a. puerto martín

7

TEMAS DE DIVULGACION

conceptos de ECOLOGIA

85

I.O.A.T.O.-EXCMA. DIPUTACION PROVINCIAL
SALAMANCA

Ref. 12.985 180107 CB: 448305

A. PUERTO MARTIN

CONSEJO SUPERIOR DE INVESTIGACIONES CIENTIFICAS
Instituto de Recursos Naturales y Agrobiología
CSIC
BIBLIOTECA
SALAMANCA

CONCEPTOS DE ECOLOGIA

TEMAS DE DIVULGACION

I.O.A.T.O.-CENTRO DE EDAFOLOGIA Y BIOLOGIA APLICADA
EXCMA. DIPUTACION PROVINCIAL

SALAMANCA
1 9 8 2

INTRODUCCION

La ecología es una ciencia de pretensiones poco modestas: *trata de comprender las relaciones que mantienen los organismos entre sí y con el ambiente físico, dentro del marco real de la naturaleza.* El panorama, de por sí abrumador, ha sido fácil motivo de distorsiones ante la preocupación de buena parte de la sociedad por los problemas ambientales, de manera que las responsabilidades atribuidas al ecólogo, como los panes bíblicos, se han multiplicado.

Con todo, no se pasaría de lo anecdótico, si no fuera porque la sensibilización se ha aprovechado para una *creciente manipulación* de la palabra ecología con fines demagógicos, o en un contexto trivial o decorativo. Las épocas de elecciones se caracterizan por una gran virulencia ecológica, los informes ecológicos de algunas empresas se mueven entre la justificación y el trámite, e incluso podemos tener la suerte de entrar en el mundo gracias a un parto ecológico. Se corre el peligro de que a la ecología se la tome con cierta displicencia, tanto más cuanto que la preocupación oficial parece dirigirse con preferencia hacia los caminos burocráticos en vez de hacia los científicos.

La sensibilización, unida a un determinado nivel de formación, o al menos de ilustración, adquiere carácter activista en el ecologismo. Su enfoque, por lo común, se reduce a temas de fuerte base polémica, y no está exento de un cierto idealismo conservacionista. La contaminación, más en su faceta crónica que en la de los espectaculares accidentes localizados, es sin duda un problema grave, pero a nivel de toda la humanidad queda disminuido por otros, como el de la energía y el de la alimentación. En este campo, la *misión de informar con imparcialidad es la única posible,* ya que en cuestiones electivas, en las que se combinan pros y contras, ni el voto del ecólogo, ni el del ecologista, tiene más valor que el de cualquier ciudadano. Debemos evitar el complejo de guarda jurado.

En la base de la mayoría de estos grandes problemas relacionados con el hombre, se encuentran el *crecimiento demográfico* y el *aumento del consumo de energía por individuo*. No deja de ser triste constatar que, en muchos países, sólo los paisajes más inhóspitos han mantenido rasgos de pureza; marismas y zonas de alta montaña resultan ser hoy día reservas habituales en los esfuerzos de conservación de la naturaleza; en lo referente a las especies, puede decirse que todas han resultado afectadas en mayor o menor medida. Con todo, las repercusiones también alcanzan una dimensión más directa, como en la explotación de unos grupos humanos por otros. El principio denominado de San Marcos (o de San Mateo) viene a decirnos que los sistemas más desarrollados explotan a los más sencillos; designado así por la conocida cita: «porque al que tiene, se le dará; y al que no tiene, aun lo que tiene se le quitará», en su aplicación ecológica al hombre alcanza dimensiones poco evangélicas.

En las páginas que siguen se pretende dar una idea, quizá algo academicista, de algunos de los principales temas ecológicos. Por razones de espacio casi nos hemos limitado a enunciarlos, aunque lo importante es fijar un punto de partida para la reflexión. La misma ecología necesita de esta reflexión, ya que a la tendencia teórica, plagada de complejos aunque débiles modelos matemáticos, se contrapone una línea práctica que a veces no pasa de cosas tales como el dibujo de mapas. Entre ambos polos, debe haber un camino más efectivo en el encauzamiento y resolución de tantos problemas como tenemos planteados. Hay que ser moderadamente optimistas, porque problemas han existido siempre, y el hombre viene resolviéndolos desde mucho antes de que se hablara de ecología, de ecólogos y de ecologistas.

1. POBLACIONES, BIOCENOSIS Y ECOSISTEMAS

La ecología, en su acepción más pura, puede definirse como la ciencia que estudia los ecosistemas. Sin embargo, el trabajo del ecólogo establece límites más amplios, incluyendo también a poblaciones y biocenosis, que suponen niveles de organización intermedios entre el inidividuo y el ecosistema (fig. 1).

La *población* está constituida por el conjunto de individuos de la misma especie que mantienen un alto grado de conexión entre sí, tanto en el espacio como en el tiempo. El término *biocenosis* se refiere al conjunto de todas las poblaciones que habitan en un lugar determinado. En la práctica es muy difícil esta consideración total, por lo que los trabajos realizados suelen referirse a un número restringido de poblaciones (sólo animales, o invertebrados, o insectos, etc.); entonces se aplica la denominación de *comunidad,* que es mucho más flexible y admite especificaciones (comunidad animal, o de invertebrados, o de insectos, etc.).

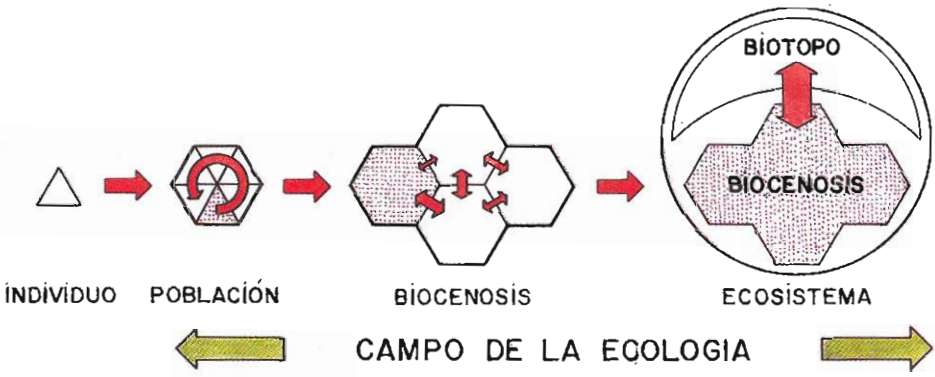

FIG. 1. *Poblaciones, biocenosis y ecosistemas constituyen el marco de referencia para las interacciones ecológicas.*

El concepto de *ecosistema* no difiere del más general de sistema, en el que se incluye. Los *sistemas* son conjuntos formados por elementos interaccionantes, lo que les confiere una serie de propiedades funcionales. En los sistemas ecológicos o ecosistemas parte de estos elementos son de naturaleza *biótica* (animales, vegetales y microorganismos); su totalidad constituye la *biocenosis,* a la que nos acabamos de referir. La otra parte está integrada por *factores abióticos* (climáticos, edáficos, geomorfológicos, etc.), a cuyo conjunto se puede denominar *biotopo*.

> Por tanto, el *ecosistema (biocenosis + biotopo)* es la entidad formada por todos los seres vivos y factores del ambiente físico circunscritos a una cierta localización, que al interactuar profusamente entre sí originan una cierta integridad y estabilidad funcional.

La *estabilidad funcional del ecosistema* puede ser transitoria, caso de una charca temporal, y en la *integridad* tampoco se puede ser muy estricto, ya que, por una parte, los límites del ecosistema ni están fijados de antemano ni suelen ser muy precisos, y, por otra, los ecosistemas son sistemas abiertos.

Respecto a la primera de estas dos últimas afirmaciones, no conviene olvidar que el ecosistema, aunque responde a una realidad tangible, supone una abstracción en cuanto que es el ecólogo quien fija su tamaño y límites. La Tierra, en su conjunto, conforma un gigantesco ecosistema o *ecosfera,* susceptible de ser dividido en ecosistemas más pequeños, y éstos a su vez en otros de menor entidad. Por ejemplo, dentro de un ecosistema de bosque, si se requiere mayor precisión, no hay inconveniente en considerar también como ecosistemas espacios más restringidos que destaquen por alguna peculiaridad (potencia edáfica, altitud, pendiente, etc.). Por otra parte, si bien las actividades humanas tienden a crear límites muy precisos debido a los distintos usos del suelo, lo que le da al paisaje el aspecto de un mosaico, los cambios no son siempre tan bruscos, existiendo zonas de transición *(zonas de ecotonía)* entre un ecosistema y los contiguos.

> *Los ecosistemas son sistemas abiertos.* El mismo modelo inclusivo de unos ecosistemas en otros mayores es indicador de que el ecosistema no puede ser cerrado, sino que mantiene un intercambio de materia y de energía con otros ecosistemas; por ejemplo, el ecosistema formado por un lago resulta abierto respecto a su cuenca, e incluso respecto a procesos que pueden tener su origen en lugares muy alejados (actividades humanas). El intercambio puede ser fuertemente *asimétrico,* es decir, un ecosistema gana y el otro pierde, lo que permite distinguir entre sistemas explotadores y explotados.

El fondo marino (bentos) constituye un sistema explotador típico. Al no llegar la suficiente luz como para que existan organismos fotosintéticos, su funcionamiento depende de los vegetales planctónicos (fitoplacton), que flotan en la capa de agua superficial (sistema planctónico). Los organismos del fitoplancton, o sus restos, caen al fondo en función de la gravedad, e igual ocurre con los animales que se alimentan de ellos; hay que añadir el transporte más activo llevado a cabo por animales que comen arriba y defecan más abajo. *El resultado es una auténtica lluvia orgánica sobre el fondo,* mediante la cual el sistema planctónico se empobrece en elementos nutritivos; es explotado, pero de una forma peculiar, ya que el concepto de explotación en ecología no implica necesariamente que se ejerzan acciones de fuerza.

El ejemplo nos permite llegar también a otra conclusión:

> El ecosistema no puede estudiarse únicamente desde dentro, como algo aislado, sino *integrado dentro de un complejo más amplio,* el cual puede explicar propiedades que no son atribuibles, o no son atribuibles por entero, a su funcionamiento interno. A veces, cuando la dependencia es manifiesta, caso del bentos respecto al plancton, se prefiere la denominación de subsistemas para las partes implicadas.

2. FLUJO DE ENERGIA Y CIRCULACION DE LA MATERIA

La vida de los organismos y el funcionamiento de los ecosistemas requieren de un aporte continuado de energía. El Sol la proporciona en la forma de radiaciones electromagnéticas de distintas longitudes de onda. Básicamente, las menores longitudes de onda (*ultravioleta*) están dotadas de mucha energía, lo que las hace perniciosas para la vida; las longitudes de onda larga (*infrarrojo*) tienen efectos de tipo general y poco preciso en los organismos, al manifestarse como energía calorífica; las longitudes de onda comprendidas entre las dos anteriores (*luz visible*) son las apropiadas para desencadenar mecanismos capaces de acumular la energía que llevan asociada como energía química, es decir, en la forma de compuestos orgánicos.

A su paso por la atmósfera, la radiación se atenúa de manera progresiva mediante los fenómenos de reflexión, dispersión y absorción, aunque unas longitudes de onda resultan más afectadas y otras menos. Por ejemplo, el oxígeno absorbe radiación ultravioleta de corta longitud de onda, convirtiéndose en ozono, el cual a su vez absorbe radiación ultravioleta de longitud de onda algo superior.

> La aparición de los primeros organismos productores de oxígeno permitió, aparte de la *aerobiosis* (respiración de oxígeno), que *la vida pudiera salir de los medios acuáticos*, donde ya gozaba de una cierta protección, para colonizar los ambientes terrestres.

Como es lógico, no toda la energía que atraviesa la atmósfera es absorbida por los vegetales dotados de pigmentos fotosintéticos, sino aproximadamente la mitad (luz visible, en su mayor parte), siempre que las condiciones sean favorables. De esta mitad absorbida, las pérdidas en forma de calor son cuantiosas, de manera que su paso a energía química por medio de la *fotosíntesis* viene a ser inferior al 1 %, o al 0.1 % si se establece un cómputo general a partir de la energía que llega a las capas altas de la atmósfera (fig. 2).

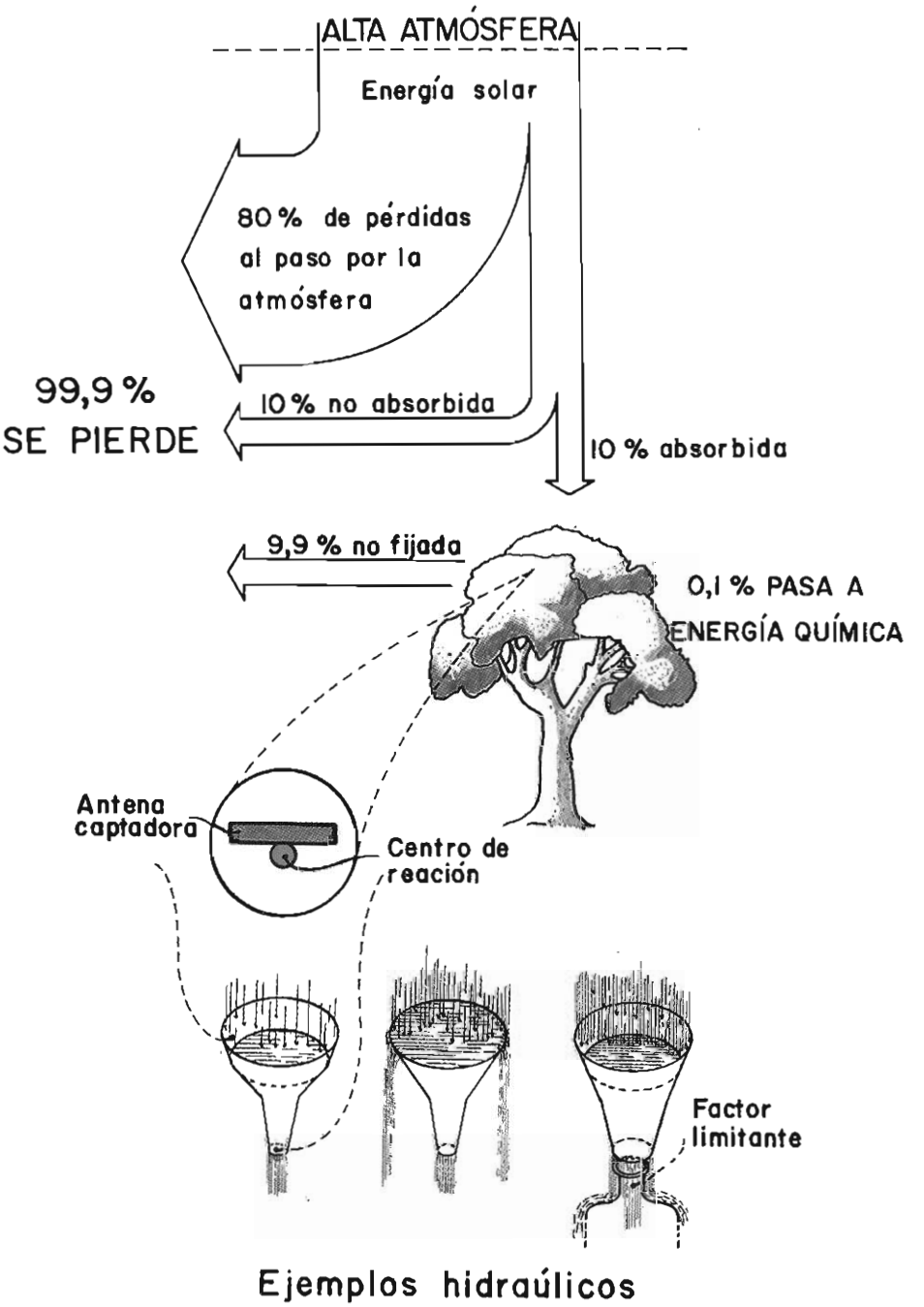

FIG. 2. *Paso de la energía electromagnética solar a energía química, y modelos hidráulicos para ilustrar una de las limitaciones de la fotosíntesis.*

La fuerte limitación a la fotosíntesis tiene uno de sus fundamentos en que las moléculas captadoras de energía, como las *clorofilas,* operan en grupos, que sirven de antenas a un solo centro de conversión. El sistema, válido para intensidades luminosas bajas, se satura con facilidad para las elevadas. De forma gráfica, puede compararse a un embudo (fig. 2); su parte ancha (antena captadora) posibilita recoger cantidades apreciables de agua; si vertemos poca agua, la parte estrecha (centro de conversión) permite que vaya fluyendo sin que se derrame, pero un vertido superior llena el embudo y lo desborda.

> Parece claro que, en la evolución, la existencia de determinados *factores limitantes* (temperatura, agua, nutrientes, etc.) ha condicionado la baja eficiencia de la fotosíntesis; de nada vale una eficiencia alta si otras causas impiden sacar provecho de ella; volviendo a la analogía del embudo, de nada valdría ampliar su parte estrecha si se trata de llenar un recipiente de boca angosta.

No obstante, *las relaciones energéticas no se limitan a las estrictamente tróficas.* Baste recordar las enormes repercusiones que tiene la energía solar por medio de la circulación de atmófera e hidrosfera. Gracias a ella se crea, en términos relativos, una distribución uniforme del calor; de no ser así, un ecuador sobrecalentado y unas latitudes altas excesivamente frías constituirían situaciones incompatibles con la vida.

La secuencia de especies en la que cada una se alimenta de la precedente y sirve de alimento a la siguiente, se denomina cadena trófica. En realidad se trata de una abstracción exagerada, porque en la naturaleza las situaciones raramente son tan lineales, alimentándose una especie de varias y siendo, a su vez, fuente de nutrición para más de una; esto supone un entramado más o menos complejo que recibe el nombre de *red trófica* (fig. 3), aunque desde un punto de vista descriptivo puede ser conveniente referirse a las cadenas. *Los organismos que comparten la misma fuente general de nutrición dentro de la red trófica constituyen un nivel trófico.* Estos niveles son fundamentalmente cuatro:

Productores (autótrofos).
Consumidores primarios (herbívoros).
Consumidores secundarios (carnívoros, subdivisibles en distintos órdenes).
Descomponedores o desintegradores (microorganismos que se alimentan de la materia orgánica muerta procedente de los otros tres niveles tróficos).

A su paso por una cadena trófica (o por los distintos niveles de un ecosistema) la energía, que no se destruye, se va degradando hasta transformarse por completo en calor (longitud de onda muy larga). En este estado ya no es recuperable por los organismos, que precisan energía apropiada para el nivel miniaturizado en que se desarrollan los procesos vitales (radiación de onda relativamente corta o bien la energía química de los enlaces orgánicos).

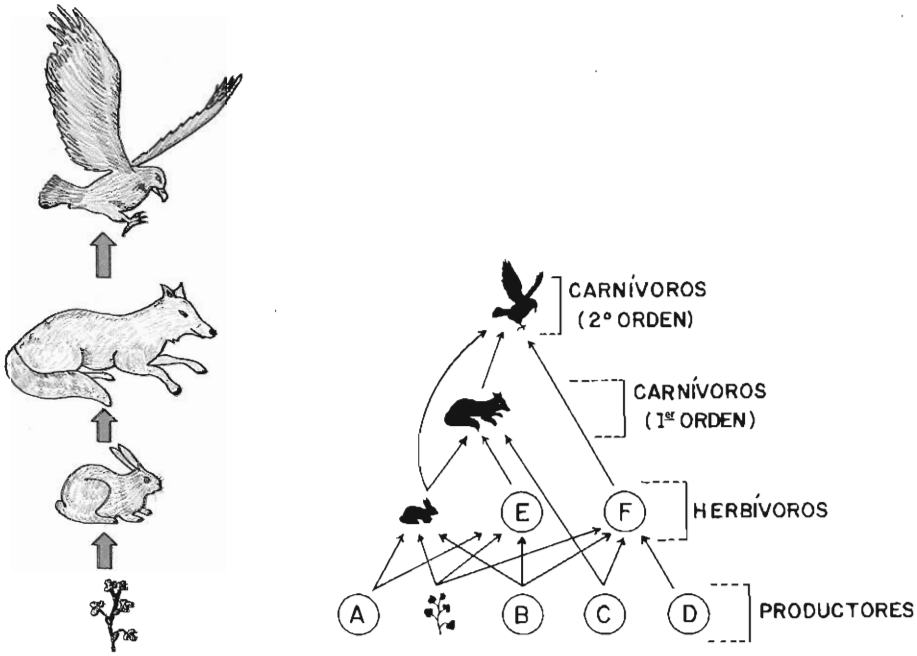

FIG. 3. *Cadena trófica y su integración en una red trófica (se prescinde de los descomponedores). Las letras en círculos indican otras especies.*

Por tanto, *la energía fluye,* mientras que la materia, a nivel de átomo, mantiene constantemente posibilidades de organización. Su salida de la cadena trófica significa un tiempo más o menos

prolongado de permanencia en el medio, pero siempre puede retornar a un organismo. En términos globales, se habla del *ciclo de la materia* y, de forma más particular, de los *ciclos de los distintos elementos minerales*. En la figura 4 se representan muy esquematizadas estas ideas.

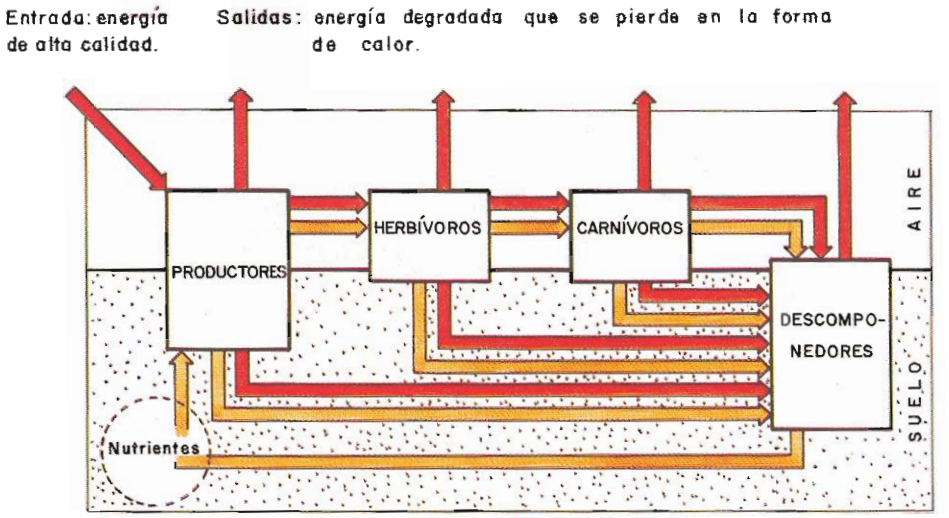

FIG. 4. *Esquema de compartimientos, sin tener en cuenta cantidades, en un ecosistema terrestre. La energía (flechas rojas) fluye, ya que cuando ha pasado uno de los compartimientos (plantas, herbívoros, etc.) nunca retorna a él. La materia (flechas en castaño) circula, aunque puede pasar a otros ecosistemas.*

3. LA PRODUCCION PRIMARIA

La producción primaria de un ecosistema es la cantidad de sustancias orgánicas sintetizadas por los autótrofos en un tiempo determinado. Por tanto, no debe confundirse con el material vegetal ya existente al empezar a contar este tiempo, es decir, con la *biomasa* permanente de la comunidad.

Como se indica en la figura 5, se distingue una *producción primaria bruta* (Pb), que es el total de lo sintetizado (la energía fijada mencionada en el apartado anterior), y una *producción primaria neta* (Pn), que es lo que queda una vez se descuenta lo respirado: Pn = Pb — R. La producción neta puede:

- Acumularse como biomasa.
- Ser utilizada por los herbívoros.
- Pasar, en la forma de materia orgánica muerta (por ejemplo, hojas de los árboles), a ser objeto de transformación por detritívoros y microorganismos descomponedores.
- Ser exportada a otros ecosistemas.

Los ecosistemas más desarrollados y complejos (como los bosques, en particular de zonas tropicales) tienen una *producción bruta* muy elevada. No obstante, la respiración es intensa, de manera que lo que queda (Pn) es comparativamente poco.

Además, la *producción neta* no supone un aumento de la biomasa, ya que es consumida y respirada por los *organismos heterótrofos* del ecosistema; dado que la mayoría de lo que se produce en el ecosistema se invierte en su mantenimiento, en ecología se dice que constituyen estados de alta eficiencia. Sin embargo, esto es todo lo contrario a la eficiencia entendida en sentido humano, que equivale a rendimiento, es decir, al remanente que queda después del consumo por los organismos «no rentables» de la

comunidad; el hombre trata de hacer máxima la producción neta, sin que aumente mucho la respiración, cosa que consigue por medio de ecosistemas simplificados (cultivos y, en menor grado, pastizales).

Conservar dichos ecosistemas frente a la tendencia natural a la complejidad (véase el apartado del ecosistema en el tiempo) tiene un precio, que se paga en la forma de los subsidios de energía (importados) exigidos por la roturación, fertilización, irrigación, etc. Como es lógico, también se está pagando lo respirado, y de aquí que, como se acaba de indicar, no interese un incremento excesivo de la respiración comparado con el que experimenta la producción neta.

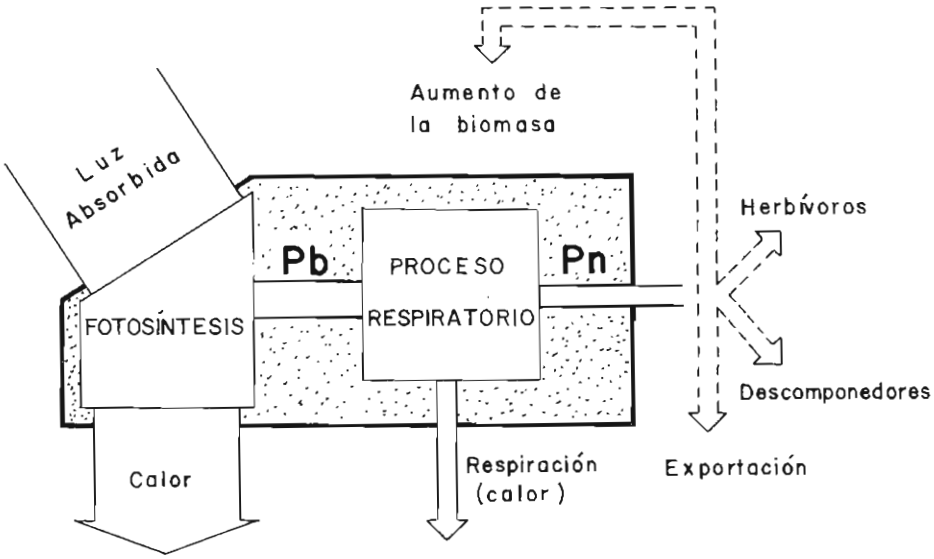

FIG. 5. *Producción primaria bruta (Pb) y producción primaria neta (Pn).*

En la figura 6 se presenta un esquema que hace fácilmente comprensibles estas ideas.

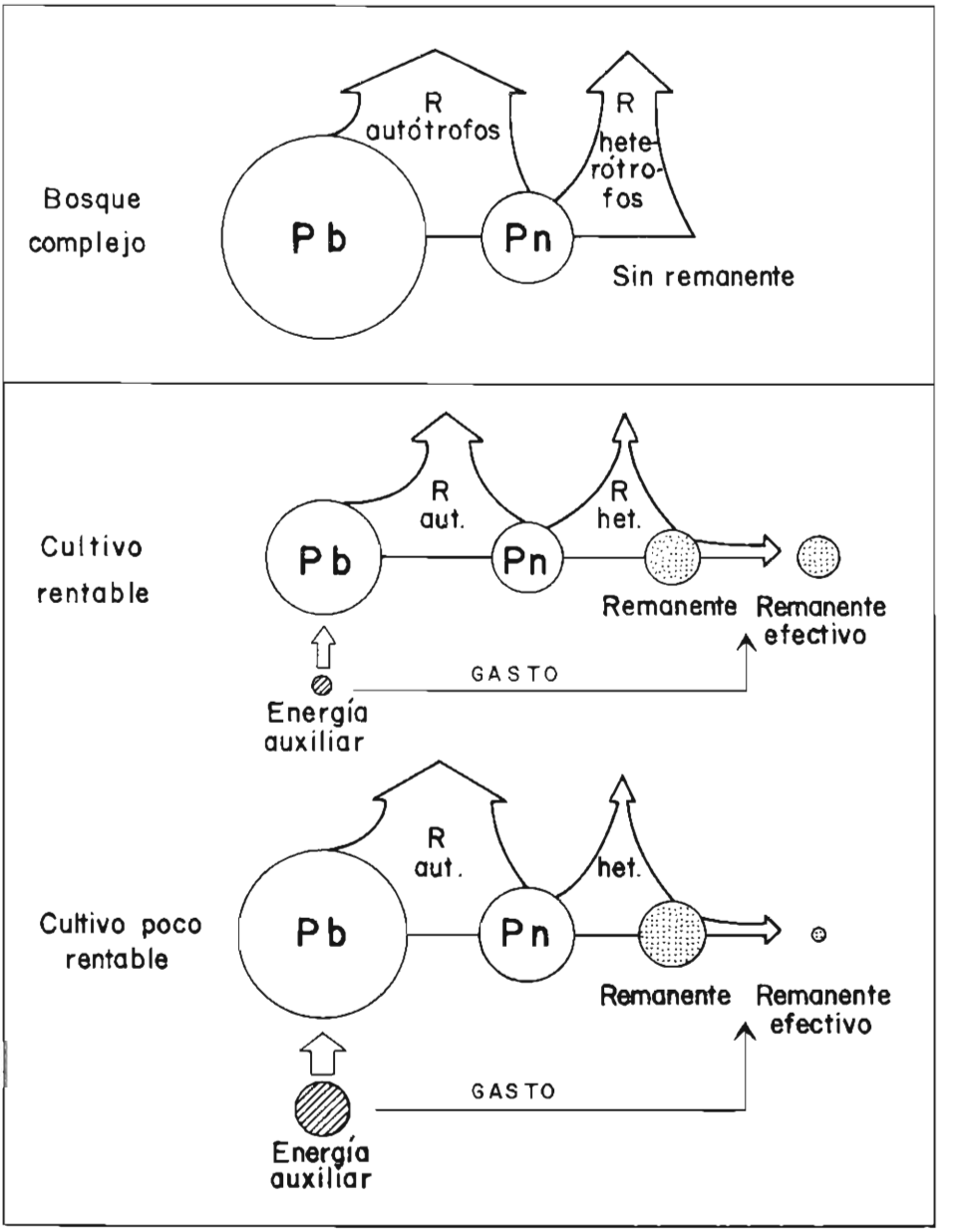

FIG. 6. *Los ecosistemas complejos no proporcionan remanentes energéticos; aunque su producción neta pueda ser alta, es respirada por los organismos heterótrofos. En el cultivo poco rentable, el empleo de mucha energía auxiliar hace aumentar la producción neta, pero comparativamente más la respiración de los autótrofos. En consecuencia, el remanente efectivo es muy pequeño.*

Si se extrae producción neta de un bosque, por ejemplo, recogiendo la hojarasca, se impide el reciclado de los elementos nutritivos, por lo que el bosque pierde su carácter, simplificándose. La explotación es opuesta a la conservación de la complejidad; sólo las comunidades vegetales que de alguna manera puede considerarse que ya están explotadas por el ambiente (las sometidas a climas fluctuantes, o que soportan de manera natural una gran masa de herbívoros, o que presentan fuegos periódicos, etc.), y que de hecho ya son relativamente simples, admiten sin grandes cambios un cierto nivel suplementario o alternativo de explotación humana. Como ejemplo se puede citar la sustitución del bisonte por especies domésticas en la pradera norteamericana.

Existen diferentes métodos para calcular la producción primaria. El método directo de cortar y pesar, que permite estimar la producción primaria neta, queda limitado a las comunidades en las que es posible conocer la biomasa acumulada en un intervalo de tiempo; además, los organismos constituyentes de la comunidad no deben renovarse durante dicho intervalo (deben vivir desde el principio hasta el fin) ni ser consumidos. Aunque siempre hay consumo por parte de los heterótrofos, en casos como los cultivos las aproximaciones pueden considerarse aceptables.

Las medidas indirectas tienen su base en la fotosíntesis, particularmente en la cuantificación del anhídrido carbónico absorbido o del oxígeno emitido. A veces se consiguen estimas intermedias entre la producción bruta y la neta, lo que unido a las discrepancias existentes entre distintos autores hace difícil proceder a una evaluación conjunta de la biosfera. En la figura 7 se da una aproximación, que adolece de los inconvenientes mencionados.

Considerando los valores relativos de las columnas superiores, se observa que el mar es comparable a las zonas desérticas terrestres. Existen áreas muy productivas, como aquellas en las que el afloramiento de aguas profundas arrastra los nutrientes de los fondos oceánicos hacia la superficie, con lo que se consiguen condiciones óptimas para la proliferación del plancton vegetal. Ahora bien, la producción disminuye con el alejamiento de las tierras emergidas, y la enorme extensión del mar abierto condiciona que las medias generales sean bajas. Hay que volver a insistir (véase el apartado del ecosistema) en que el mar se frena a sí mismo en cuanto a la producción, porque la asimilación es superficial, pero los elementos nutritivos se van acumulando en el fondo (sin luz); sólo cuando iluminación y nutrientes confluyen (estuarios, zonas costeras y de marea, áreas de afloramiento) la producción primaria es elevada.

Por otra parte, la producción primaria marina es actualmente de poco interés para el consumo directo por el hombre. Dejando aparte lo apropia-

do o no del plancton en lo tocante a la alimentación humana, hay que contar con que está muy disperso, lo que requeriría invertir una gran cantidad de energía auxiliar para recogerlo.

CONSEJO SUPERIOR DE INVESTIGACIONES CIENTÍFICAS
Instituto de Recursos Naturales y Agrobiología
CSIC
BIBLIOTECA
SALAMANCA

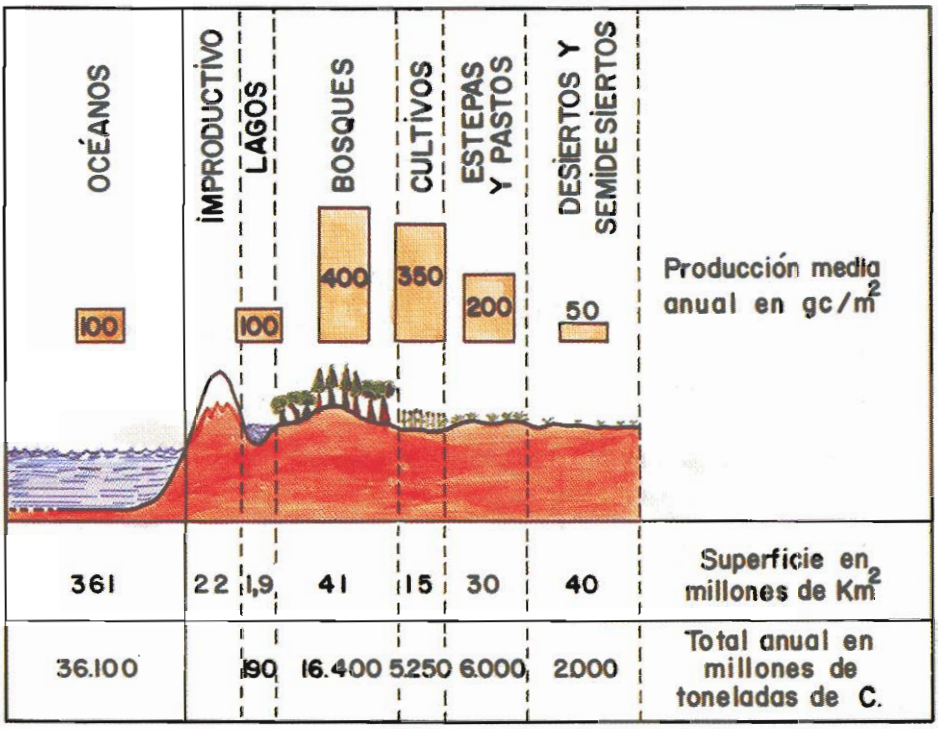

FIG. 7 *La producción primaria de la biosfera; 1 gramo de carbono equivale a 2.4 gramos de materia orgánica seca.*

La producción secundaria es actualmente el medio más eficaz en el aprovechamiento de los recursos marinos.

En cuanto a las tierras emergidas, el aprovechamiento directo de la producción primaria se limita a los cultivos. La producción anual de 5.250 millones de toneladas de carbono al año puede resultar engañosa, ya que

traducida en alimentos para el hombre no se llega al 10 % de esta cifra. Se calcula que la superficie dedicada a cultivos puede llegar a triplicarse, pero alcanzado este punto el único camino posible es aumentar su producción.

La tarea es muy difícil, porque duplicar lo producido viene a suponer multiplicar por diez lo invertido (fertilizantes, energía para maquinaria, insecticidas, etc.), lo que constituye un gran lastre tanto económico como de contaminación del medio.

4. LA PRODUCCION SECUNDARIA

La producción primaria neta no acumulada como biomasa es consumida por los organismos heterótrofos. Esto implica que las moléculas ricas en energía se van a reorganizar repetidamente con el paso a lo largo de la secuencia trófica (herbívoro, carnívoro, carnívoro superior, etc.), de manera *que no hay una producción secundaria, sino varias, referidas a cada uno de los niveles tróficos.* El concepto de una producción secundaria total, suma de las parciales, resulta engañoso, ya que, por ejemplo, la producción de los carnívoros no constituye sino una parte de la de los herbívoros; no es algo nuevo (algo realmente producido); es el resultado de la transformación de lo existente. Igual motivo lleva a separar la producción primaria de la secundaria.

La secuencia trófica citada, que podemos denominar de tipo herbívoro por comenzar con la ingestión de los autótrofos, lleva acoplada otra de tipo saprofítico, que comienza en la materia orgánica muerta. Lo común es que ambas coexistan en los ecosistemas, aunque una suele predominar sobre la otra; por ejemplo, en un pastizal predominará la primera y en un bosque la segunda. Sin embargo hay medios particulares, como el de las profundidades marinas y el cavernícola, en los que la ausencia de luz sólo permite la existencia de cadenas saprofíticas; dependen de las entradas energéticas procedentes de otros ecosistemas, en los que sí es posible la fotosíntesis.

Limitándonos a un nivel trófico o a una población cualquiera, es posible establecer distintas partidas materiales y energéticas, como se hizo para los productores. No obstante, no nos vamos a conformar con un esquema tan simplificado, ya que en realidad son múltiples las ramificaciones.

En el caso de una población depredadora (fig. 8), la fuente de nutrición son sus presas. La captura y muerte de una presa no implica necesariamente su consumo total, por lo que los restos, dejando aparte la intervención directa de los descomponedores, pasan a animales especializados (carroñeros, comedores de detritus). La parte ingerida, o alimento ingerido, experimenta una pérdida importante en la forma de excrementos (utilizados por los coprófagos), y otra, de menor entidad aunque variable, debida a los distintos parásitos del tubo digestivo.

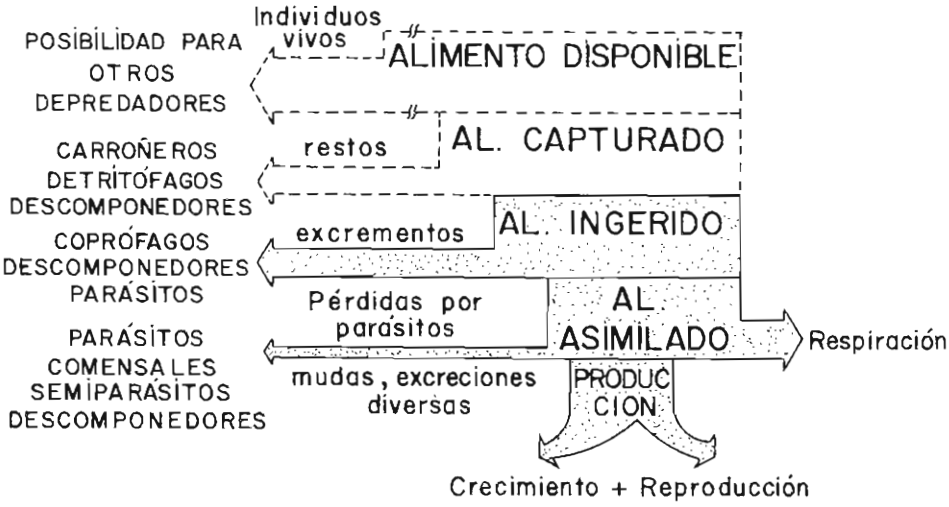

FIG. 8. *La producción secundaria de una población depredadora a partir del alimento disponible, es decir, del número total de presas.*

El remanente, o alimento asimilado (equiparable a la producción bruta de los autótrofos), disminuye por la acción de parásitos, por excreciones diversas que pasan a otros organismos (comensales, que no causan daño, y semiparásitos, más activos y molestos en la consecución de su alimento, como los que viven de las descamaciones de la piel), pero sobre todo se invierte en el proceso respiratorio. La producción secundaria resultante, que se manifiesta en el crecimiento y en la reproducción, se destina al incremento de la biomasa, o bien pasa a niveles tróficos superiores del mismo o de distinto ecosistema (exportación).

El cociente entre una de las partidas recogidas en el esquema y otra situada anteriormente a ella constituye una eficiencia (lo que sale dividido por lo que entra). La más común, dado su gran interés en las explotaciones ganaderas, es:

Producción/Alimento ingerido.

Aunque variable (por ejemplo, suele ser mayor en carnívoros que en herbívoros) no lo es tanto como cabría esperar, hasta el punto de que muchas veces se hace general para todos los heterótrofos con el valor del 10 % (es decir, de 100 unidades de alimento ingerido sólo 10 se conservan como producción, las 90 restantes se pierden en las ramificaciones comentadas, particularmente como excrementos y en la respiración).

Para explicar esta convergencia entre seres muy distintos, puede ser útil escribir la eficiencia anterior como el producto de otras dos eficiencias:

$$\frac{\text{Producción}}{\text{Alimento ingerido}} = \frac{\text{Alimento asimilado}}{\text{Alimento ingerido}} \times \frac{\text{Producción}}{\text{Alimento asimilado}}$$

La primera de estas dos nuevas eficiencias depende de la forma de comer del animal.

Es alta en organismos que, como los carnívoros, están muy especializados en cuanto a su alimento y ocupan niveles tróficos altos. En el extremo opuesto, es muy baja en animales que se alimentan indiscriminadamente de lo que recogen filtrando agua (filtradores), o que se nutren de material heterogéneo depositado (sedimentívoros), ya que, como es lógico, la pérdida de lo ingerido en forma de excrementos es mayor.

Por el contrario, la segunda eficiencia tiende a disminuir tanto con la especialización alimentaria como al ascender de nivel trófico. Dado que ambas situaciones exigen una gran actividad en la búsqueda y captura del alimento, los carnívoros presentan un gran gasto respiratorio de lo asimilado. Filtradores y sedimentívoros, poco activos, presentan una eficiencia mayor.

Por otra parte, el hecho de que la energía a su paso por un nivel trófico experimente pérdidas del 90 %, indica claramente que el número de niveles ha de ser limitado, no excediendo por lo común de cinco. Un superdepredador, de gran fuerza y tamaño, debería moverse para obtener su alimento por un territorio desmesuradamente amplio, por lo que no podría compensar las pérdidas causadas por la actividad.

Los niveles más bajos de heterótrofos constan por lo común de muchos individuos pequeños, y los superiores de pocos individuos grandes. Incrementar el número de niveles tróficos exige pasar a otro tipo de cadenas, las parasíticas, en las que se invierten estas relaciones: los parásitos son de menor tamaño, y con frecuencia más numerosos, que sus hospedadores. Dado que existen parásitos de parásitos, cabe añadir otros cinco pisos al flujo biótico de la energía.

Por supuesto, la reducción del canal energético tiene una gran importancia en la disponibilidad de alimentos para el hombre. El interés se centra en la cría de animales herbívoros, a los que llega mayor cantidad de energía. Las explotaciones de lujo, como las de determinados mariscos, carecen de validez ecológica y social, estando su único fundamento en los altos precios alcanzados. Desde el punto de vista energético no pasan de ser un negocio ruinoso.

5. LA DEPREDACION

La transferencia de energía de herbívoros a carnívoros, o de carnívoros a otros carnívoros de orden superior, nos lleva al concepto de *depredación. La depredación* es el tipo de interacción en la cual los individuos de una especie (depredadores) atacan y matan a los de otra (presas), que les sirven de alimento.

En la naturaleza, como ya se ha indicado, los depredadores suelen disponer de varias presas y las presas sirven de alimento a más de un depredador (redes tróficas). No obstante, en ecosistemas con pocas especies puede producirse una fuerte interdependencia entre una población presa y otra depredadora, que experimentan con el transcurso del tiempo las variaciones que se idealizan en la figura 9: a los aumentos de la presa siguen incrementos algo retardados del depredador; un número grande de depredadores hace disminuir la población presa, lo que a su vez dificulta la captura por parte de los depredadores; el número de éstos desciende, permitiendo un nuevo aumento de la población presa, con lo que pasa a repetirse el proceso.

Se trata de un sistema de autorregulación que permite la supervivencia tanto de presas como de depredadores. En este sistema, son los individuos presa más aptos para escapar de sus depredadores los que dejan mayor descendencia, y lo mismo ocurre con los depredadores más capacitados en la búsqueda, localización y captura de las presas. Así, *en el curso de la evolución, la presa se va perfeccionando en su fin primordial de no ser atrapada: se transforma en una super-presa. El depredador, que coevoluciona con ella, pasa a ser un super-depredador.* El gato y el ratón normal se transforman en un super-gato y en un super-ratón, en Tom y Jerry, que con su capacidad creciente para trucos y artimañas dan nombre a este modelo.

Puede pensarse que al final las cosas no han variado mucho, dado que las ventajas adquiridas por presa y depredador tienden a contrarrestarse.

Pero en el nuevo sistema las oscilaciones son más lentas (la vida media de los individuos es mayor), lo que quiere decir que se precisa de menos energía para su mantenimiento. Esto es importante, ya que *en la naturaleza existe la tendencia a sustituir un estado por otro si el segundo, realizando la misma función, resulta menos costoso.*

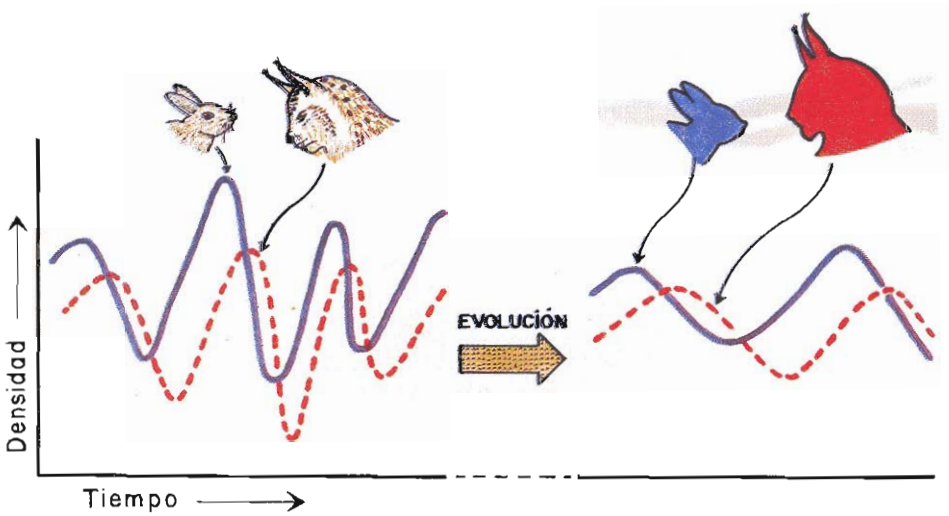

FIG. 9 *Oscilaciones del sistema depredador-presa y su posible resultado evolutivo.*

Las relaciones entre una sola presa y un solo depredador originan oscilaciones muy fuertes, al tiempo que la interdependencia exclusiva las hace más o menos inestables: cualquier causa que favorezca a una de las dos especies puede acabar con la otra, que, si es la presa, también supondrá la muerte del depredador. Con más especies, en la complejidad de las redes tróficas, las oscilaciones se atenúan. En particular, para el depredador se admite una «respuesta de cambio», consistente en que pasa a alimentarse alternativamente de la presa o presas más abundantes en cada momento. No obstante, el cambio puede tardar en producirse, debido a que el depredador habituado a una presa determinada puede seguir prefiriéndola a pesar de su baja densidad.

6. LA COMPETENCIA INTERESPECIFICA

La utilización de un mismo recurso por dos especies plantea un problema de *competencia interespecífica.* Dos depredadores que se sirven de una misma presa ofrecen un ejemplo típico, pero la competencia puede tener un sentido distinto: también compiten entre sí dos presas que constituyen el alimento de un único depredador.

En el primer caso, cuando las condiciones ambientales se mantienen constantes, una de las dos poblaciones depredadoras dejará más descendientes, lo que normalmente irá unido a su mejor capacidad para la captura de presas (aunque pueden intervenir otras causas, como un metabolismo más eficiente, es decir, un mejor aprovechamiento del alimento). Esto llevará con el transcurso del tiempo a la extinción de la otra o a su expulsión del ecosistema de referencia. Lo mismo cabe decir para la segunda situación, si bien aquí la ventaja estará en la capacidad para evitar a los depredadores.

> Sin embargo, las condiciones ambientales de un lugar experimentan variaciones, como las climáticas, que pueden favorecer alternativamente a una u otra de las especies en competencia. Si ocurre así, y el ambiente cambia con la suficiente rapidez, ninguna de las dos especies es eliminada (fig. 10).

Muchas veces, la competencia se ejerce por el alimento, lo cual es lógico dado que es un recurso de primer orden para todos los animales. Lo mismo ocurre con los vegetales respecto a los nutrientes minerales, la luz y el agua. Por ejemplo, *en la competencia por la luz es fundamental la velocidad de crecimiento en altura;* sin embargo, cuando la competencia se establece entre una especie que soporta la sombra y otra que no la soporta, acaba por prevalecer la primera, aunque su crecimiento sea más lento o comience más tarde (fig. 11).

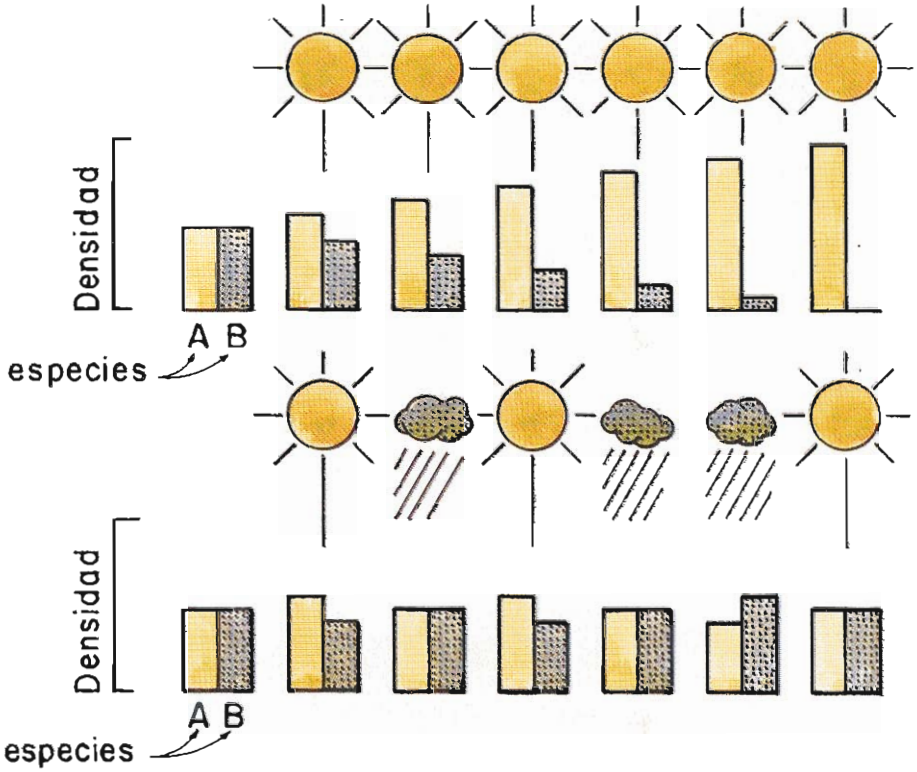

FIG. 10. *Para dos especies en competencia, las condiciones constantes (por ejemplo muchos años continuados de sequía) ocasionan la eliminación de una de ellas. Si las condiciones varían (tiempo lluvioso y seco) las dos coexisten.*

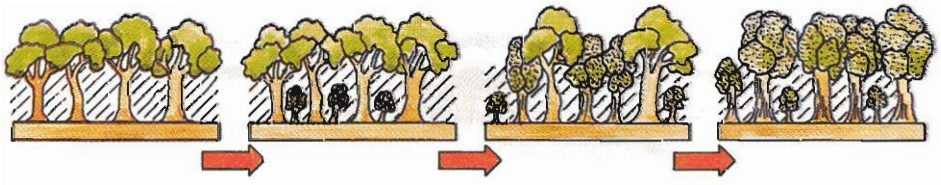

FIG. 11 *Sustitución de una especie que no soporta la sombra (verde claro) por otra que sí la soporta (verde oscuro). La primera no puede regenerarse por las condiciones que ella misma crea; los individuos que mueren no son reemplazados.*

La competencia influye de manera importante en la organización de los ecosistemas. Si no existiera, en unas condiciones ambientales dadas podrían vivir muchas más especies de las que realmente viven.

Como es lógico, *la competencia es más fuerte cuanto mayor sea la semejanza de vida de las especies que compiten.* La coexistencia de especies supuestamente muy parecidas indica que no lo son tanto como a primera vista parece, y que diferirán en algún requisito importante.

Siguiendo el mismo razonamiento, la competencia más acusada se produce entre los individuos de una misma especie (competencia intraespecífica), que alcanzan la máxima semejanza en sus necesidades. Sin embargo, en términos numéricos, esto tiene menor importancia, ya que resulta indiferente el que sobreviva uno u otro de los individuos que compiten: *la población, en ambos casos, conserva el mismo tamaño.*

7. EL ECOSISTEMA EN EL TIEMPO

Dentro del ecosistema se producen variaciones en el tiempo que afectan a las poblaciones, tales como los ritmos y las fluctuaciones.

La denominación de ritmos se aplica a aquellos cambios periódicos que son intranscendentes desde el punto de vista demográfico, es decir, no suponen alteraciones del número de individuos de la población, sino sólo de la localización o actividad de los mismos. Los ejemplos son múltiples: los ritmos alternativos de actividad entre rapaces diurnas y nocturnas, lo que impide la competencia; las migraciones verticales de los organismos planctónicos y las horizontales de las aves; la suspensión periódica de la actividad de los insectos, surgida como respuesta a la aparición, también periódica, de circunstancias desfavorables (frío, sequedad, carencia de alimentos); etc.

Las fluctuaciones, por el contrario, implican cambios en el número de individuos de las poblaciones. Otra diferencia con los ritmos es su período más irregular. Existen fluctuaciones atribuibles principalmente a las interacciones entre especies (como el sistema depredador-presa), a las que cabe considerar como autorregulables; otras carecen de esta propiedad, ya que dependen de factores ambientales (particularmente climáticos). Las segundas pueden admitir una cierta regularidad, en relación con oscilaciones climáticas más o menos periódicas, pero también se producen grandes fluctuaciones irregulares motivadas por cambios ambientales excepcionales.

Englobando a fluctuaciones y ritmos, el ecosistema presenta variaciones mucho más amplias y completas mediante el fenómeno de la sucesión ecológica. A través de él, y siguiendo una secuencia ordenada de acontecimientos (etapas), se produce la sustitución de unas comunidades por otras más complejas, hasta alcanzarse una situación de equilibrio con el ambiente, que recibe el nombre de *clímax*.

En el medio terrestre, suelen denominarse primarias a las sucesiones que se inician en sustratos no ocupados previamente por una comunidad (dunas de arena, coladas de lava, etc.), y secundarias en el caso contrario. El origen de las secundarias se debe a regresiones anteriores de otras comunidades, por causas como el cultivo, la tala y el fuego. Regresión y sucesión tienen efectos contrapuestos, pero no son procesos invertidos, ya que la regresión no es paulatina, sino que en muchos casos supone un retorno violento.

Un ejemplo clásico de sucesión secundaria se inicia con el abandono de un campo cultivado: las malas hierbas anuales pueden dar paso a una comunidad de herbáceas perennes, seguida de matorrales y arbustos hasta la reconstrucción de un bosque, que será parecido al que existía antes de roturar el terreno (fig. 12); los cambios en la vegetación constituyen el aspecto más patente, pero la sucesión también es reconocible a nivel de fauna y microflora.

En esencia, se trata de un proceso continuado de competencia interespecífica por el cual unas especies modifican el medio (suelo, condiciones de luz, temperatura, etc.), haciéndolo más adecuado para otras, que, al verse favorecidas, las reemplazan. Cuando ya no existen especies con capacidad para el reemplazamiento, la sucesión se detiene en la comunidad clímax, aunque, en una escala amplia de tiempo dado que el ambiente es variable, la clímax de un lugar siempre está sometida a variaciones.

> El tiempo necesario para alcanzar el equilibrio, y el grado de complejidad alcanzado, dependen de las condiciones generales del medio. Por ejemplo, las sucesiones primarias son de mayor duración que las secundarias; la complejidad de un bosque tropical es incomparablemente mayor que la de las comunidades clímax de regiones frías. Sin embargo, el proceso de la sucesión es biótico y no físico; el ambiente físico determina el tipo de sucesión y la posibilidad de alcanzar una clímax determinada, pero no es la causa.

Es esta posibilidad la que hace muy variable a la clímax que podemos encontrar en distintas regiones: selvas lluviosas tropicales, bosques caducifolios, bosques de coníferas, sabanas, estepas, clímax desérticas, etc. Con todo, siempre es posible definir dos extremos: uno inicial, o etapas tempranas del desarrollo, y otro final, o etapas maduras.

Comparando unas y otras se ponen de manifiesto una serie de cambios que ocurren en casi todas las sucesiones. Por ejemplo, se produce un

aumento general de la biomasa, pero dicho aumento es más notable para la biomasa poco activa, como la madera, que además respira y no produce. Por ello, como se indicaba al tratar de la producción primaria (ecosistemas simplificados frente a ecosistemas complejos), aunque la producción bruta aumenta con la sucesión, la producción neta aumenta poco (si es que aumenta), ya que el gasto respiratorio es comparativamente superior (fig. 12).

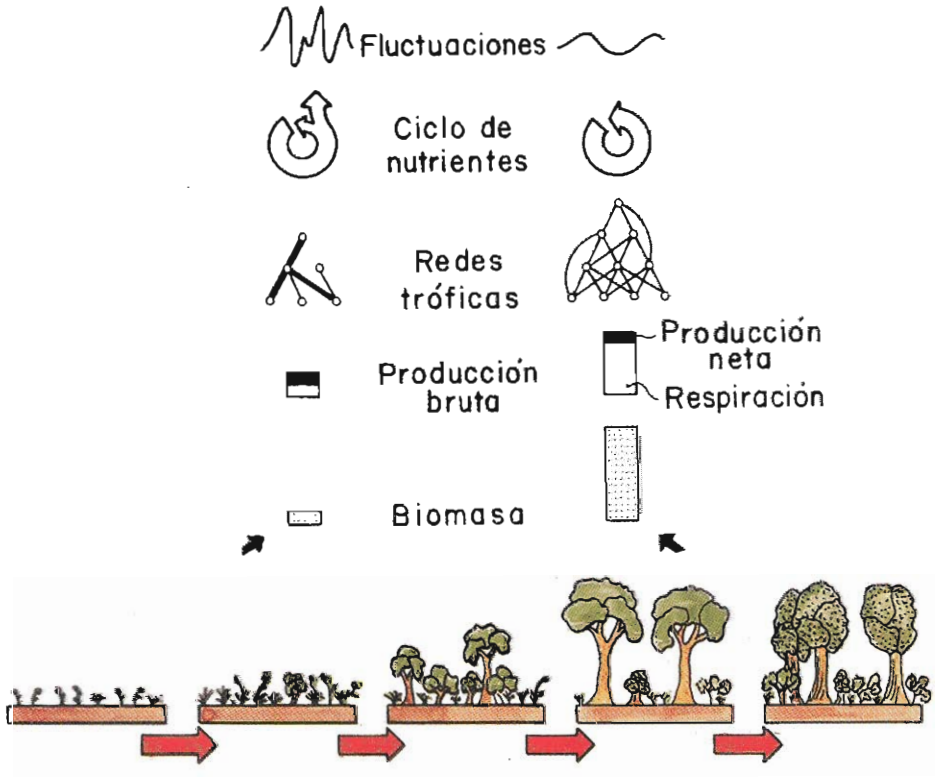

FIG. 12. *Desarrollo de una posible sucesión, en el que se esquematizan algunas diferencias entre etapas iniciales y finales.*

Las comunidades clímax más complejas, las selvas lluviosas tropicales, equilibran de manera casi perfecta la emisión de oxígeno por la fotosíntesis y su consumo por la respiración de la biocenosis; por tanto, no constituyen el pulmón del planeta, que debemos buscar en las etapas sucesionales capaces de acumular su producción neta como biomasa.

Otra diferencia de interés es el incremento del número de especies, al tiempo que las redes tróficas se complican y aumenta el número de niveles. Además, al principio, la canalización del grueso energético es lineal (por ejemplo, pasto, vaca y hombre), mientras que al final no hay direcciones tan preferentes. Con más especies, y mayor equilibrio entre ellas, cualquier causa que afecte a una o a varias tiene más probabilidades de ser compensada, por lo que las etapas avanzadas pueden calificarse de más estables.

Con el desarrollo, las pérdidas de nutrientes se reducen, llegándose a alcanzar ciclos casi cerrados; es revelador el hecho de que el agua de los ríos que discurren por las selvas tropicales sea prácticamente destilada. Otras muchas diferencias se refieren al acoplamiento entre especies, más ajustado a medida que la sucesión progresa; atendiendo a sus consecuencias podemos destacar la disminución en la intensidad de las fluctuaciones, al tiempo que aumenta su regularidad. Es el mismo fenómeno que, con sentido evolutivo, se citó para el sistema depredador-presa.

> Como resumen, es posible afirmar que se tiende hacia un estado en que la biocenosis no se deja «coger por sorpresa» por los cambios del ambiente físico. Ha «aprendido» a amortiguar dichos cambios, e incluso a anticiparse a ellos. Por ejemplo, las variaciones climáticas estacionales que en las etapas iniciales suponen fuertes fluctuaciones de las poblaciones, en las finales pueden no tener otro efecto que variaciones rítmicas de la actividad; es la sustitución de la muerte por períodos de reposo o letargo, lo que va unido a la presencia de organismos de vida más larga en las comunidades clímax.

8. LA INTEGRACION DEL HOMBRE EN LOS ECOSISTEMAS

Las capacidades actuales del hombre, con el considerable efecto sobre todos los ecosistemas, posiblemente tienen su origen remoto en el paso de herbívoro a depredador parcial. Esta circunstancia, que ya se advierte en *Australopithecus africanus,* pudo estar motivada por cambios climáticos graduales, cuya consecuencia fue la pérdida de los bosques en la zona situada por debajo de la línea ecuatorial y su sustitución por llanuras abiertas o sabanas.

El nuevo medio, en el que los alimentos vegetales eran menos asequibles, forzó la búsqueda de un complemento. Al principio, la competencia con los carnívoros de las sabanas africanas, mucho mejor adaptados, sólo permitió la captura de presas pequeñas.

> Pero lo verdaderamente importante es que los carnívoros se ven obligados a resolver muchos más problemas y a hacer frente a situaciones más difíciles que los herbívoros, lo que contribuye a un psiquismo más alto. En el mismo sentido hay que encuadrar el hecho de que la posición bípeda, conseguida ya al menos parcialmente por los australopitecinos, permita emplear las extremidades superiores en fines distintos de la locomoción.

Así, hace 500.000 años, los homínidos descendientes de los primeros australopitecinos ya habían cambiado lo suficiente bajo las presiones de selección como para justificar su inclusión dentro de un género nuevo, el género *Homo,* y de la especie *Homo erectus.* La gran eficiencia en la marcha bípeda, la mayor potencia y precisión en la acción de agarrar, y el aumento del volumen cerebral, llevan, entre otras ventajas adquiridas, a lo que podríamos denominar una *revolución: la de la captura cooperativa de grandes presas,* lo que debió suponer un aumento de las poblaciones de homínidos y contribuir a su expansión; tal vez algunas especies resultaron afectadas por estas nuevas aptitudes.

Pasados 250.000 años, la modificación continua de los grupos de homínidos se traduce en la aparición del hombre actual, *Homo sapiens*, con alteraciones anatómicas adicionales, pero sobre todo con un nuevo incremento del volumen cerebral. El hombre cazador y recolector, aunque se dispersa sobre una extensión geográfica considerable, no llega a afectar de forma notable a los ecosistemas, dada su baja densidad de población. Las densidades bajas no sólo debieron estar en función de los recursos disponibles, sino también en dependencia con lo que se podrían denominar «fuerzas sociales», que darían origen, por ejemplo, a terrenos neutrales o fronterizos no ocupados por miedo a los enemigos. Existía, por tanto, un amplio margen de seguridad que evitaba el peligro de un descenso ocasional en la disponibilidad de alimentos.

Hace unos 10.000 años, y de manera muy rápida en relación con los procesos anteriores, se produce la denominada *revolución agrícola*.

> La ganadería reemplazó a la caza y la agricultura a la recolección, lo que supuso aumentar la cantidad de alimentos y mayor continuidad en su obtención.
>
> Las poblaciones humanas se independizan parcialmente de las limitaciones y fluctuaciones del medio, por lo que su crecimiento y actividades se traducen ya en efectos de cierto relieve sobre el ambiente.

Dicho efecto se agrava por los constantes aumentos del número de individuos, dejando una secuela de erosión y empobrecimiento en áreas concretas densamente pobladas. Por ello, cuando el acceso a los combustibles fósiles propicia en el siglo XVIII la denominada *revolución industrial*, el proceso se acelera ante la auténtica explosión demográfica y de capacidad de actuación en que se ven envueltas las poblaciones humanas.

Sería imposible detallar el impacto del hombre sobre la biosfera en los dos últimos siglos, e innecesaria una revisión de sus aspectos generales, dado que son sobradamente conocidos. De mayor interés resulta constatar que, en la actualidad, los sistemas ecológicos autónomos y locales prácticamente no existen. Dichos sistemas debieron ser la norma en los inicios de las sociedades de ganaderos y agricultores, pero las necesidades crecientes ante los aumentos de población en los núcleos de mayor vigor, fueron conduciendo paulatinamente a organizaciones económicas y sociales cada vez más amplias. La gran capacidad de transporte con que cuenta el hombre hoy en día, ha hecho que la escala de operaciones tenga un alcance mundial.

Ahora bien, existe una profunda asimetría entre sociedades industrializadas y no industrializadas. Si consideramos que la población aumenta según una tasa determinada (r), y que el consumo de energía por individuo lo hace en relación con otra (f), la suma de ambas (r + f), en el momento actual, es similar para países de muy distinta índole (fig. 13); pero, por separado, f es mucho mayor en los industrializados, lo que les confiere una indudable ventaja: es norma común que en los procesos de desarrollo de sociedades agrícolas subdesarrolladas, «apadrinados» por sociedades industrializadas, el flujo de riquezas vaya desde las primeras a las segundas.

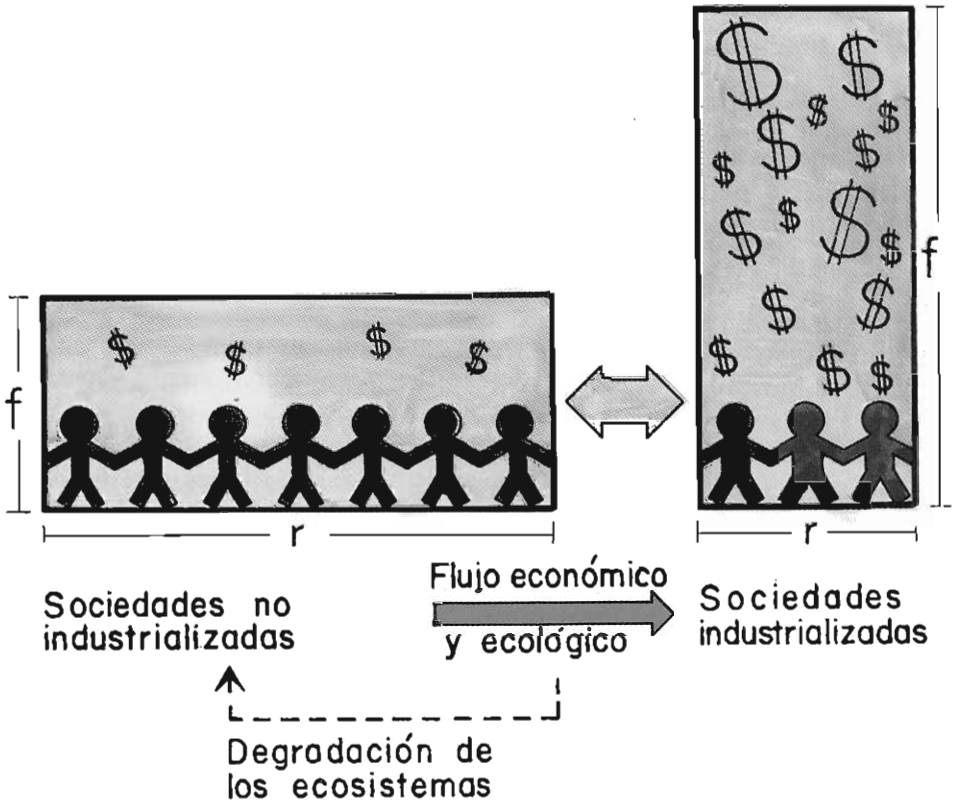

FIG. 13. *Las tasas de multiplicación (r) y de consumo de energía (f), como indicadoras de las profundas diferencias entre países.*

Este «imperialismo económico» suele ir ligado a un «imperialismo ecológico», con simplificación y degradación de los ecosistemas de las sociedades controladas. De hecho, el flujo económico (de riquezas) coincide con el flujo ecológico (de energía y materiales), por lo que su consideración conjunta es inevitable.

En la actualidad, problemas como la superpoblación, la contaminación y el uso racional de la energía, suponen una toma de conciencia que está en la base de las sociedades humanas, si se exceptúan intereses muy particulares. Bien está, pero lo importante sería saber si esta preocupación generalizada para «nuestra colectividad» se produce también para las colectividades de los demás, particularmente si «nuestro bienestar» (el contar con una f grande) depende de su explotación. Dado que los recursos son limitados, llegará el día en que tanto r como f sean igual a cero (crecimiento cero de la población y crecimiento cero de la utilización de energía); habrá que pensar qué ocurrirá entonces, si el reparto de la riqueza sigue siendo tan injusto como el actual.

> Lo más acertado sería alcanzar esa meta en una situación equilibrada. Hay motivos para el pesimismo, porque existe un egoísmo innato tan profundo que es muy difícil suprimirlo por la educación. Pero la evolución social no nos es impuesta y, por tanto, no está fuera del control humano; existe una base egoísta, pero en ningún caso esta base puede ser capaz de obligarnos. El pensar lo contrario, el conformismo fatalista, no es más que autonegarnos gratuitamente una idea liberadora, en el intento de descargarnos de nuestra propia responsabilidad.

9. BREVE RECOPILACION DE ALGUNOS DE LOS TERMINOS UTILIZADOS

A la ecología, al menos a la oficial, se la ha acusado de un cierto esoterismo, de algún tipo de ocultamiento de aspectos muy sencillos bajo una terminología compleja. Algo de cierto puede haber en ello, aunque afortunadamente la tendencia actual, salvo excepciones que nos hacen recordar a Matías Martí, el inventor de palabras del cuento de Camilo José Cela, muestra síntomas claramente contrarios.

Hay que congratularse por ello, no sólo por el acercamiento entre ciencia y sociedad que supone, sino también porque indica una posición de fuerza que no precisa de ocultismos. Obviamente, algunos conceptos y definiciones, los que simplifican y contribuyen a un mejor conocimiento de los procesos ecológicos deben permanecer, aunque conviene advertir que muchos son compartidos por otras ciencias. Incluso, a veces se definen manifestaciones de fenómenos cuyas causas no son, o no son bien, conocidas, lo que hace dudar de su utilidad; por ejemplo, hoy día se puede cuestionar si es útil proceder a una definición de estabilidad, ya que conceptualmente se presta a múltiples acepciones.

A continuación se intenta una breve recopilación de algunos términos empleados en el texto. Frente a lo que es, o pretende ser la ecología, tiene la frialdad de un Museo de Ciencias Naturales, desgajado de su marco natural; esperamos que su sistematización tenga algo de utilidad temporal, porque los conceptos, como los ejemplares conservados en los museos, se deterioran con el paso del tiempo, y no queda más remedio que reemplazarlos.

Adaptación. Cualquier estructura, proceso fisiológico o pauta de comportamiento que confiere a un organismo mayor capacidad para sobrevivir y reproducirse que a otros de la misma especie, en unas condiciones ambientales dadas.

Autótrofo. (de origen griego, significa literalmente que se alimenta por sí mismo). Organismo capaz de la síntesis de compuestos orgánicos a partir de sustancias inorgánicas, bien sea por fotosíntesis o por quimosíntesis.

Bentos. (de origen griego, significa fondo, profundidad). En su acepción más amplia incluye al conjunto de organismos acuáticos que viven ligados más o menos estrechamente al sustrato sólido.

Biocenosis. (del griego reunir en común, que con el prefijo 'bio' —vida— y el sufijo 'osis' —que expresa el estado de una cosa— viene a significar estado conjunto de vida). Colectividad de organismos que pueblan un ecosistema. La referencia más particular a plantas, animales y microorganismos, lleva, respectivamente, a los términos fitocenosis, zoocenosis y microcenosis.

Biomasa. Cantidad de material biológico correspondiente a un organismo o grupo de organismos (población, comunidad) que viven en un lugar determinado.

Biotopo. (del griego lugar, que con el prefijo 'bio' —vida— viene a significar lugar donde se desarrolla la vida). Ambiente físico-químico en el que se localiza una biocenosis determinada.

Cadena trófica. Secuencia ordenada y lineal de organismos, en la que cada uno se alimenta del precedente y es, a su vez, consumido por el siguiente. Constituye un aspecto parcial de la red trófica.

Clímax. (del griego escala; por extensión, nivel máximo, culminación). Etapa final de una sucesión. Comunidad que se autoperpetúa para unos factores del medio dados.

Clorofila. (de origen latino, derivado a su vez del griego, viene a significar literalmente hoja de color verde). Se designan así a distintas moléculas que, aparte de otras cuantitativamente menos importantes, son estimuladas por la luz durante el proceso de la fotosíntesis.

Coevolución. (del latín, desarrollar simultáneamente). Proceso evolutivo paralelo, con dependencia mutua, de dos o más especies relacionadas en el seno del ecosistema.

Comensalismo. Relación entre especies por la que los individuos de una de ellas (comensal) obtienen beneficio trófico de los de la otra (patrón), sin ocasionarles ningún daño.

Competencia. Utilización de un recurso común no ilimitado por dos o más especies (competencia interespecífica) o por los individuos de una especie (competencia intraespecífica).

Comunidad. Se refiere a un conjunto de organismos que ocupan un espacio determinado. La comunidad total coincide con la biocenosis, pero por lo común se trata de taxocenosis, o conjunto de seres vivos incluidos en una categoría taxonómica cualquiera.

Depredación. Relación entre especies por la que los individuos de una de ellas (depredadora) matan y devoran a los de la otra (presa).

Ecología. (del griego, etimológicamente significa tratado de la casa o de la morada). Puede definirse de manera sencilla como la ciencia o la biología de los ecosistemas.

Ecosistema. (del griego conjunto, con el prefijo 'eco' —morada—). Conjunto formado por elementos interaccionantes, tanto bióticos como abióticos, que le confieren unas características estructurales y funcionales peculiares.

Ecotono. (del griego tensión, con el prefijo 'eco' —morada—). Espacio de transición entre dos ecosistemas, que participa de algunas de las propiedades de ambos, junto a otras que le son propias.

Eficiencia. En general, cualquier cociente establecido entre una variable de salida (dependiente) y una variable de entrada (independiente).

Estabilidad del ecosistema. Aunque con múltiples significados, puede entenderse como la tendencia de un sistema a mantenerse en la proximidad de un punto de equilibrio, junto con la capacidad de volver a dicho punto después de una perturbación transitoria.

Evolución orgánica. Cualquier cambio genético de los organismos al sucederse las generaciones. Está guiada por la selección natural.

Factor ambiental o ecológico. Aquel que caracteriza a un espacio físico en el que se desarrolla la vida (temperatura, precipitación, salinidad, etc.).

Factor limitante. Factor ecológico que debido a su defecto o exceso supone un límite para la vida o alguna de sus formas, en una situación concreta.

Fitoplancton. (de 'fito' —prefijo que indica naturaleza vegetal— y plancton). Parte vegetal del plancton.

Fluctuación. Cambio en el número de individuos que, con distinta regularidad, se produce en las poblaciones.

Fotosíntesis. (de 'foto' —prefijo de origen griego que significa luz— y síntesis). Proceso mediante el cual los organismos vegetales sintetizan compuestos orgánicos, utilizando la luz como fuente de energía.

Fotosintético. Organismo que sintetiza compuestos orgánicos mediante fotosíntesis.

Heterótrofo. (de origen griego, significa literalmente de distinta alimentación, por oposición a autótrofo). Organismo que para alimentarse reconvierte compuestos orgánicos procedentes de otros organismos o restos de ellos.

Homínido. Derivado de Hominidae, familia que incluye al hombre actual y a sus predecesores inmediatos.

Migración. (de origen latino, significa translación). La migración incluye un recorrido de ida (emigración) y vuelta (inmigración) a partir de una localización dada. Por ejemplo, en las migraciones verticales del zooplancton, se asciende hacia la superficie durante la noche, y se desciende durante el día.

Nivel trófico. Conjunto de organismos que comparten una fuente alimentaria similar.

Niveles de organización de la materia. Jerarquización, creciente en su complejidad, que es posible al presentarse organizada la materia de manera discontinua. Va desde las partículas subatómicas a los ecosistemas, pasando por átomos, moléculas, macromoléculas, células, tejidos, órganos, aparatos y sistemas orgánicos, individuos, poblaciones y biocenosis.

Parasitismo. Relación entre especies por la que los miembros de una de ellas (patásita) viven a expensas de los de la otra (hospedadora), sin que, en principio, el fin perseguido sea ocasionar la muerte.

Pirámide trófica. Disposición ordenada en forma de pirámide de los distintos niveles tróficos, haciendo los diferentes peldaños proporcionales a determinado valor de importancia (número de individuos, biomasa, energía).

Plancton (voz de origen griego que significa lo que va errante). Conjunto de organismos que viven suspendidos en el agua, y que aunque posean capacidad de movimiento ésta es insuficiente para contrarrestar corrientes apreciables.

Población. Conjunto de organismos pertenecientes a la misma especie, que ocupan simultáneamente un espacio determinado.

Producción primaria. Cantidad de sustancias orgánicas producidas por los autótrofos durante un tiempo determinado y en un espacio concreto. Dicha cantidad, si es la total, se denomina producción primaria bruta, y si se descuenta lo respirado producción primaria neta.

Producción secundaria. Fijación de energía química a nivel de los heterótrofos.

Quimosíntesis. (de 'quimo' —cuyo origen griego significa jugo— y síntesis). Síntesis de compuestos orgánicos utilizando una fuente de energía de tipo químico.

Quimosintético. Organismo que sintetiza compuestos orgánicos mediante quimosíntesis.

Red trófica. Conjunto de las complejas vías tróficas que son la norma común en la naturaleza.

Regresión. Proceso opuesto al de sucesión, pero irregular y de manifestación azarosa, por lo que no puede considerarse una sucesión invertida.

Ritmo. Cambio periódico muy regular, que no consiste, o no consiste solamente, en variaciones del número de individuos de la población.

Selección natural. Distinta contribución a la descendencia, dentro de una población, por parte de los individuos caracterizados por una constitución genética determinada.

Semiparasitismo. Relación interespecífica incierta entre el comensalismo y el parasitismo, por dudarse sobre la existencia o entidad del daño causado al patrón u hospedador.

Sucesión ecológica. Proceso ordenado de desarrollo de la comunidad, que está razonablemente orientado y es, por tanto, predecible. Culmina en la clímax.

Tasa de renovación. Porcentaje de biomasa que se renueva en un determinado período de tiempo.

Territorio. Area ocupada más o menos exclusivamente por un animal, una pareja o un grupo, y que es defendida de forma abierta o por medio de la advertencia.

Zooplancton. (de 'zoo' —prefijo que indica naturaleza animal— y plancton). Parte animal del plancton.

I N D I C E

INTRODUCCION 9

1. POBLACIONES, BIOCENOSIS Y ECOSISTEMAS 11
2. FLUJO DE ENERGIA Y CIRCULACION DE LA MATERIA 14
3. LA PRODUCCION PRIMARIA 19
4. LA PRODUCCION SECUNDARIA 25
5. LA DEPREDACION 29
6. LA COMPETENCIA INTERESPECIFICA 31
7. EL ECOSISTEMA EN EL TIEMPO 34
8. LA INTEGRACION DEL HOMBRE EN LOS ECOSISTEMAS 38
9. BREVE RECOPILACION DE ALGUNOS DE LOS TERMINOS UTILIZADOS 42