sobrevivientes, libres de depredadores, se desarrollan sin trabas, provocando, al poco tiempo, una nueva plaga tan intensa o más que la primera (fig 6). Aparte de ello, en los insectos que se quería eliminar aparecen nuevas formas resistentes a los productos empleados, lo que obliga al empleo de dosis mayores o de productos más agresivos.

En algunas ocasiones la eliminación artificial de los depredadores ha ocasionado un aumento desmesurado de la población de la presa, lo que acarrea un agotamiento de los recursos que constituyen su alimento y, en consecuencia, una disminución de la población que se quería conservar. En Arizona durante el primer cuarto de siglo se persiguió sistemáticamente a los depredadores de venados, con la esperanza de que aumentara la población de éstos. Así ocurrió al prin-



cipio, pero la gran cantidad de venados agotó rápidamente los recursos alimenticios, con lo que el número de venados descendió de una forma alarmante.

A principios de siglo, para proteger la perdiz blanca de Noruega se eliminó un gran número de rapaces, con lo cual la población de perdiz aumentó considerablemente al principio; pero al cabo de unos pocos años se redujo drásticamente, debido a que las perdices afectadas por una enfermedad no fueron eliminadas por las rapaces, con lo cual la epidemia se propagó con efectos devastadores.

Parasitismo.

Uno de los seres asociados (*el parásito*) vive a expensas de otro (*el hospedador*) causándole daño. La acción del parásito no suele causar la muerte del hospedador de forma directa, pero puede acortar su vida. Hay dos clases de parasitismo, según que el parásito se encuentre en el exterior del hospedador (*ectoparasitismo*) o en el interior del mismo (*endoparasitismo*).

Algunas plantas, como el muérdago y las cuscuta, parasitan a otras plantas, extrayendo la savia de éstas mediante las raíces que introducen a través de la corteza. El muérdago extrae sólo savia bruta, ya que está provista de clorofila y puede realizar la fotosíntesis. La cuscuta está desprovista de clorofila, por lo que necesita extraer del hospedador la savia elaborada.

Existe un gran número de animales ectoparásitos: algunos lo son durante todo su ciclo vital, mientras que otros son solamente durante determinadas etapas. Entre los insectos hay numerosas especies que parasitan a plantas o animales. Algunas especies de ácaros son parásitos de las plantas cultivadas, de las que se alimentan succionando el jugo de sus células, lo que provoca importantes daños económicos. No hace mucho tiempo que los daños producidos por los ácaros eran mínimos, mientras que actualmente estos parásitos figuran entre los que ocasionan mayores daños en frutales, vid y otros cultivos. Ello se debe a que los tratamientos químicos intensivos han producido desequilibrios importantes en la fauna circundante. La aplicación intensiva de productos químicos ha he-

cho desaparecer muchos animales útiles que en otro tiempo mantenían la población de ácaros dentro de unos límites que no ocasionaban daños apreciables; al desaparecer sus enemigos naturales los ácaros se multiplican muy activamente y llegan a constituir plagas muy peligrosas.

Algunas plantas se defienden del ataque de los parásitos de diferentes maneras. El tabaco contiene nicotina, que paraliza o mata a los pulgones. La planta silvestre de la patata elabora sustancias que provocan trastornos digestivos en el escarabajo, cualidad que ha perdido la planta de patata cultivada. La colza contiene sustancias que ingeridas en gran cantidad provocan diversos trastornos en los animales que la consumen. Esta cualidad también se ha perdido en las variedades mejoradas.

El endoparásito está rodeado de todo lo que necesita, por lo que llega a perder, no solo su capacidad locomotriz sino también ciertos órganos de los sentidos e incluso su capacidad de elaboración de productos de su metabolismo. La tenia, por ejemplo, ha alcanzado tal grado de simplificación y eficacia que su cuerpo se reduce a una cabeza, de la que sale una cadena de segmentos de varios metros de longitud. No tiene vasos sanguíneos ni sistema digestivo, ya que vive rodeada de alimento preparado que puede absorber por toda la superficie de su cuerpo.

El parásito eficiente saca la mayor ventaja posible sin perjudicar de manera importante la vida del hospedador. En ocasiones el parasitismo es temporal, como el caso de ciertos himenópteros que depositan sus huevos en el cuerpo de otros insectos. Cuando salen las larvas, éstas se alimentan de los tejidos del hospedador, que al principio hace una vida activa, pero termina muriendo comido por el parásito. Entre tanto las larvas han alcanzado su desarrollo y pasan a la fase adulta.

Alelopatía

La alelopatía es una relación entre dos especies distintas de plantas, en donde la presencia de una de ellas inhibe el desarrollo de la otra. Muchos microorganismos producen sustancias (antibióticos)



que bloquean algún proceso vital de otro microorganismo, provocando su muerte. Algunas plantas superiores segregan sustancias tóxicas en alguno de sus órganos, de modo que al caer y acumularse en el suelo impiden la germinación de otras plantas. Es de sobra conocido el caso del nogal, bajo cuyas ramas sólo pueden vivir algunas plantas. La alelopatía, junto con otros factores, contribuye a formar comunidades unitarias y estables, como ocurre, seguramente, en los grandes bosques de eucaliptos australianos.

Competencia

Se conoce con el nombre de *competencia* o *competición* entre dos o más especies la relación que se establece entre ellas cuando conviven en el mismo lugar y tienen necesidades parecidas.

Las hierbas y los arbustos de un bosque rivalizan con los árboles para beneficiarse de la luz y de las sustancias nutritivas del suelo. En una roca sumergida los percebes compiten por el espacio con las ostras, mejillones y otros animales fijos. Los saltamontes compiten con otros insectos y, en cierto modo, también con ovejas, conejos y otros herbívoros que consumen el mismo alimento.

Cuanto más se parecen dos especies tanto más semejantes serán sus necesidades y, por tanto, tanto mayor será la rivalidad para satisfacerlas. El *principio de la exclusión competitiva* dice que dos especies que tienen las mismas exigencias ambientales no pueden presentarse en el mismo lugar, puesto que la presencia de una de ellas excluye a la otra. La competencia, por tanto, es una acción recíproca entre dos especies que implica cierto desplazamiento de una de ellas causada por la otra.

A pesar del principio de exclusión competitiva se pueden observar en la naturaleza muchos casos de especies que comparten el mismo hábitat con otras muy semejantes. Ello se debe a que las especies evolucionan desarrollando pequeñas diferencias que permiten hacer menos acusado el impacto de la competencia. Así, por ejemplo, en las sabanas africanas las cebras comen los tallos altos de la hierba, los ñus se alimentan de las hojas y vainas, y las gacelas aprovechan los tallos más cortos que desechan los anteriores.

Ningún organismo vive en estado natural en condiciones ideales, ya que la competencia con otros organismos limita sus posibilidades vitales. Esto, que en principio parece negativo, ha sido la base de la evolución de las especies hacia una coexistencia pacífica en donde puedan compartir el mismo hábitat.

Cuando las especies se introducen en una región de una forma natural tienen tiempo de adaptarse a las nuevas condiciones; pero cuando son introducidas por la mano del hombre se producen, en muchas ocasiones, invasiones masivas y epidemias, dando lugar a verdaderas catástrofes ecológicas.

En la Edad Moderna los navegantes europeos introdujeron en algunas islas recién descubiertas ovejas y cabras, que, libres de enemigos naturales y sin competencia con otras especies, se multiplicaron de forma incontrolada y consumieron toda la vegetación, pereciendo las especies autóctonas y, también, los animales introducidos.

Hace más de un siglo los ingleses llevaron conejos a Australia. Sin competencia y sin enemigos, los conejos se multiplicaron a tal velocidad que devastaron regiones enteras. Los ganaderos tenían que vallar los terrenos de pastos para que pudieran comer las ovejas, y una multitud de conejos hambrientos venía a morir junto a las vallas. Para combatir la plaga, en 1950 se introdujo el virus de la mixomatosis, que en poco tiempo diezmo la población de conejos. Pero algunos ejemplares sobrevivieron y quedaron inmunizados contra la enfermedad, dando lugar a una nueva invasión.

A finales del siglo pasado se llevó el jacinto de agua desde Venezuela a Nueva Orleans, en Estados Unidos, con motivo de una feria del algodón. Los visitantes de la feria se llevaron esquejes de la planta para poblar sus estanques ornamentales. En poco tiempo la planta se extendió por ríos y acequias dificultando la navegación y bloqueando las conducciones de riego.

En la actualidad se ha descubierto una bacteria que descompone el plástico, lo cual puede ser muy útil para el tratamiento de residuos. Antes de su utilización en forma masiva hay que estudiar su comportamiento, ya que la introducción en la naturaleza de una especie sin competidores ni enemigos naturales puede dar lugar a una catástrofe ecológica.



EL ECOSISTEMA

Ecosistema o sistema ecológico es el conjunto formado por los seres vivos de una comunidad y el espacio físico donde viven y se relacionan recíprocamente. Todo el espacio del planeta habitado por seres vivos (*biosfera*) pudiera considerarse como un ecosistema; sin embargo, el término se utiliza para designar a aquellas unidades fundamentales (como un bosque, un lago, un monte, un humedal, etc) en donde los organismos vivos se relacionan entre sí y con el medio físico (sustrato, luz, temperatura, etc), y todo ello considerado en conjunto tiene una gran afinidad y una independencia relativa con relación a los elementos de otro ecosistema.

El ecosistema puede tener unos límites naturales y/o precisos (un lago, una isla) o artificiales e/o imprecisos (un campo cultivado de maíz). Su tamaño puede ser enormemente variado, desde un océano o un desierto, hasta el tronco de un árbol caído o una pequeña charca.

Las partes integrantes de un ecosistema son:

- Los organismos vivos, que constituyen la comunidad o bioce-
nosis
- El medio físico en donde se asientan esos organismos, que reci-
be el nombre de *biotopo*.

Los componentes de un ecosistema se relacionan de tal modo que la modificación de uno de ellos implica necesariamente la alteración de los demás. Imaginemos, por ejemplo, un monte con matorral poblado por conejos y zorros que se comen a los conejos. Supongamos que se ha echado veneno para zorros y éstos desaparecen. Como consecuencia de ello, el número de conejos aumenta considerablemente y puede llegar un momento en que haya tal cantidad de ellos que llegan a agotar la vegetación de que se alimentan. Por consiguiente, la eliminación de los zorros, medida que aparentemente favorecía a los conejos, produce a la larga el efecto contrario, ya que los zorros cumplen la importante misión de regular el número de conejos y, como consecuencia de ello, impiden que éstos desaparezcan.

Las relaciones entre los componentes de un ecosistema varían según los casos, pero siempre se observa lo siguiente:

-
- Un flujo de energía que va de unos organismos a otros.
 - Un reciclaje de sustancias minerales que se incorporan desde el medio abiótico a los seres vivos, y vuelven de nuevo al medio abiótico con las deyecciones y la descomposición de sus restos.

Flujo de la energía y de la materia en un ecosistema

En un ecosistema la energía proveniente del exterior (en última instancia, del sol) es captada por unos organismos y va pasando sucesivamente a otros, hasta que al final sale del ecosistema.

Desde el punto de vista de aprovechamiento de la energía y de la materia, los organismos de un ecosistema se clasifican en tres grupos:

- *Productores*. Son aquellos organismos capaces de captar y aprovechar la energía de la luz solar (que es prácticamente toda la energía exterior que recibe el ecosistema) para transformar sustancias inorgánicas (agua, dióxido de carbono y sales minerales), pobres en energía química, en sustancias orgánicas, ricas en energía química. A este grupo pertenecen las plantas verdes y, también, ciertas bacterias capaces de sintetizar materia orgánica a partir de sustancias inorgánicas.
- *Consumidores*. Estos organismos aprovechan la materia orgánica de los productores para convertirla en materia orgánica propia. A este grupo pertenecen los animales. *Consumidores primarios* son aquellos que se alimentan directamente de las plantas, como es el caso de la cebra, que se alimenta de hierba. *Consumidores secundarios* son los que se alimentan de otros animales, como es el caso del león, que se come a la cebra.
- *Descomponedores*. Son organismos que aprovechan los restos de animales y vegetales (cuerpos muertos, deyecciones, etc), descomponiendo la materia orgánica en materia inorgánica. A este grupo pertenecen, entre otros, las bacterias y los hongos. Merced a estos organismos se eliminan los despojos de los organismos vivos y se reintegran al medio los elementos indispensables para reiniciar el ciclo de la vida.



Los animales carroñeros (buitres, algunos córvidos, hienas, etc) no se consideran propiamente como descomponedores, ya que aprovechan los restos de otros animales para producir su propia materia orgánica, pero no descomponen la materia orgánica en inorgánica.

Dentro del ecosistema, la materia se aprovecha de forma continua, ya que se va reciclando. La energía, en cambio, se emplea una sola vez, perdiéndose progresivamente a lo largo del proceso en forma de calor y de trabajo, por lo que es necesario incorporarla al sistema de una forma continua.

El ciclo biológico de los elementos

El flujo de energía a través de los organismos de un ecosistema lleva consigo unos cambios de materia, que se realizan de la forma siguiente:

- La materia inorgánica se convierte en materia orgánica por la acción de los organismos productores.
- Esta materia orgánica se transforma en otro tipo de materia orgánica mediante la acción de los organismos consumidores.
- Toda la materia orgánica se convierte en materia inorgánica por la acción de todos los organismos (la respiración de productores, consumidores y descomponedores y las fermentaciones de los descomponedores).

De todos los elementos químicos existentes en la naturaleza (un centenar, aproximadamente) sólo un 20% resultan esenciales para la vida. Estos elementos, llamados *elementos biogénicos*, se combinan en una serie de compuestos que reciben el nombre de *nutrientes*. Las plantas, al tomar sustancias nutritivas del suelo y del aire, incorporan a su cuerpo unos cuantos elementos biogénicos: éstos pasan a los animales que se alimentan de plantas, y posteriormente, a otros animales. Después de un proceso más o menos largo, aquellos elementos vuelven a la tierra al descomponerse el cuerpo de los seres que los contenían.

En el medio acuático ocurre lo mismo, con la diferencia de que los elementos químicos parten del agua y vuelven de nuevo al agua, después de pasar por diversos organismos.

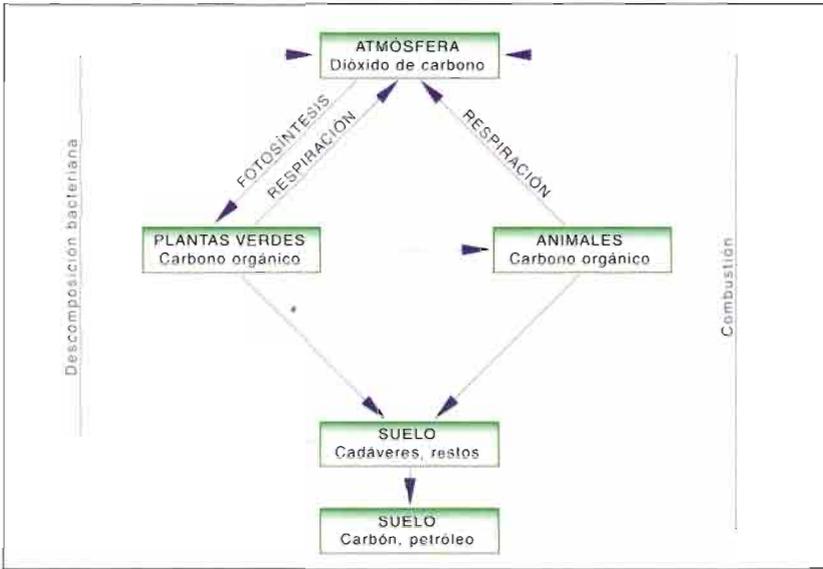


Fig. 7.- Ciclo del carbono.

El camino que recorren los elementos biogénicos a través de los seres vivos se conoce con el nombre de *ciclo biológico de los elementos*. Es un ciclo porque puede repetirse, ya que los descomponedores devuelven al medio los elementos que los productos habían extraído de él (fig 7). Por consiguiente, en la naturaleza ocurren unos flujos paralelos de materia y energía a través de los seres vivos; pero el comportamiento de una y otra es diferente, pues mientras la materia se recicla, la energía, una vez utilizada, ya no se puede volver a aprovechar, perdiéndose hacia el espacio en forma de calor y de trabajo (fig 8).

El nicho ecológico

Cada una de las especies de animales y vegetales de un ecosistema cumple una determinada función, con el fin de que no entren en conflicto unas con otras por un determinado elemento y, también, para que todos los elementos del ecosistema sean aprovechados por alguien. Así, por ejemplo, las plantas de una selva tropical se distribuyen de la mejor forma posible para aprovechar la luz del sol: por

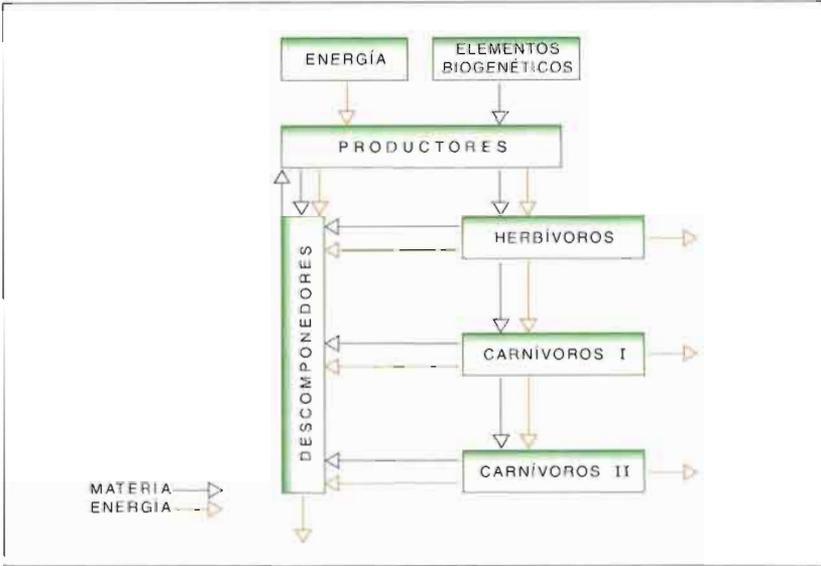


Fig. 8.- Flujo de la materia y de la energía entre los seres vivos.

encima de la gran maraña que forman los árboles de altura media sobresalen árboles más altos, mientras que por debajo crecen algunos arbustos y hierbas que aprovechan la escasa luz que penetra. En otros ecosistemas, los árboles, arbustos y hierbas se reparten los nutrientes del suelo conforme la profundidad que alcanzan sus raíces.

Recibe el nombre de *nicho ecológico* la función que cada especie desempeña mediante la cual se procura el sustento. Por ejemplo, entre los herbívoros que se alimentan de diferentes partes de los árboles, unos ocupan el nicho de comer hojas, mientras que otros comen corteza, raíces, savia, etc.

Cada especie está ecológicamente definida por un domicilio (el hábitat) y por una función (el nicho). El topo europeo es muy parecido al dasiuro australiano, pues ambos viven en el subsuelo y presentan una serie de adaptaciones a la vida subterránea: reducción de los ojos, transformación de las extremidades anteriores en palas excavadoras, pelaje denso, etc. Aunque pertenecen a distintos órdenes de mamíferos (insectívoros y marsupiales, respectivamente) comparten el mismo nicho de buscar el alimento bajo tierra.

En otro tiempo, el término nicho se aplicó para designar la localización característica de cada especie dentro del área considerada, pero esta designación ha dejado de utilizarse por la mayoría de los ecólogos.

Cadenas y redes de alimentación

Se llama *cadena de alimentación o trófica* a la sucesión por la cual un organismo es comido por otro, que, a su vez, es comido por un tercero, y así sucesivamente (fig 9).

El primer eslabón de la cadena es siempre un organismo productor, que es capaz de sintetizar su propio alimento (*autótrofo*). En el resto de la cadena se sitúan los organismos que no son capaces de sintetizar su propio alimento (*heterótrofos*).

Los herbívoros o consumidores primarios se alimentan exclusivamente de productores. Los carnívoros o consumidores secundarios se alimentan de herbívoros, y los supercarnívoros se alimentan de otros carnívoros. La cadena termina con los descomponedores, que

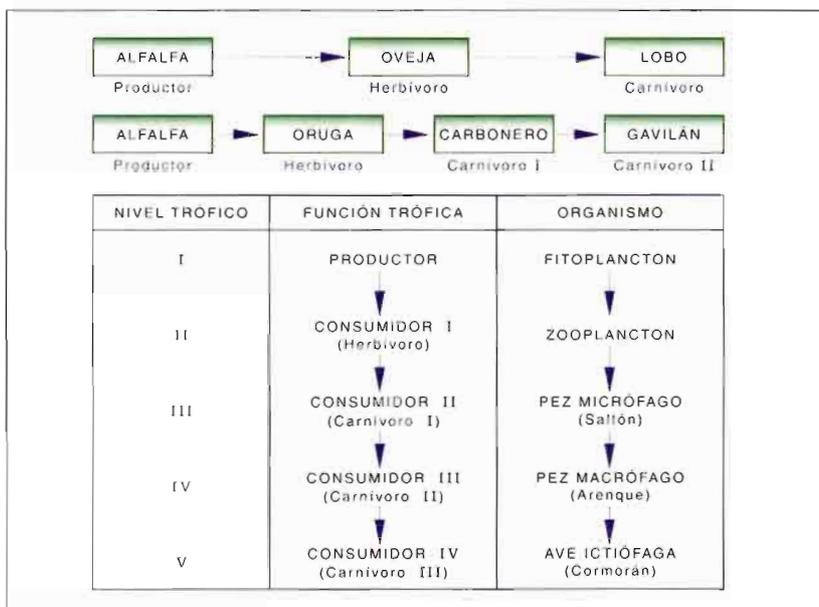


Fig. 9.- Ejemplo de cadenas tróficas.

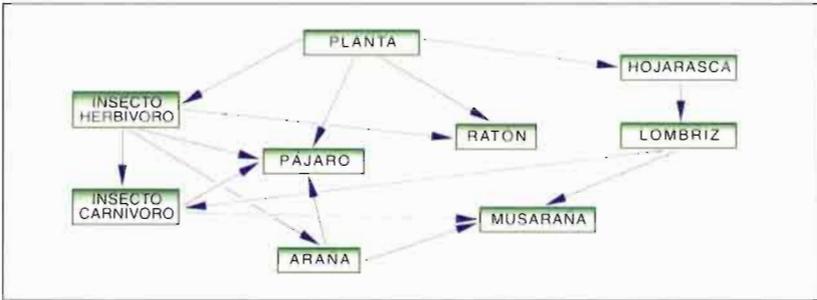


Fig. 10.- Ejemplo de red trófica en un bosque caducifolio.

reducen los restos de todos los organismos a otras sustancias más sencillas y, en última instancia, a elementos biogénicos, que se incorporan de nuevo al ciclo de la materia.

Algunas especies, como el hombre, se alimentan indistintamente de productores y de consumidores. Por otra parte alguna especie puede consumir a varias otras y, a su vez, ser consumida por varias, con lo cual las relaciones alimenticias en un ecosistema se captan mejor a través del concepto de *redes de alimentación o tróficas* (fig 10).

Cuanto más variada sea la alimentación de una especie, tanto mayor será la posibilidad de adaptación a nuevas situaciones ambientales y, por tanto, mayor su posibilidad de supervivencia. La estabilidad del ecosistema depende de la diversidad. Si un depredador se nutre de varias especies, al volverse escasa una de ellas recurre a alimentarse de las otras, con lo cual da tiempo a que se reponga la población de la primera.

Cada eslabón de la cadena de alimentación representa un *nivel de alimentación o trófico*. El paso de uno a otro nivel se realiza con una transferencia de energía, que no se aprovecha en su totalidad, sino que una parte de ella se pierde en forma de calor, de donde se deduce que la pérdida de energía es tanto mayor cuanto más larga sea la cadena. Por tanto, las cadenas de alimentación demasiado largas son poco operativas, por lo que no hay cadenas de más de cinco o seis niveles. En el hombre la cadena trófica es de dos o tres niveles.

Como resultado de este proceso, la población de productores es siempre mayor que la de consumidores primarios; la de éstos, mayor que la de consumidores secundarios, y así sucesivamente.

La estructura trófica de un ecosistema se puede representar por medio de una pirámide, en donde la base representa el nivel productor, y los sucesivos peldaños hasta el final, los restantes niveles tróficos (consumidores primarios, secundarios, etc.).

La representación piramidal más adecuada es la que tiene en cuenta la biomasa o cantidad de materia viva de cada nivel. Las biomásas de los niveles respectivos decrecen considerablemente a medida que se asciende en la pirámide, es decir, la biomasa de los productores es mayor que la de consumidores primarios; la de éstos, mayor que la de consumidores secundarios, y así sucesivamente (fig. 11).

Productividad de un ecosistema

La biomasa de un ecosistema es la cantidad de materia viva que hay por unidad de superficie o de volumen. Se suele medir por separado para productores y para consumidores. La productividad de cada nivel se puede estimar por la cantidad de biomasa que produce.

Cabe diferenciar entre productividad primaria (la de los productores) y secundaria (la de los consumidores). La productividad primaria es la cantidad de energía luminosa que es transformada por los organismos autótrofos en energía química bajo la forma de materia orgánica. Puede ser:

- *Productividad primaria bruta*. Comprende toda la materia orgánica vegetal producida, incluida la que se oxida por la respiración.
- *Productividad primaria neta*. Comprende la materia orgánica vegetal final, descontando la que se oxida por la respiración.

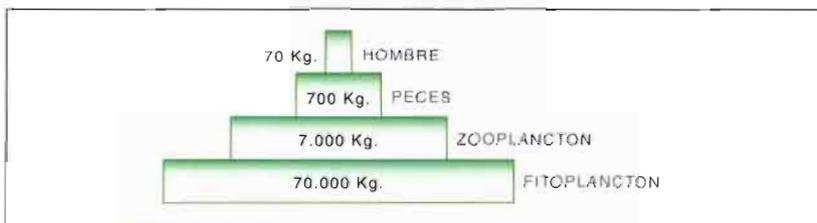


Fig. 11- Pirámide trófica. La biomasa decrece considerablemente a medida que se asciende en la pirámide.



La productividad primaria neta se mide pesando la materia vegetal producida durante un tiempo determinado. La energía consumida en la respiración se obtiene midiendo en un ambiente cerrado la cantidad de dióxido de carbono absorbido y oxígeno desprendido a la luz, así como el intercambio inverso en la oscuridad. La productividad neta incrementada en la energía consumida en la respiración es igual a la productividad bruta.

En los ecosistemas naturales, la respiración reduce la productividad neta a menos de la mitad de la productividad bruta. En los cultivos la respiración supone poca pérdida de energía cuando las plantas son jóvenes, pero se van incrementando a medida que las plantas envejecen. Por ejemplo, en un campo de alfalfa la pérdida por respiración supone un 12-15% en el período de crecimiento máximo, pero se incrementa hasta un 40% cuando las plantas son de seis meses.

Los desiertos, las latitudes altas y el alta mar son las regiones menos productivas, mientras que las selvas tropicales, los estuarios y los arrecifes de coral son las más productivas. Los cultivos no tienen una productividad neta mayor que algunos ecosistemas naturales, ya que, aunque el crecimiento de aquellos es más rápido, utilizan peor la energía solar que otros ecosistemas que funcionan durante todo el año.

Puede ocurrir que algunos ecosistemas sean explotados en exceso (abuso de pastoreo, tala excesiva, etc), mientras que otros lo sean por

**PRODUCTIVIDAD PRIMARIA NETA DE ALGUNOS MEDIOS
NATURALES Y CULTIVOS (Dreux) En gramos/m² y año**

Desierto de Nevada.....	40
Bancos de algas en la costa de Nueva Escocia.....	358
Praderas de Nebraska	446
Bosque caducifolio de Inglaterra (20-35 años)	1.560
Bosque de resinosas de Inglaterra (20-35 años)	3.880
Selva tropical de Java	5.400 - 6.900
Cultivo de caña de azúcar:	
Media mundial.....	1.725
Máxima, en Hawai.....	6.700
Cultivo de cereales, heno, patata:	
Media mundial.....	350-500
Máximos	800-1.500
Cultivo de algas al aire libre, máximo.....	4.530

defecto. El concepto de productividad nos permite determinar hasta qué grado puede ser explotado un ecosistema sin deterioro del mismo.

La sucesión ecológica. Climax

Cuando los seres vivos invaden un nuevo biotopo disponible constituyen una comunidad cerrada, en donde no se establecen, al principio, nuevas especies. Al correr el tiempo las condiciones del medio se van modificando, con lo que se van introduciendo nuevas especies, hasta que se establece un nuevo tipo dominante y una nueva comunidad sucede a la antigua. Una nueva modificación del medio, que se vuelve desfavorable para la comunidad, origina que esta comunidad ceda terreno a otra. Y así sucesivamente. Esta sucesión de etapas que se establecen a lo largo del tiempo recibe el nombre de *sucesión ecológica*.

La sucesión se desarrolla a lo largo de cientos o miles de años, en una serie de etapas sucesivas que tienden a una situación de mayor estabilidad. La última etapa de la sucesión, aquella en que se alcanza el máximo grado de estabilidad, recibe el nombre de *climax*.

A medida que avanza la sucesión suele ir aumentando la diversidad de especies. El aumento de la diversidad vegetal conlleva la inmigración de herbívoros, que, a su vez, proporcionan alimento a nuevos carnívoros. El aumento de la diversidad favorece la estabilidad del ecosistema. Esto se comprende fácilmente si se piensa, por ejemplo, que una vegetación herbácea compuesta por una sola especie podría quedar agotada con facilidad por diversas causas (climatología adversa, plagas, consumida por herbívoros, etc), cosa que no ocurriría tan fácilmente si contuviera muchas especies.

En las primeras etapas de la sucesión existen muchos recursos poco utilizados que favorecen el desarrollo de las especies establecidas en primer lugar, que suelen ser de crecimiento rápido. A medida que los recursos van siendo más limitados, estas especies van siendo sustituidas por otras de crecimiento más lento y mejor adaptadas a situaciones de mayor densidad. A la vez aparecen nuevas especies que explotan los nuevos nichos que van apareciendo.

Durante las primeras etapas de la sucesión, la cantidad de energía fijada sobrepasa a la cantidad de energía perdida por respiración.

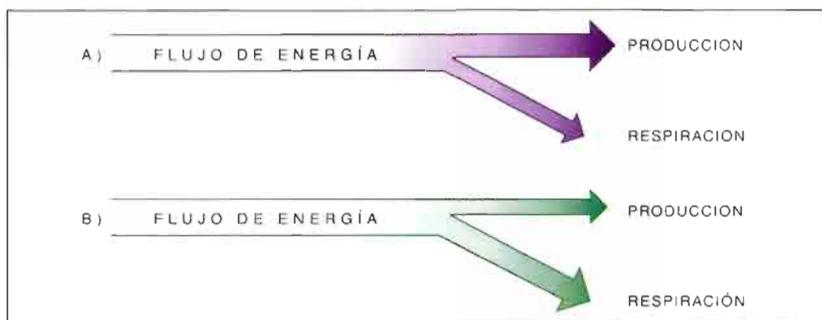


Fig. 12.- *Flujo de energía en la sucesión ecológica. A) Ecosistemas jóvenes. La producción (crecimiento) es mayor que la respiración (mantenimiento). B) Ecosistemas maduros. La producción es menor que la respiración. En el estado de climax la producción se anula.*

A medida que la sucesión se aproxima al climax se va aminorando el crecimiento de la productividad neta, debido al aumento de la respiración del conjunto de la comunidad con relación a la energía fijada por los productores. Cuando se llega al estado de climax la productividad se anula. Lo cual significa que aunque la biomasa total del ecosistema vaya aumentando a lo largo de la sucesión, su incremento relativo va disminuyendo (fig. 12).

En resumen, el avance de la sucesión supone:

- Un aumento de la diversidad
- Un aumento de la estabilidad
- Un aumento de la biomasa total
- Una mayor complicación de las redes de alimentación
- Una disminución de la productividad neta

Sucesión primaria

Es aquella que se desarrolla sobre un área despoblada, donde no ha existido vida con anterioridad o donde la vida existente ha sido completamente destruida. Tal es el caso de surgimiento de nuevas islas, dunas de arena, morrenas glaciales, estanques recién formados, depósitos volcánicos, etc.

Supongamos el caso de un depósito volcánico recién formado. Al principio se instalan las especies productoras que permiten las condi-

ciones ambientales, tales como musgos y líquenes, que modifican lentamente las condiciones ambientales, lo que permite la incorporación de nuevas especies. En alguna ocasión, el establecimiento de una especie nueva puede provocar la desaparición de otra ya establecida. A lo largo de la sucesión, la especie dominante en las etapas iniciales deja de serlo en etapas sucesivas, lo que significa la sustitución de una comunidad por otra nueva más compleja.

Otro ejemplo de sucesión primaria es la que se produce cuando en el transcurso del tiempo una laguna y su comunidad se transforman en un terreno seco, con una comunidad completamente diferente (fig. 13). Los organismos acuáticos muertos se van depositando en

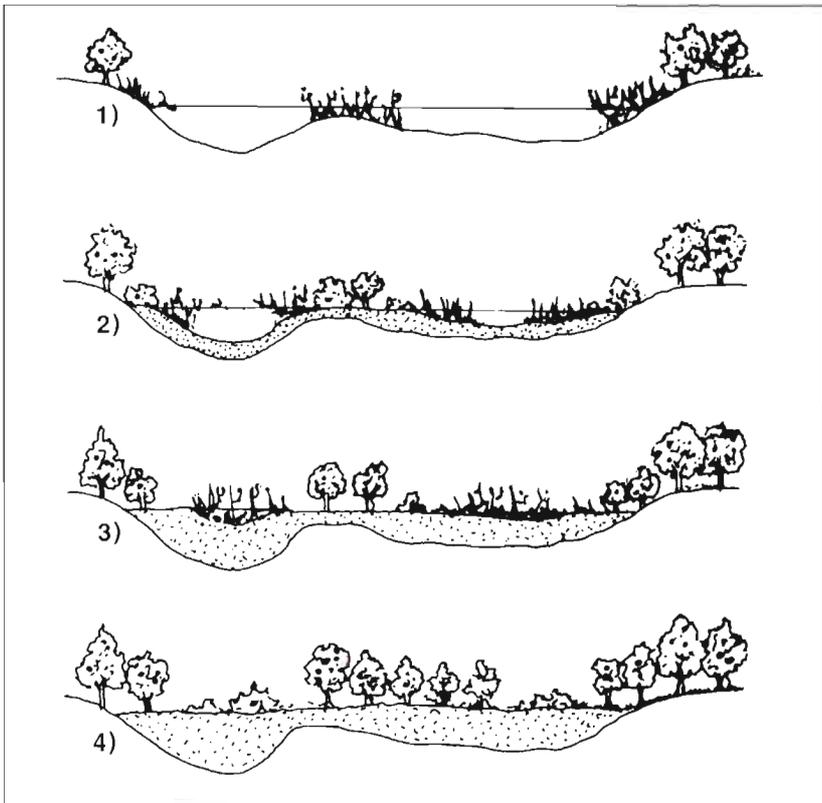


Fig. 13.- Sucesión primaria. Colmatación de una laguna.



el fondo, al mismo tiempo que el viento acarrea arcilla y restos de vegetación desde las tierras limítrofes. La vegetación enraizada en la orilla invade aguas más profundas, y los bordes de la laguna se van reduciendo. Desde la orilla se desprenden balsas de vegetación que se desplazan hacia el interior, donde encallan y enraízan, formando pequeñas islas que van creciendo al fusionarse entre ellas.

Al transformarse el agua libre en terreno pantanoso desaparecen las plantas acuáticas, que son sustituidas por juncos y eneas y, posteriormente, por brezos y arbustos. Cuando el terreno ya se ha secado aparecen los árboles, hasta que finalmente toda el área queda cubierta por un bosque de árboles. Al mismo tiempo que la vegetación experimenta estos cambios, la vida animal se modifica paralelamente.

Sucesión secundaria

Es aquella que se desarrolla cuando un área natural se modifica de tal forma que quedan destruidas muchas especies de la comunidad que lo puebla, apareciendo otras nuevas. Esta situación se produce como consecuencia de desastres naturales (fuego, inundación, tornado, etc) y también a causa de talas y cultivos practicados por el hombre.

Supongamos, por ejemplo, que en un trozo de bosque se pretende cultivar maíz. Para ello hay que cortar todas las plantas y dejar el terreno limpio, con lo cual muchos de los animales que viven allí se marchan a otro sitio. Mientras permanece el cultivo, el paisaje se mantiene casi invariable; pero si algún día el cultivo se abandona, el campo se va cubriendo de hierbas, cada vez más espesas, hasta que aparecen arbustos y árboles de las mismas especies que hay en el bosque que le rodea. A lo largo de este tiempo retornan los animales silvestres que lo poblaron originalmente.

En las sucesiones secundarias se suceden las mismas etapas que en las primarias, pero con mayor rapidez, debido a que las condiciones del medio son más favorables.

En algunos casos de sucesión secundaria se establece una comunidad que es, esencialmente, la misma anterior. Un ejemplo de ello es lo ocurrido en algunas regiones de Estados Unidos. Cuando se instalaron allí los primeros colonos talaron grandes superficies de

bosque, para dedicarlas al cultivo y al aprovechamiento de pastos. Debido a la ausencia de bosque disminuyeron las lluvias, y la tierra dejó de ser tan productiva como al principio. Como consecuencia del establecimiento de nuevas granjas en otras regiones más ricas del país, del desarrollo de centros industriales y del descubrimiento de filones de oro, la gente emigró a otras regiones y dejó las granjas abandonadas.

Los campos abandonados se fueron cubriendo de gramíneas, en donde germinaron con facilidad las semillas de pino arrastradas por el viento desde los bosques próximos. Como el pino es un árbol de crecimiento relativamente rápido, impidió el desarrollo de otras especies de árboles de crecimiento más lento.

En el transcurso de unos cincuenta años los pinos habían alcanzado suficiente desarrollo, por lo que fueron taladas grandes áreas para el aprovechamiento de la madera. En los claros del bosque se empezaron a desarrollar árboles de hoja caduca (roble, haya, arce), que fueron adquiriendo un papel dominante, ya que los plántulos de pino no pueden crecer a la sombra de árboles adultos.

Una vez que desaparecieron los últimos pinos adultos quedó una comunidad de especies de hoja caduca, que es la que había inicialmente. La sucesión secundaria que se originó en los campos abandonados dio lugar a una comunidad transitoria de pinos, hasta que se restauró el bosque caducifolio típico de la región (fig. 14).

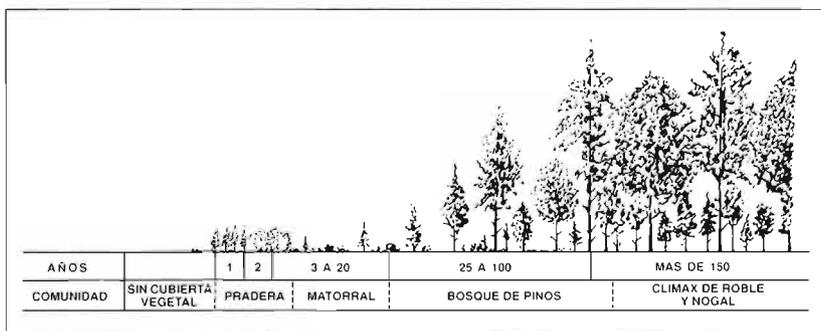


Fig. 14.- Ejemplo de sucesión secundaria en un campo agrícola de EEUU de América. La vegetación natural conduce a una situación de comunidades cada vez más diversas y con más biomasa, hasta llegar a una situación climática de bosque caducifolio de robles y nogales blancos (Woodwell).



La comunidad en el estado de climax continúa en su área hasta que algún cambio extraordinario del medio origina una destrucción total o parcial o un desplazamiento de la comunidad. Una destrucción total puede ser originada por una erupción volcánica o por una erosión intensa. El incendio suele determinar una destrucción más o menos importante, pero no total. Cuando un incendio quema un trozo de bosque, al cabo de poco tiempo el trozo quemado se invade progresivamente de plantas y animales, hasta que pasado el tiempo se regenera el bosque primitivo. La regeneración tardará más o menos tiempo, según la magnitud del incendio. Las talas abusivas o el ataque de parásitos pueden originar un desplazamiento de la especie dominante.

La recuperación de la comunidad climax depende de la magnitud de la transformación que haya sufrido. Si la transformación es muy intensa puede no haber recuperación. En muchos casos las consecuencias de la actuación humana son irreversibles, como es el caso de muchos suelos erosionados en donde la roca ha quedado a descubierto.

Los grandes ecosistemas terrestres. Biomas.

Un *bioma* es una unidad biológica que ocupa grandes áreas de la superficie terrestre y que presenta una cierta homogeneidad, debida a adaptaciones concretas a condiciones climáticas definidas.

Los biomas terrestres están estrechamente relacionados con las grandes áreas climáticas. Mientras que la temperatura decrece del ecuador a los polos, la precipitación depende, fundamentalmente, de la distribución de los vientos y de la continentalidad. A grandes rasgos, y como consecuencia de la circulación general atmosférica, en cada hemisferio se pueden considerar las siguientes zonas, según se baja de latitud desde los polos hacia el ecuador:

- Una zona seca que rodea a los polos
- Una zona húmeda en la región templada
- Una zona seca en las latitudes subtropicales
- Una zona húmeda cercana al ecuador

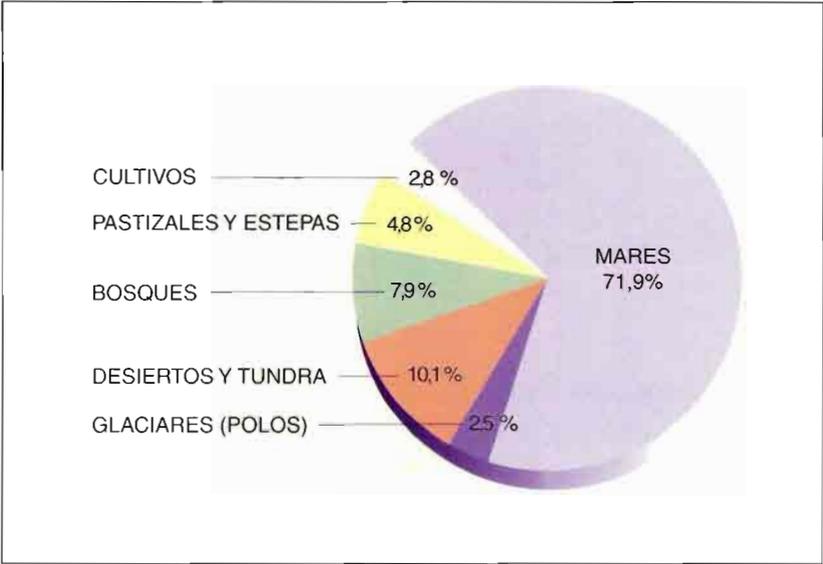


Fig. 15.- Distribución de la superficie terrestre entre los distintos biomas.

Los principales biomas terrestres son: la tundra, la taiga, el bosque caducifolio, la pradera, el bosque mediterráneo, la selva ecuatorial y el desierto.

La tundra

Está comprendida entre los 70° de latitud norte y la región de los hielos polares. En el hemisferio sur no hay tierras emergidas a esas latitudes.

La tundra está sujeta a ciclos continuos de heladas invernales y deshielos en verano. La capa inferior del suelo se encuentra helada permanentemente, por lo que el crecimiento de las raíces está limitado a unos pocos centímetros. La vegetación característica está constituida por musgos y líquenes. Durante el deshielo crecen plantas anuales, tomando la tundra el aspecto de un inmenso prado con infinidad de charcas someras en donde surgen grandes poblaciones de insectos. Entre los vertebrados destacan los herbívoros, como el le-

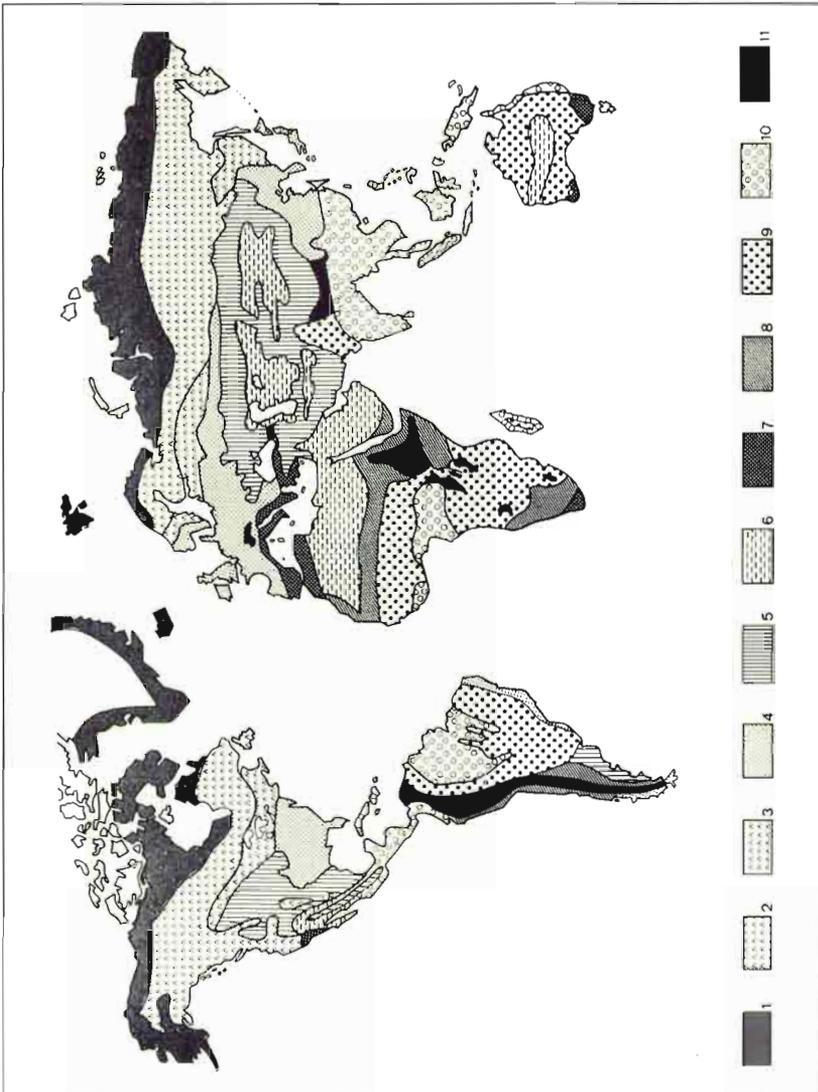


Fig. 16.- La distribución de los grandes biomas: 1) Tundra. 2) Bosque boreal de coníferas. 3) Bosque mixto de frondosas y coníferas. 4) Bosques caducifolios templados. 5) Estepas. 6) Desiertos. 7) Bosques esclerófilos mediterráneos. 8) Semidesiertos. 9) Sabanas y bosques abiertos caducifolios tropicales. 10) Bosques umbrófilos tropicales. 11) Ecosistemas de montaña (zonación compleja). (F. Ramade).

ming, la liebre ártica y el alce, y sus depredadores, como el lince, el zorro ártico y el buho nival.

La taiga o bosque perennifolio

Ocupa las áreas comprendidas entre los 60º y el límite de la tundra. La vegetación está constituida por bosques boreales de coníferas (pino, abeto, cedro) provistas de hojas perennes de forma acicular, adaptadas a resistir las bajas temperaturas invernales. El sotobosque lo forman algunos arbustos, como el brezo y el arándano. El suelo está siempre cubierto de una capa de hojas sujeta a un lento proceso de descomposición. Las masas boscosas, muy tupidas, están separadas por pequeños lagos o zonas húmedas donde abundan las turberas.

Entre los animales destacan: el alce, la ardilla, el puercoespín, pájaros variados y algunos reptiles. Existen movimientos migratorios con trasvase estacional entre la tundra y la taiga.

Tanto las plantas como los animales son muy abundantes en cuanto a número de individuos, pero con poca diversidad.

El bosque caducifolio

Es un bosque típico de latitudes medias de regiones templadas y clima oceánico, con veranos cálidos, inviernos moderadamente fríos y precipitaciones abundantes. Las especies más frecuentes son: roble, haya, castaño, arce, tilo, álamo, nogal. En invierno pierden las hojas, que forman un grueso tapiz sobre el suelo, rico en humus. Al llegar la primavera el suelo se cubre de hierbas, que desaparecen cuando el follaje de los árboles impide a la luz llegar hasta el suelo. Muchos de estos bosques han sido eliminados para cultivar la tierra.

El aspecto que presenta el bosque es completamente diferente en invierno (pobre de recursos) o en verano (muy rico en nutrientes para los animales). Por tanto, la fauna que habita en él ha de estar adaptada para almacenar reservas en la época de abundancia - ya sea en su cuerpo, ya sea en escondrijos - para sobrevivir en la época de escasez. Entre esta fauna cabe destacar: ardilla, zorro, lobo, venado, oso. Abundan los anfibios, los reptiles y los insectos.



La pradera

Las praderas naturales se asientan en zonas intermedias entre el bosque y el desierto. Ocupan regiones amplias del interior de los continentes. Se caracterizan por un estrato herbáceo dominante, y puede haber algunos arbustos y árboles dispersos. En el suelo se acumula una gruesa capa de materia orgánica, que da lugar a una gran cantidad de humus. Al igual que el bosque caducifolio, la pradera ha sido sustituida a menudo por tierras de cultivo.

La *estepa* se sitúa en latitudes similares a las del bosque caducifolio, pero con el clima más extremado (continental), con veranos secos y calurosos e inviernos fríos. Está formada fundamentalmente por gramíneas y hierba de gran tamaño.

La *sabana* ocupa zonas intertropicales con temperaturas cálidas durante todo el año, una estación lluviosa corta y otra seca mucho más amplia. La hierba alcanza, a veces, alturas de dos o tres metros. Esta pradera se caracteriza por tener bastantes árboles aislados.

La fauna es muy rica en mamíferos herbívoros de pequeño y gran tamaño y sus depredadores naturales.

El bosque mediterráneo

Se asienta en regiones templadas con inviernos suaves, veranos calurosos y baja pluviosidad. Ocupa áreas que bordean el mar Mediterráneo y otras partes del mundo que tienen unas condiciones climáticas semejantes (costa de California, sur de Australia y Sudáfrica).

El bosque mediterráneo está formado por tres estratos típicos: arbóreo, arbustivo y herbáceo. El estrato arbóreo está constituido fundamentalmente por la encina, aunque también puede haber pinos y algunos árboles de hoja caduca. El estrato arbustivo forma un espeso sotobosque de arbustos altos (madroño, lentisco, viburno, brezo) y bajos (jara, rusco). El estrato herbáceo es escaso, sobre todo en los sitios donde llega poca luz al suelo.

La fauna está compuesta, fundamentalmente, por reptiles (lagartijas, serpientes), roedores (conejo, liebre, ratón), jabalí, zorro, tejón, etc.

La selva tropical o ecuatorial

Esta selva ocupa regiones cercanas al ecuador, con abundante pluviosidad y temperaturas elevadas durante todo el año. La arboleda es densa, de muy variadas especies y de altura considerable, en cuyas ramas abundan las plantas epifitas. El follaje es muy espeso, por lo que la luz no llega al suelo y no hay, por tanto, estrato herbáceo dentro de la selva. En los claros del bosque crece hierba muy alta. La descomposición de hojas, ramas y demás restos orgánicos que se acumulan en el suelo es muy rápida, debido a la gran abundancia de hongos y bacterias.

La fauna es muy diversa, con numerosas especies de mamíferos (mono, tapir, perezoso, jaguar) y un conglomerado inmenso de aves, reptiles, insectos, arácnidos, etc. Como característica común de muchas de ellas cabe destacar su adaptación a la vida arborícola. En cuanto a diversidad, la flora y la fauna de la selva ecuatorial no tienen rival.

El desierto

El desierto ocupa áreas con una precipitación muy escasa y grandes fluctuaciones de temperatura del día a la noche. La escasa vegetación se caracteriza por su extraordinaria capacidad para retener el



Fig. 17.- Correlación entre la distribución en altitud y latitud de los biomas (Walcott).



agua o porque pasan una gran parte de su vida en forma de semilla, que brota fugazmente después de la lluvia. Las plantas están adaptadas para reducir al mínimo las pérdidas de agua (reducción de la superficie foliar, cierre de estomas, etc). Las raíces son profundas y pueden resistir largos períodos de inactividad, para reactivarse cuando llueve.

Entre las plantas del desierto abundan las cactáceas y las crasuláceas. La fauna también está adaptada para retener el agua en el cuerpo. Está compuesta, principalmente, por reptiles, insectos, arácnidos y ciempiés. Los descomponedores (hongos y bacterias) son muy escasos, debido a la falta de humedad

GLOSARIO

Abiótico: Elemento no vivo del ambiente.

Alelopatía: Interacción entre dos especies, en donde una de ellas inhibe o tiene algún efecto negativo sobre la otra.

Ambiente: Conjunto de aquellas circunstancias que rodean al ser vivo y con los cuales se halla en continua relación.

Autótrofo: Organismo que es capaz de sintetizar su propio alimento.

Biocenosis: Comunidad.

Bioma: Unidad biológica que ocupa grandes áreas de la superficie terrestre y que presenta una cierta homogeneidad.

Biomasa: Cantidad de materia viva que hay por unidad de superficie o de volumen en un ecosistema.

Biosfera: Espacio de nuestro planeta ocupado por los seres vivos.

Biótico: Elemento vivo del ambiente.

Biotopo: Medio físico en donde se asientan los organismos de un ecosistema.

Cadena trófica: Serie de organismos relacionados sucesivamente por la alimentación.

Clímax: Última etapa en la sucesión ecológica, en donde se alcanza el máximo grado de estabilidad.

Comensal: Individuo que obtiene beneficio en el comensalismo.

Comensalismo: Asociación entre dos miembros de distinta especie, en donde sólo uno de ellos resulta beneficiado y ninguno perjudicado.

Competencia: Interacción entre dos especies o entre individuos de la misma especie, en donde unos tienen algún efecto negativo sobre otros.

Comunidad: Entidad formada por poblaciones de varias especies que habitan en un área determinada y se relacionan entre sí y con el medio físico.

Consumidor: Organismo que aprovecha la materia orgánica de los productores.

Contaminación: Acción y efecto de añadir elementos indeseables a un ecosistema.

Densidad de población: Número de individuos por unidad de espacio.

Depredación: Interacción entre dos especies, que es positiva para una de ellas y negativa para la otra.

Depredador: Animal que devora a otros animales.

Descomponedor: Organismo que aprovecha los restos animales y vegetales, descomponiendo la materia orgánica en inorgánica.

Ecología: Ciencia que estudia los seres vivos en su ambiente y las relaciones que mantienen entre ellos y con el medio donde viven.

Ecosistema: Conjunto formado por los seres vivos de una comunidad y el espacio físico donde viven y se relacionan recíprocamente.

Ecotono: Zona de transición entre comunidades.

Ectoparasitismo: Forma de parasitismo en donde el parásito se encuentra en el exterior del hospedador.

Elemento biogénico: Elemento esencial para la vida.

Emigración: Los individuos de una población salen hacia fuera del punto de origen sin intención de volver.

Endoparasitismo: Forma de parasitismo en donde el parásito se encuentra en el interior del hospedador.

Equilibrio biológico: Tendencia de las comunidades a permanecer estables, sin que varíen sustancialmente ni las especies ni el número de individuos de cada especie.

Erosión: Consiste en extraer elementos deseables de un ecosistema.

Especie: Grupo de seres vivos de características semejantes que son capaces de reproducirse y dar descendencia fértil.

Fitoplancton: Plancton vegetal.

Gregarismo: Tendencia que muestran algunas especies de animales a formar grupos.



Habitat: Entorno en donde vive una especie.

Heterótrofo: Organismo que no es capaz de sintetizar su propio alimento.

Hospedador: Individuo que resulta perjudicado en el parasitismo.

Huésped: Individuo que no resulta beneficiado ni perjudicado en el comensalismo.

Inmigración: Llegada de individuos procedentes de otras zonas, que se establecen en el nuevo lugar.

Medio: Materia que rodea al ser vivo y con la cual mantiene intercambios.

Migración: Viajes de ida y vuelta que emprenden los individuos de algunas poblaciones en determinadas épocas.

Mutualismo: Relación recíproca entre dos organismos de distinta especie, mediante la cual ambos resultan beneficiados.

Nicho ecológico: Función que cada especie desempeña mediante la cual se procura el sustento.

Parasitismo: Interacción entre dos especies, que resulta positiva para una de ellas y negativa para la otra.

Parásito: Individuo que vive a expensas de otro causándole daño.

Plaga: Especie oportunista capaz de reproducirse exponencialmente cuando se rompe el control interno del ecosistema.

Plancton: Conjunto de organismos vegetales y animales, desprovistos de medios de locomoción, que viven a la deriva en las aguas superficiales.

Población: Conjunto de individuos de la misma especie que viven en un área determinada y están ligados a un mismo ambiente.

Presa: Animal que es devorado por otros.

Productor: Organismo que es capaz de captar y aprovechar la energía solar.

Residuo: Materias o formas de energía que quedan en el ambiente como resultado de procesos de producción, consumo, metabólico, etc.

Sucesión ecológica: Sucesión de comunidades que se establecen a lo largo del tiempo en un ecosistema.

Sustrato: Superficie sobre la cual vive un organismo.

Vertido: Emisión o introducción de materias o formas de energía en el agua, aire o suelo, provocando su contaminación o degradación.

Zooplancton: Plancton animal.

BIBLIOGRAFIA CONSULTADA

- R. MARGALEF. *Ecología*. Ed. Planeta.
- E. P. ODUM. *Ecología. Bases científicas para un nuevo paradigma*. Ed. Vendrá.
- E. J. KORMONDI. *Conceptos de ecología*. Alianza Editorial.
- F. RAMADE. *Elementos de ecología aplicada*. Ed. Mundi-Prensa.
- F. PÉREZ GARCIA, C. PÉREZ RUIZ, C. GÓMEZ CAMPO. *Principios de ecología*. Ed. E.T.S. Ingenieros Agrónomos de Madrid.
- G. L. CLARKE. *Elementos de ecología*. Ed. Omega.
- F. ARANA. *Ecología para principiantes*. Ed. Trillas.
- C. WAGNER. *Entender la ecología*. Ed. Plaza Janés.
- M. A. GARCIA LUCAS. *Atlas de ecología*. Ed. Edibook.



MINISTERIO DE AGRICULTURA PESCA Y ALIMENTACION

SECRETARIA GENERAL TECNICA
CENTRO DE PUBLICACIONES

Paseo de Infanta Isabel, 1 - 28014 Madrid