

PLAN PEDAGOGICO

CARRERA: Profesorado para la Educación Secundaria en Biología

(DESDE EL 19/10 AL 30/10 de 2020)

ASIGNATURA: Ecología y Etología

APELLIDO Y NOMBRE DEL DOCENTE: Román, Florencia Emanuela

DIA: Miércoles HORARIO: 19:00 HASTA 20:20; DIA: Viernes HORARIO: 19:00 HASTA 20:20.

Los trabajos pueden ser enviados por e-mail a florenciaemanuela@yahoo.com.ar; o por classroom: <https://classroom.google.com/c/MTI1NDA1Mjc3MDI4?cjc=irliq4b> Clave: irliq4b

CONTENIDO O TEMA A DESARROLLAR

Unidad 4: Estructura y dinámica de las comunidades

Comunidades: Definición. Propiedades emergentes (Estratificación, Diversidad, Riqueza, Dominancia, Biomasa, Productividad, Abundancia relativa). Metabolismo de la comunidad: Cadenas alimentarias y redes tróficas. Niveles tróficos en relación con el ciclo de la materia y el flujo de energía. Eficiencia ecológica. Pirámides ecológicas. Interacciones: Competencia interespecifica, Predación verdadera, Parasitismo, Mutualismo, Simbiosis, Herbivoría y Comensalismo. Coevolución. Sucesión: Tipos. Climax. Ecosistemas: Concepto. Biomas. Biosfera.

GUIA O ACTIVIDADES: Trabajo Práctico N°12

Actividades:

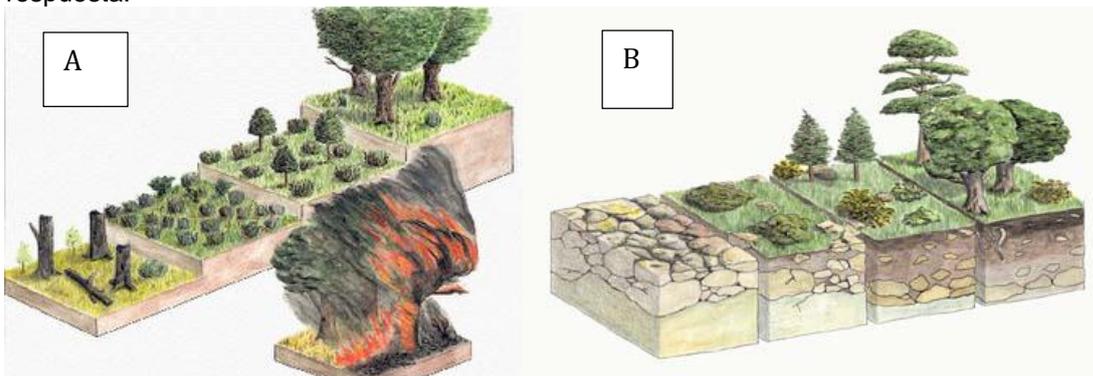
1. Indique y explique brevemente cuáles son los atributos emergentes del nivel de comunidad.
2. ¿Por qué generalmente el cociente entre P:B es bajo en los bosques y alto en las comunidades acuáticas?
3. ¿Cuáles factores limitan la productividad primaria en las comunidades terrestres? ¿y cuáles en las comunidades acuáticas? Explique brevemente las consecuencias que pueden traer a cada una de las comunidades el hecho de que estos factores se encuentren en menor proporción.
4. Índices de diversidad. Si la comunidad I presenta un $S=7$, $D=6,97$ y $E=1,00$, mientras que la comunidad II presenta si bien presenta también un $S=7$; $D=4,17$ y $E=0,60$. ¿Qué le están indicando estos valores? ¿Cuál índice se utilizó para comparar ambas comunidades? ¿A qué conclusiones puede arribar?
5. ¿A qué se hace referencia cuando hablamos de estructura física de una comunidad? ¿Qué es la estructura biológica de una comunidad? ¿A qué hace referencia este concepto?
6. ¿Qué entiende por estructura trófica de una comunidad? ¿Cuáles niveles tróficos se pueden distinguir? Explique cada uno de ellos.
7. ¿Qué criterio se utiliza para clasificar a los organismos en los diversos niveles tróficos? ¿Una especie dada puede ocupar más de un nivel trófico? ¿Por qué?
8. ¿Qué es la eficiencia de transferencia? ¿Cuántas categorías conoce? Explique brevemente cada una de ellas.
9. Analice y explique la siguiente gráfica, relacionándola con el flujo de energía de un nivel trófico al siguiente:



Pirámide de energía (producción por año)

10. ¿Cuál es la ventaja de expresar las pirámides ecológicas en término de energía con respecto a aquellas de número o de biomasa?

11. Observe la siguiente imagen y explique a qué tipo de sucesión ecológica corresponde. Justifique su respuesta.



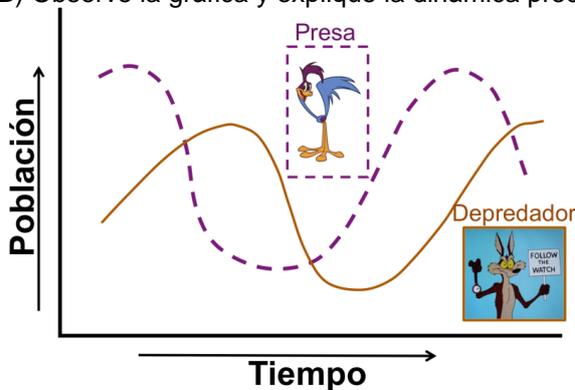
12. ¿Cuál/es estrategias adaptativas se presentarán al inicio de una sucesión y cual/es en las etapas más avanzadas de la sucesión? ¿Por qué?

13. ¿Qué es el clímax?

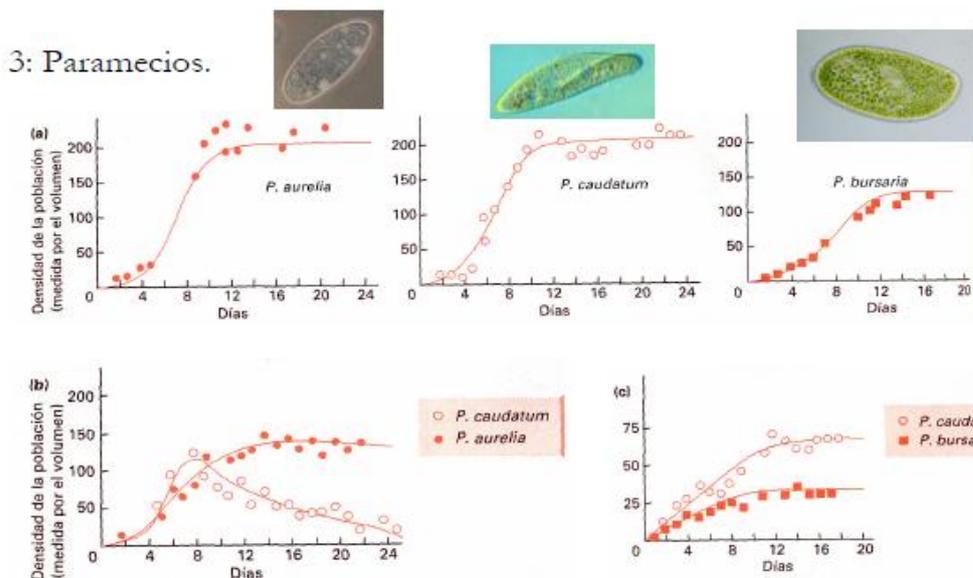
14. ¿Qué entiende por estabilidad y elasticidad de una comunidad?

15. A) ¿Qué tipos de predación conoce?. Explique brevemente cada una de ellas. Cite ejemplos.

B) Observe la gráfica y explique la dinámica depredador-presa.



16. Enuncie el principio de exclusión competitiva de Gause. Observe la figura correspondiente al experimento realizado por él en Paramecios y explique los resultados obtenidos.



17. ¿Cómo pueden tantas algas distintas utilizar el mismo cuerpo de agua en formas muy similares? (Explique en función de la paradoja del plancton).

18. Realice una secuencia didáctica y las respectivas actividades para una clase de 2 hs cátedra (80 minutos), para un 2 año de CB, el tema Comunidades: Relaciones interespecíficas. Se adjunta modelo a continuación:

MODELO DE SECUENCIA DIDACTICA			
Espacio Curricular/ Mod. Prof/ Pre-Prof/ Taller:	Docente a cargo: Prof: email:	Curso: ° Año ° División Ciclo: Básico/Superior Turno: Mañana/Tarde Especialidad: AGO/EM	Trimestre
Unidad/Bloque/Eje:	Tema:	Subtema:	
Justificación:			
Objetivos:			
Aprendizajes esperados/Capacidades a desarrollar:			
Contenidos:			
Tiempo Total:			
Secuencia de Actividades (organización de actividades, incluyendo ejercicios, tareas a desarrollar por los estudiantes y tiempo estimado por actividad- Incluir fechas de presentación y envío de tareas por vía email o WhatsApp)	Recursos didácticos (incluya los hipervínculos externos a usar, y/o detalle aquella estrategia de comunicación que emplea con sus estudiantes)	Evaluación (tipo, criterios, instrumentos, estrategias de recuperación)	
Actividades de Inicio:			
Actividades de Desarrollo:			
Actividades de Cierre:			
Actividades de complemento y/o ampliación:			
Vinculación con: Otras Secuencias Didácticas: Otras Espacios Curriculares: Contenidos transversales (ej. ESI): Orientación vocacional o profesional:			
Adaptaciones curriculares: Atención a los estudiantes con necesidades específicas de apoyo educativo: Propuesta para la atención de la diversidad:			
Bibliografía:			

BIBLIOGRAFIA

- Begon M., Harper, J. L. y C. R. Townsend. 1997. Ecología. Individuos, poblaciones y comunidades. Ed. Omega S.A. Barcelona.
- Castro, R. J., Andel, M. y G. B. Rivolta. 1994. *Actualizaciones en Biología*. Ed. Universitaria de Buenos Aires. Argentina.
- Darley, W. M. 1991. *Biología de las algas" Enfoque fisiológico*. Ed. Limusa. México D.F.
- Gil de Marrupe, M. 2001. *Ciencias Naturales. Actividades para la E.G.B. Aves y mamíferos del Noroeste Argentino*. Ed. Gofica.Salta Argentina.
- Krebs, C. J. 1986. *Ecología Análisis experimental de la distribución y abundancia*. Ed. Pirámide, S.A. Madrid.
- Moreno, C. E. 2001. *Métodos para medir la biodiversidad*. M&T- manuales y Tesis SEA. Vol. Zaragoza, 84 pp.
- Muzzanti, S. y A. M. Espinoza. 2002. *Biología. Polimodal. El ecosistema y la preservación del ambiente*. Vol. 5. Ed. Longseller. Bs. As. Argentina.
- Nieva, L. B; González Reyes, A. X.; Arias, F. y S. Quinteros. 2009. *Biodiversidad regional actual. Parte 2: fauna de la zona. Conservación*. Postítulo en Ciencias Biológicas. Universidad Nacional de Salta. Facultad de Ciencias naturales. Salta.

Webgrafía

<http://iescarin.educa.aragon.es/estatica/depart/biogeo/varios/BiologiaCurtis/Seccion%208%20-%20Capitulo%2054.htm>

Comunidades

La comunidad es una agrupación de poblaciones de especies que se presentan juntas en el espacio y en el tiempo (Begon *et. al.* 1997).

Los organismos de una misma especie y de especies distintas interactúan entre sí en los procesos del mutualismo, el parasitismo, la depredación y la competencia. Evidentemente la naturaleza de la comunidad es más que la simple suma de las especies que la constituyen. Es su suma más las interacciones existentes entre ellas. Por consiguiente existen propiedades emergentes que aparecen cuando la comunidad es el centro de atención. Son ejemplos de propiedades emergentes la diversidad de las especies, los límites a la similitud de las especies competidoras, la estructura de la red trófica, la biomasa de la comunidad y su productividad. Una de las metas principales de la ecología de las comunidades estriba en determinar si existen esquemas repetitivos en dichas propiedades, incluso cuando se observan grandes diferencias en las especies que se hallan agrupadas (Begon *op. cit.*).

Según Krebs (1986) Una comunidad es un conjunto de poblaciones de organismos vivientes en un área o hábitat determinado.

En las definiciones de comunidad aparecen 3 ideas principales:

- 1) La propiedad básica de una comunidad es la presencia de varias especies juntas en un área.
- 2) Prácticamente los mismos grupos de especies coinciden en espacio y tiempo. Uno puede conocer "un tipo de comunidad" con composición relativamente constante.
- 3) Las comunidades tienen tendencia hacia la estabilidad dinámica; este equilibrio tiende a restaurarse cuando sufre una perturbación (la comunidad presenta autorregulación u homeostasis). Es considerada como un tipo de superorganismo (Krebs, 1986).

Tradicionalmente se ha distinguido otra categoría en el estudio ecológico: el *ecosistema*. Comprende la comunidad biológica junto con su medio ambiente físico. Pero aunque la distinción entre comunidad y ecosistema puede ser útil en algunos casos, la implicación de que las comunidades y los ecosistemas pueden ser estudiados como entidades separadas sería errónea. Ningún sistema ecológico, ya sea del individuo, de una población o de una comunidad, puede ser estudiado sin tener en cuenta el ambiente en el que existe (Begon *op. cit.*).

Una comunidad puede ser definida en cualquier tamaño, escala o nivel de jerarquía de los hábitats. Entre estos varios niveles de estudio de las comunidades, ninguno es más legítimo o válido que los otros. El nivel apropiado para la investigación depende del tipo de preguntas que se plantean (Krebs *op. cit.*).

Una comunidad puede ser definida en cualquier tamaño, escala o nivel de jerarquía de los hábitats. En uno de los extremos, se pueden reconocer a escala global las pautas de distribución de los tipos de comunidades. Un ej. de ello lo constituye el bioma del bosque templado; la fig. 16.1 muestra su distribución en Norteamérica. A esta escala, los ecólogos suelen reconocer el clima como factor predominante que determina los límites de los tipos de vegetación. A una escala más fina, el bioma del

bosque templado de ciertas partes de New Jersey está representado por las comunidades de dos especies de árboles, las hayas y los arces, junto con un gran número de otras especies vegetales, menos conspicuas, y de animales y microorganismos. A una escala aún más fina de los hábitats, se puede estudiar la comunidad característica de invertebrados que vive en los agujeros rellenos de agua de las hayas, o bien los microorganismos del intestino de un ciervo del bosque (Begon *op. cit.*).

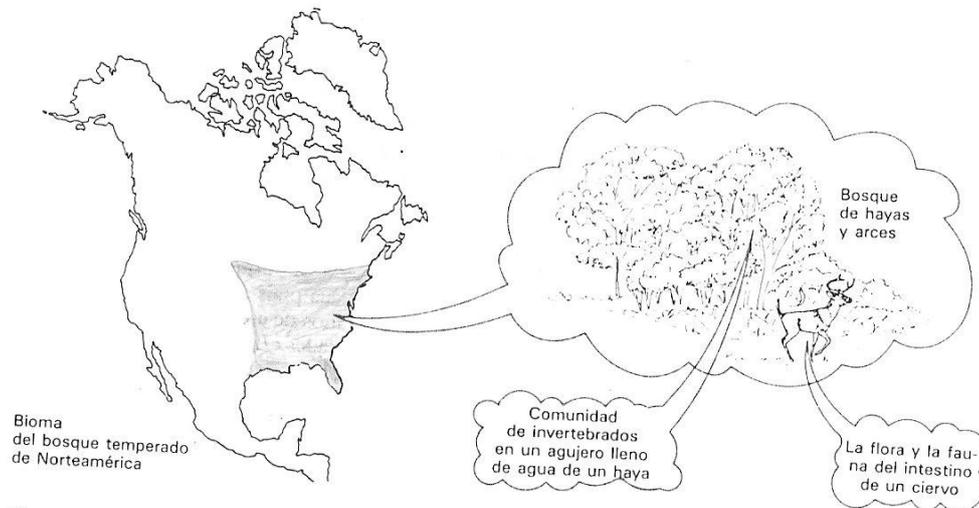


Figura 16.1 Podemos identificar una jerarquía de hábitats, incluidos unos en otros: bioma del bosque templado de Norteamérica; zona boscosa de haya y arce en New Jersey; agujero de un árbol lleno de agua, o intestino de un mamífero. El ecólogo elegirá estudiar la comunidad que existe en una de estas escalas.

Características de una comunidad

Como una población, una comunidad tiene una serie de atributos que no residen en los individuos componentes de la especie, y que sólo tienen significado con respecto al nivel de integración de comunidad. Se han medido y estudiado 5 características tradicionales de las comunidades (krebs, 1986).

- 1) **Diversidad de especies:** Es una lista de especies; es una medida de la riqueza de especies.
 - 2) **Forma y Estructura del Crecimiento:** - Categorías principales de forma de crecimiento ej. árboles, arbustos, herbáceas. - A las formas de crecimiento las podemos dividir en categorías como por ej. Árboles con hoja ancha, árboles con hojas aciculares. Estas formas de crecimiento diferentes determinan la estratificación o distribución vertical de la comunidad.
 - 3) **Dominancia:** Las especies dominantes son aquellas que tienen éxito ecológico, y que determinan en gran medida las condiciones bajo las cuales las especies asociadas tienen que crecer.
 - 4) **Abundancia Relativa:** Proporciones relativas de diferentes especies en la comunidad.
 - 5) **Estructura Trófica:** ¿Quién come a quién? Las relaciones alimentarias de las especies de la comunidad determinarán el flujo de materia y energía.
- 6) **Biomasa y Productividad:**

Se define **biomasa** como el peso total de individuos de una población o comunidad por unidad de área o de volumen en un tiempo determinado.

Productividad es la producción o aumento de biomasa que se produce en un intervalo de tiempo dado, incluidas las pérdidas ocurridas en ese período (por excreción, secreción, respiración, muerte o consumo por predadores). Se entiende como la cantidad de materia orgánica obtenida por fotosíntesis o

quimiosíntesis en un intervalo de tiempo. Cuando el nuevo material que se sintetiza es por el proceso de fotosíntesis se habla de **producción primaria**.

En la práctica se suele hablar de indistintamente de productividad o de producción, aunque para Margalef el término productividad representa un concepto de eficiencia (relación entre producción y biomasa).

Generalmente los cocientes P:B son muy bajos en los bosques y muy altos en las comunidades acuáticas. Es casi seguro que la razón principal de ello estriba en que una gran proporción de la biomasa de los bosques está muerta y también en que gran parte del tejido vivo de sostén es fotosintetizador. En los prados y matorrales, una mayor proporción de biomasa está viva e interviene en la fotosíntesis. En las comunidades acuáticas, particularmente cuando la productividad es debida sobre todo al fitoplancton, no existe tejido de sostén, las células muertas no se acumulan (generalmente son ingeridas antes de morir), y el output fotosintético por Kg de biomasa es por consiguiente muy elevado. Otro factor que ayuda a explicar los elevados cocientes P:B de las comunidades de fitoplancton se halla en la rápida renovación de biomasa.

Factores que limitan la productividad primaria

- **Comunidades terrestres:** La luz del sol, el CO_2 , el H_2O y los nutrientes del suelo son recursos necesarios para la producción primaria en los hábitats terrestres, mientras que la temperatura, que es una condición, posee una intensa influencia sobre la tasa de fotosíntesis, ya que actúa acelerando muchos procesos celulares.

La radiación incidente es utilizada de modo ineficiente por todas las comunidades. Las causas de estas ineficiencias pueden ser encontradas en: a) la escasez de H_2O que restringe la tasa de fotosíntesis; b) la escasez de nutrientes minerales esenciales que reduce la tasa de producción de tejido fotosintético y su eficacia en la fotosíntesis; c) las temperaturas que son letales o demasiado bajas para el crecimiento; d) una profundidad insuficiente del suelo; e) una cobertura incompleta por parte del follaje, de modo que gran parte de la radiación incidente cae sobre el suelo en vez de sobre el follaje.

- **Comunidades acuáticas:** Los factores que con mayor frecuencia limitan la productividad primaria de los ambientes acuáticos son la disponibilidad de nutrientes, la luz, la temperatura y la intensidad de ramoneo. Los nutrientes que resultan limitantes más a menudo son el nitrógeno y el fósforo.

Cuanto más rica en nutrientes es una masa de agua, tanto menos profunda será habitualmente su zona eufórica. Esto se debe a que las masas de agua con concentraciones más altas de nutrientes suelen poseer una biomasa mayor de fitoplancton que absorbe la luz y reduce la disponibilidad de ésta a profundidades mayores. (Se trata de un fenómeno análogo al de la influencia del sombreado del follaje de los árboles de un bosque, que pueden eliminar hasta un 98% de la energía radiante antes de que ésta pueda llegar a la vegetación de la capa más baja). Incluso en lagos poco profundos, si son suficientemente fértiles, pueden carecer de algas en el fondo a causa de la sombra ocasionada por el fitoplancton.

Estos atributos pueden estudiarse en comunidades en equilibrio o bien en comunidades que están cambiando. Los cambios pueden ser: a- Temporales: se los denomina **sucesión** y conduce a una comunidad **climax** estable; b- Espaciales: a lo largo del gradiente del entorno (ej. como se alteran las características de una comunidad según varía el gradiente de humedad o la temperatura) (Krebs, *op. cit.*).

Índices de diversidad:

Un modo de caracterizar a una comunidad consiste en establecer un recuento o una lista de las especies existentes en ella. Este procedimiento permite describir y comparar las comunidades en función de su riqueza de especies. El número de especies registradas depende del número de muestras que se han tomado, o del volumen del hábitat que se ha explorado.

Pero es importante tener en cuenta que cuando la composición de una comunidad se describe en términos del número de especies presentes, se ignora completamente un aspecto importante de la estructura numérica de las comunidades. Se pasa por alto la información de que algunas especies son raras y otras comunes. De modo intuitivo, una comunidad con 7 especies representadas todas ellas por el mismo número de individuos parece más diversa que otra comunidad, formada también por 7 especies, pero en la que un 40% de los individuos pertenecen a la especie más común y sólo un 5% a las tres especies más raras. Y sin embargo, ambas comunidades tienen la misma riqueza en especies.

Si la comunidad que nos interesa está claramente definida (ej. una comunidad de zarceros de un bosque), el recuento del número de individuos de cada especie puede ser suficiente en muchos casos. Sin embargo, si nos interesamos por todos los animales del bosque, tiene poco sentido utilizar el mismo tipo de cuantificación para los protozoos, las cochinillas, las aves y los ciervos. Su enorme disparidad de tamaño significa que los recuentos serían muy engañosos. También se nos plantearán grandes dificultades si intentamos contar las plantas (y otros organismos modulares). ¿Debemos contar el número de brotes, de hojas, de tallos, o de genes? Un modo de soslayar este problema consiste en describir la comunidad en términos de biomasa (o tasa de producción de biomasa) por especie por unidad de superficie.

- La medida más simple del carácter de una comunidad que toma en consideración tanto los esquemas de *abundancia* como la *riqueza* en especies es el **índice de diversidad de Simpson**. Se calcula determinando para cada especie, la proporción de individuos o de biomasa con la que contribuye al total de la muestra, es decir, que la proporción es P_i para la especie i .

donde:

$$P_i = n_i/N$$

N = número total de individuos.

el índice de diversidad de Simpson

$$\text{Índice de Simpson } D = \frac{1}{\sum_{i=1}^S P_i^2}$$

en donde S es el número total de especies de la comunidad (es decir, la riqueza). Tal como se pedía, el valor del índice depende de la riqueza en especies y también de la regularidad (equitatividad) con que los individuos están distribuidos entre las especies. Así, para una riqueza determinada, D aumenta con la equitatividad, y para una equitatividad dada, D aumenta con la riqueza. Obsérvese que es posible que una comunidad rica en especies, pero poco equitativa tenga un índice más bajo que otra comunidad con una riqueza menor pero altamente equitativa.

La equitatividad puede ser cuantificada también expresando el índice de Simpson, D , como una proporción del máximo valor que podría asumir D si los individuos estuvieran distribuidos de modo totalmente uniforme entre las especies. De hecho, $D_{\max} = S$. Por consiguiente:

«equitatividad»
y «uniformidad»

$$\text{equitatividad } E = \frac{D}{D_{\max}} = \frac{\sum_{i=1}^S P_i^2}{S}$$

La equitatividad adopta un valor comprendido entre 0 y 1.

el índice de diversidad de Shannon

Otro índice que se utiliza con frecuencia es el índice de diversidad de Shannon, H , que depende así mismo de una serie de valores P_i . Así:

$$\text{diversidad } H = - \sum_{i=1}^S P_i \ln P_i$$

$$\text{y equitatividad } J = \frac{H}{H_{\max}} = \frac{\sum_{i=1}^S P_i \ln P_i}{S}$$

Téngase en cuenta que los diferentes autores utilizan distintos logaritmos (base 10, e o 2), lo que evidentemente debe ser especificado al calcular H .

El índice de Shannon permite establecer:

- reducción del número de especies.
- Cambios en las poblaciones de cada especie.
- Cambios en las proporciones de las especies que componen la comunidad.
- Cambios en la calidad del agua.

La tabla 16.1 ilustra el comportamiento del índice de Simpson y del índice de Shannon para una serie de comunidades hipotéticas.

Los tres componentes de la estructura física de las comunidades son: Las plantas forman la matriz biológica básica de todas las comunidades, y las *formas de crecimiento* de las plantas son un componente importante en la estructura de la comunidad. Los sistemas acuáticos y terrestres se diferencian mucho en su estructura aparente, pero muchos aspectos del *esquema de organización espacial vertical* son comunes a ambos tipos de comunidad. Las *estaciones* cambian la estructura de todas las comunidades, incluso en áreas tropicales, y los acontecimientos estacionales son críticos para el funcionamiento de las comunidades naturales.

A) Formas de crecimiento: Las formas de crecimiento de las plantas pueden utilizarse como base de un sistema de clasificación. En lugar de tratar de la composición de especies de una comunidad vegetal, podemos utilizar su estructura visible como base de clasificación (Beard, 1973). Las formaciones pueden definirse muy general o muy concretamente, y pueden ser base de un sistema de clasificación flexible. Si utilizamos solo la forma de crecimiento principal, podemos clasificar la vegetación del mundo en unas cuantas formaciones (tabla 21.1).

La ventaja del concepto de formación, es que podemos reconocer equivalentes ecológicos en partes del mundo muy distantes. Las formas de crecimiento reflejan las condiciones del medio, y en condiciones similares se producen formas de plantas similares por evolución convergente. Schimper (1903) reconoció el principio de la geografía de las plantas hace aproximadamente 80 años, y propuso una amplia clasificación de formaciones que se ven en la tabla 21.2.

TABLA 21.1

Principales formas de crecimiento de plantas terrestres

<i>Árboles</i> , plantas leñosas muy grandes, la mayoría muy por encima de los 3 m de altura.
Con hojas aciculares (principalmente coníferas —pino, picea, alerce, secuoya, etc.).
Con hojas anchas y siempre verdes (muchos árboles tropicales y subtropicales con hojas de tamaño mediano).
Esclerófilo siempre verde (con hojas más pequeñas aunque siempre verdes).
Con hojas anchas y deciduas (las hojas caen en el invierno de la zona templada o en la estación seca tropical).
Árboles espinosos (armados con espinas, en muchos casos con hojas caedizas y compuestas).
Árboles en roseta (sin ramas, con una corona de grandes hojas —palmeras y helecho arborescente).
<i>Lianas</i> (trepadores de leñosas o enredaderas).
<i>Matorrales</i> , plantas leñosas menores, la mayoría por debajo de los 3 m de altura.
Con hojas aciculares.
Con hojas anchas siempre verdes.
Con hojas anchas caedizas.
Esclerófilos siempre verdes.
Matorrales arrossetados (yuca, ágave, aloe, palmito, etc.).
Con tallo suculento (cactus, algunas euforbias).
Matorrales espinosos.
Semimatorrales (las partes superiores del tallo y ramas mueren en estaciones no favorables).
Matorrales enanos (matorrales bajos que se extienden cerca de la superficie de la tierra, menos de 25 cm de altura).
<i>Epífitas</i> (plantas que crecen totalmente por encima de la superficie del suelo sobre otras plantas).
<i>Herbáceas</i> , plantas sin tallos leñosos perennes por encima del suelo.
Helechos.
Gramíneas (pasto, juncias y otras plantas con aspecto de pasto).
Otras (plantas herbáceas que no sean ni helechos ni gramíneas).
<i>Talofitas</i>
Líquenes.
Musgos.
Hepáticas.

FUENTE: Según Whittaker, 1975.

TABLA 21.2

Principales formaciones y correlaciones ambientales*

1. *Bosque tropical lluvioso*
Ocupa regiones de pluviosidad y temperatura constantes. El bosque es pluriestratificado, las hojas son principalmente siempre verdes, grandes y enteras; los árboles altos y con estribos; las epifitas y lianas son muy comunes. La flora es muy rica. Amazonia, Congo, Malasia.
2. *Bosque subtropical lluvioso*
Se encuentra en regiones húmedas subtropicales con algunas variaciones estacionales en temperatura y pluviosidad. Reducida exuberancia en la estructura y composición. Brasil, zonas altas africanas, sudeste de Asia.
3. *Bosque monzónico*
Tropical y con una estación primaveral seca moderada. El bosque es alto, pluriestratificado, con predominio de las especies deciduas en el dosel. Centroamérica, India, sudeste de Asia.
4. *Bosque lluvioso templado*
Presenta pluviosidad elevada y constante en las regiones más frías. El bosque es moderadamente alto, denso, con pocos estratos; las hojas son siempre verdes, pequeñas o coriáceas. Musgo y líquenes abundantes. En las montañas tropicales se encuentra una variante, el bosque lluvioso montano o bosque sombrío. Tasmania, Nueva Zelanda, Chile.
5. *Bosque caducifolio verde en verano*
Ocupa regiones con un pronunciado cambio estacional de temperatura, un invierno frío con nieve y un verano húmedo, de templado a caluroso. Los árboles son altos, de estructura simple, hojas anchas, elegantes, caducifolios. Este de Norteamérica, Europa, China.
6. *Bosque aciculifolio*
Es característico de las regiones frías con inviernos largos y pluviosidad elevada. Los árboles son coníferas con hojas aciculares o con forma de escama y pueden ser de gran tamaño. Oeste de Norteamérica, norte de Europa, Siberia.
7. *Bosque siempre verde*
Caracteriza a las regiones de clima «mediterráneo», clima con un verano seco y húmedo e invierno suave. Los árboles son pequeños (excepto en Australia) y de hojas esclerófilas. Australia, California, Mediterráneo.

TABLA 21.2 (continuación)

8. *Bosque sabanoide*
Aparece bajo una pluviosidad veraniega con una larga estación seca, por ejemplo, más extrema que el bosque monzónico. Los árboles son pequeños, siempre verdes, en formación abierta con un nivel inferior de grupos de pastos tropicales. Llanura brasileña y africana, norte de Australia.
9. *Bosque espinoso y maleza*
Climas secos tropicales. Los árboles son pequeños, a menudo espinosos y deciduos. El nivel del suelo incluye algunas suculentas anuales y hierbas. Brasil, África e India.
10. *Sabana*
Es un pastizal tropical, húmedo, con o sin árboles y puede deber su origen al fuego o a condiciones del suelo adversas, o a ambas. Pantropical.
11. *Estepa y semidesierto*
Se da en climas secos con pluviosidad invernal, por ejemplo, más extremo que el bosque esclerófilo siempre verde. Zonas de matorral abierto con hierbas anuales y pasto o pastizales secos. Norteamérica, Australia, URSS y Argentina.
12. *Brezal*
Como la sabana tropical, el brezal en regiones templadas está producido por el fuego, por las condiciones adversas del suelo o por ambos. Es una formación de ericoides y matorrales, con matorrales grandes espaciados y árboles pequeños. Distribuida por todo el mundo en localidades concretas.
13. *Desierto seco*
Regiones calurosas, de pluviosidad muy baja, con vegetación abierta y formas de plantas especiales que aparecen en diversas partes del mundo, por ejemplo, Cactáceas suculentas en Norteamérica, Liliáceas, Aizoáceas, Euforbias y Welwitschias suculentas en el sur de África; hierbas de montículo en Australia.
14. *Tundra y bosque frío*
Éste es el semidesierto de las regiones frías en donde hay una pequeña estación de crecimiento veraniega. Los líquenes son especialmente abundantes bajo las juncias y pastos (tundra), o bajo árboles encanijados. En las zonas rocosas los musgos pueden ser dominantes. Hemisferio norte en latitudes altas.
15. *Desierto frío*
Límite de las capas de hielo, glaciares y campos de nieve permanente. Vegetación escasa, principalmente herbácea.

* Estas formaciones no están confinadas en ninguna parte del mundo, y están clasificadas por sus formas de crecimiento. En la tabla se dan caracteres del entorno de cada formación. Las formaciones principales fueron reconocidas por Schimper y von Faber (1935).

Las formaciones reflejan las condiciones del entorno. Puede verse que las mismas cambian según uno se desplace a lo largo de gradientes ambientales. La fig. 21.1, ilustra 4 gradientes principales de las comunidades de plantas a lo largo de gradientes de temperatura y humedad asociados con la latitud y la altitud.

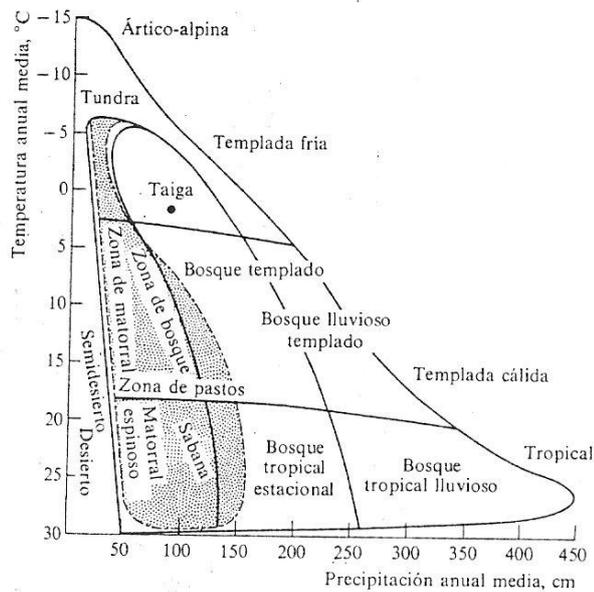


Figura 21.1.—Disposición de las formaciones mundiales en relación con la precipitación y temperatura. Los límites entre las formaciones son aproximados. Los efectos del suelo y el fuego pueden alterar el equilibrio entre las formaciones de leñosas y herbáceas en la región sombreada. (Según Whittaker, 1975.)

B) **Estructura vertical:** La mayoría de las comunidades muestran una estructura vertical o estratificación, pero la fuente de la estructura vertical es diferente en los sistemas acuáticos y terrestres. En ambos casos, la estratificación vertical está asociada a una disminución en la luminosidad.

La fig. 21.5 muestra la estratificación común en los bosques de cualquier parte del mundo.

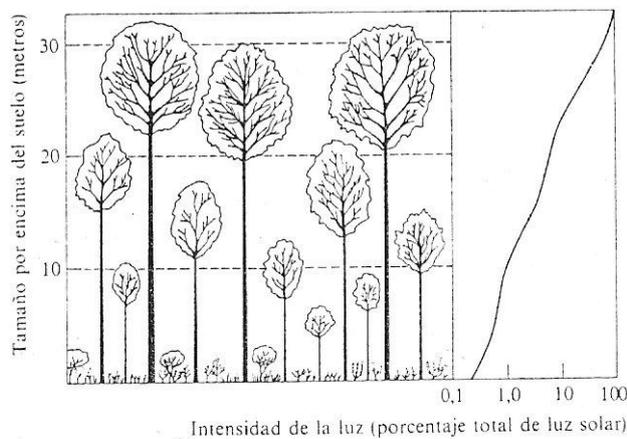


Figura 21.5.—Estratificación y extinción de la luz en un bosque. Especies diferentes de árboles, matorrales e hierbas mantienen el follaje a diferentes alturas por encima del suelo (izquierda), y están adaptadas a la vida a diferentes intensidades de luz (derecha) que resulta de la absorción de la luz del sol por ese follaje. (Según Whittaker, 1975.)

La competencia por la luz debe ser el factor crítico en la determinación de la estratificación del bosque.

La competencia por la luz puede darse cuando una planta proyecta sombra sobre otra, o dentro de la misma planta, cuando una hoja da sombra a la otra.

Un concepto importante para estudiar estratificación vertical en la vegetación terrestre es el *índice de superficie foliar*. Este índice es la proporción entre la superficie total de las hojas y la superficie total de la tierra. Según aumenta el índice foliar se alcanza un estadio en el cual las hojas más bajas de la vegetación no consiguen luz suficiente para realizar la fotosíntesis y, por lo tanto, mueren. Las hojas desde luego, no se sitúan en estratos perfectos. La luz atraviesa el

dosel de hojas de un bosque, puesto que el sol entra por diversos puntos y se refleja de hoja en hoja. Poca luz pasa a través de las hojas, y la norma general es la de observarse una disminución de intensidad hasta convertirse en luz difusa.

La estructura vertical en los sistemas acuáticos se debe a las propiedades físicas del agua. El agua cambia de densidad con la temperatura y salinidad, y estas propiedades físicas del agua resultan en una estructuración considerable de los entornos acuáticos. Los lagos de agua dulce se estratifican normalmente durante los meses de verano (fig. 21.8) y a menudo se mezclan durante el otoño o la primavera. Los lagos tropicales mantienen una estratificación a lo largo de todo el año.

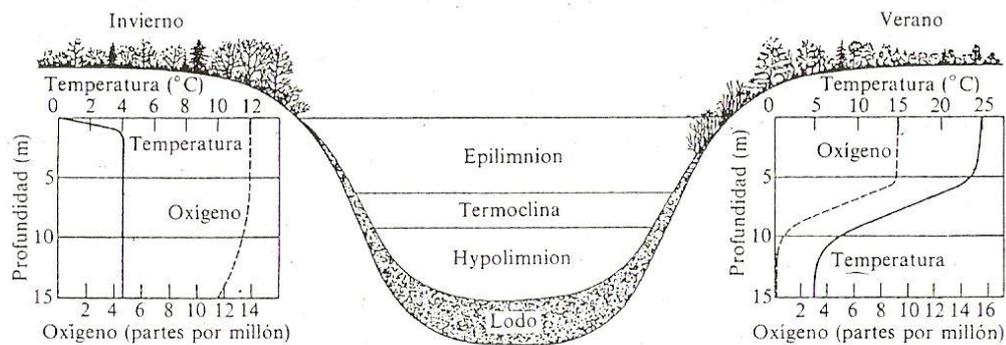


Figura 21.8.—Estratificación térmica en un lago templado del norte (Linsley Pond, Conn.). Las condiciones estivales aparecen a la derecha, las invernales a la izquierda. Nótese que en el verano una capa circulante de agua caliente y rica en oxígeno, el epilimnion, está separada de las aguas frías y pobres en oxígeno del hypolimnion por una amplia zona, denominada la termoclina, que se caracteriza por un rápido cambio en la temperatura y oxígeno según aumenta la profundidad. (Según Deevey, 1951.)

La luz es absorbida por el agua, y por tanto, la intensidad de luz decrece acusadamente con la profundidad en todas las masas de agua. El fitoplancton que vive en las zonas abiertas de los lagos y en el océano abierto son todas pequeñas, pero varían en tamaño y forma. El fitoplancton se enfrenta al problema de cómo mantenerse en la zona fótica. La densidad del fitoplancton de agua dulce es 1,01 a 1,03 veces la del agua, de modo que van sumergiéndose lentamente cuando se sitúan en aguas tranquilas (Hutchinson, 1967).

- b.6.- Resistencia de la forma: Las tasas de hundimiento, varían según la forma de la célula algal. Las tres últimas formas reducen la velocidad de hundimiento de 2 – 5 veces en relación a esferas de volumen equivalente. Los tamaños celulares grandes se compensan sea por reducción de la densidad celular o por el incremento de la resistencia de la forma (S-R).

Forma	S-R (resistencia de la forma)
prisma, biconos cortos	1
cilindros cortos	2
cilindros largos	4 – 4.5
colonias estrelladas	5.5

→ REQUIERE + TPO
PI HUNDIRSE

Fuente: Salusso, 2004.

El fitoplancton se concentra normalmente en la parte superior de la columna de agua. Esta estructura vertical puede mantenerse solo por la turbulencia del agua, que compensa la tendencia del fitoplancton a sumergirse.

Ir sumergiéndose lentamente puede ser ventajoso para el fitoplancton por que le permite una absorción de nutrientes más rápida y una más fácil evacuación de residuos. La proporción

superficie/volumen de los organismos afectará la transferencia de nutrientes y excrementos en el medio acuático.

- b. 7.- **Distorsión de la forma:** ciertas prolongaciones como cuernos, espinas o saliencias permiten mejorar la eficiencia fotosintética. Ejemplo: los cuernos de *Ceratium hirundinella* permiten una mejor distribución de los pigmentos clorofílicos. Por otra parte, la distorsión celular permite mantener la relación As/V , porque la célula tiende al principio conservativo de $As/V \approx 1$. A medida que aumenta el tamaño también aumenta el volumen celular y tiende a disminuir la relación As/v y por ende aumentar la tasa de sedimentación $\left[\frac{As}{V} > v \right]$. La distorsión celular también permite resistir a la predación de los filtradores del zooplancton.

Fuente: Salusso, 2004.

El zooplancton presenta una estructura vertical más diversa que el fitoplancton. Debido a que la mayoría del zooplancton puede nadar, la distribución vertical no es fija. Muchas especies llevan a cabo migraciones verticales en las que los individuos ascienden durante la noche desde las capas más profundas a las partes superiores del lago u océano.

El alimento necesario para la mayoría de las especies del zooplancton se concentra en los estratos superficiales del agua, y, por tanto, la migración vertical puede incrementar la consumición de alimento. Una buena razón para la migración vertical, es también evitar a los depredadores visuales que cazan durante el día en las aguas superficiales, y la migración a aguas más profundas probablemente elevan las posibilidades de un individuo de sobrevivir y reproducirse.

- C) **Estacionalidad:** Las comunidades cambian con las estaciones, y, por lo tanto, la estructura de cualquier comunidad no es constante, incluso en los bosques tropicales. Las estaciones de floración evolucionan bajo presión selectiva impuesta por la competencia por los polinizadores, de modo que los períodos de floración están espaciados entre especies de plantas diferentes. Las plantas y sus polinizadores forman una relación en la que ambos se benefician.

Organización de la Comunidad

Cadenas alimentarias y niveles tróficos

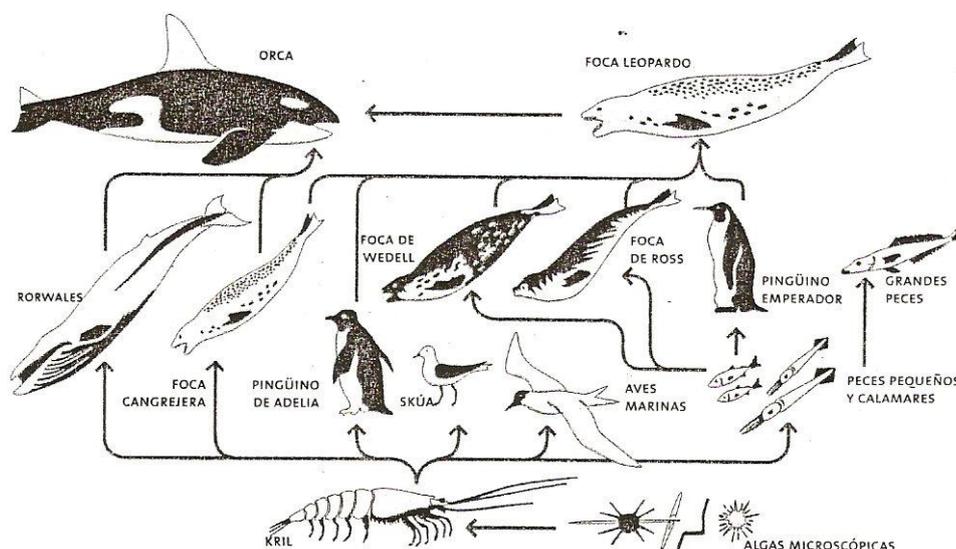
La transferencia de energía en forma de alimento desde el origen en las plantas, pasando por los herbívoros, hasta los carnívoros, se denomina cadena alimentaria. Elton (1927) fue uno de los primeros en aplicar esta idea a la ecología, analizando sus consecuencias. Señaló la gran importancia del alimento para los organismos, y se dio cuenta de que la longitud de esas cadenas alimentarias se limitaba a 4 o 5 eslabones. También se dio cuenta de que estas cadenas alimentarias no eran unidades aisladas, sino que estaban interconectadas en redes alimentarias.

El problema general es: ¿Cómo podemos determinar qué come cada especie en una comunidad compleja? Dos técnicas muy simples son, observar directamente de qué se alimentan, o examinar los contenidos estomacales. Ambas técnicas sin embargo tienen limitaciones. Algunos animales son muy pequeños para poderlos observar directamente, o comen por la noche. Otros animales digieren el alimento muy rápidamente, o lo trituran convirtiéndolo en una pulpa irreconocible. Una técnica que soluciona estos problemas es utilizar radioisótopos como indicadores.

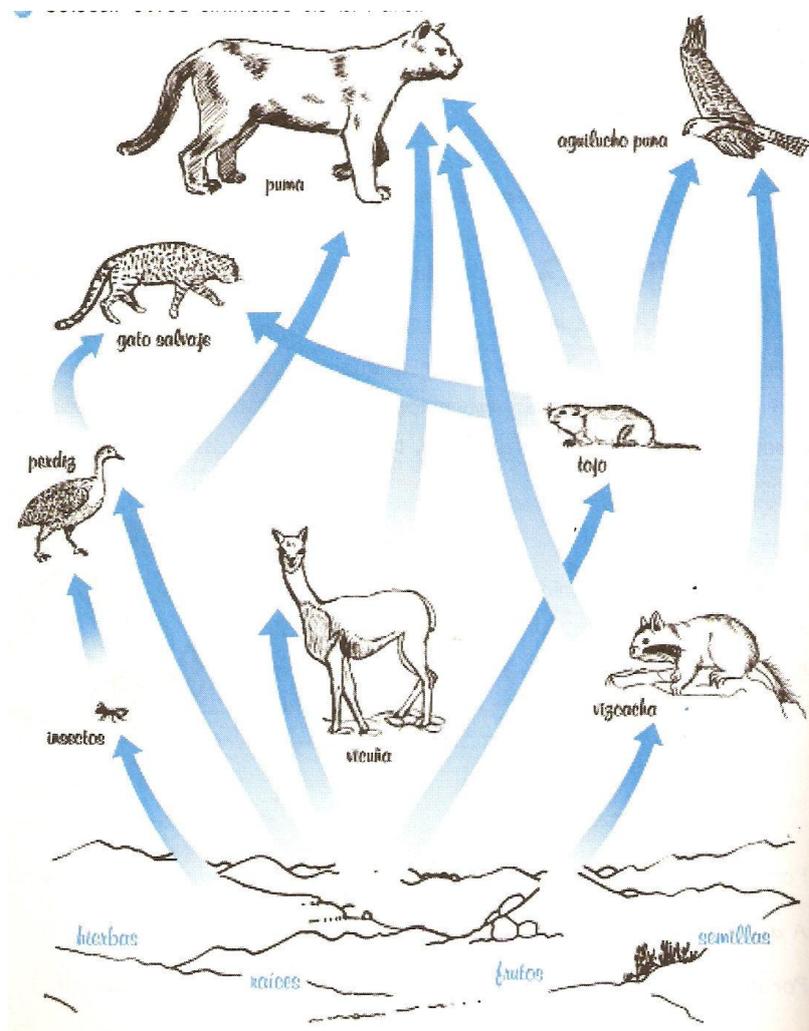
Dentro de las complejas redes alimentarias podemos reconocer varios niveles tróficos diferentes:

Productores	Plantas verdes y algas	Primer nivel trófico
Consumidores primarios	Herbívoros	Segundo nivel trófico
Consumidores secundarios	Carnívoros, insectos parásitos	Tercer nivel trófico
Consumidores terciarios	Grandes carnívoros, insectos hiperparásitos	Cuarto nivel trófico

La clasificación de los organismos por niveles tróficos se basa en la función, y no en especies como tales. Una especie dada puede ocupar más de un nivel trófico. Por ej. los machos del tábano se alimentan de néctar y jugos de plantas, mientras que las hembras son ectoparásitos chupadores de sangre. Otros ej. se pueden ver en las figuras a continuación:



Fuente: Muzzanti y Espinosa, 2002.



Fuente: Gil de Marrupe, 2001.

El tamaño ejerce un efecto importante sobre la organización de las cadenas alimentarias (Elton, 1927). Los animales de niveles tróficos sucesivos en una cadena alimentaria tienden a ser mayores. Hay desde luego, límites superior e inferior para el tamaño de alimento que un animal carnívoro puede comer. Excepto en algunos casos, los grandes carnívoros no pueden vivir de unidades de alimento muy pequeñas, porque no pueden cazar las suficientes en un tiempo dado para abastecer sus necesidades metabólicas (Krebs, 1986).

Las redes alimentarias pueden representar un punto de partida útil para el análisis teórico de la organización de las comunidades (Cohen, 1978; Pimm, 1982). La fig. 25.6 introduce una taquigrafía simbólica para el trazado de redes alimentarias. Las flechas de estas redes idealizadas indican si la especie de la que parte la flecha afecta la tasa de crecimiento de la especie que se encuentra en el extremo de la flecha y el signo aritmético indica el sentido de la interacción. Una flecha en círculo cerrado indica que una especie restringe su propia tasa de crecimiento (Krebs, 1986).

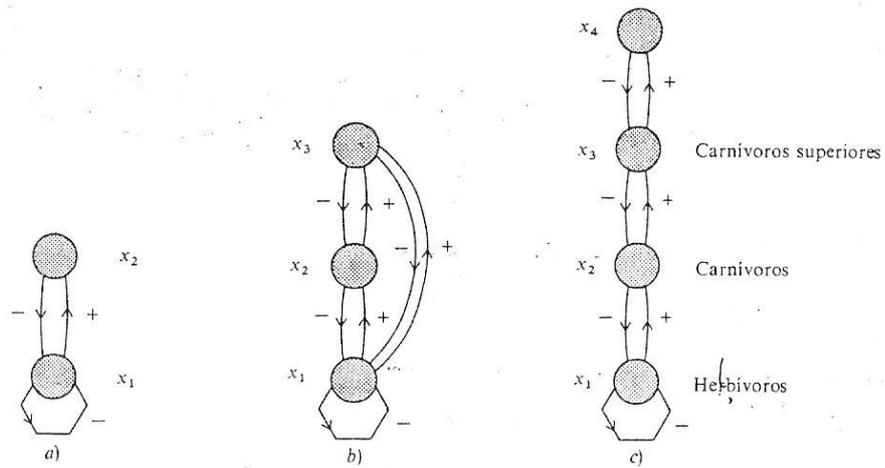


Figura 25.6.—Representación esquemática de redes alimentarias para sistemas de: a) dos; b) tres, y c) cuatro niveles tróficos. Los círculos representan especies o grupos de especies; las líneas representan las interacciones entre las especies. Los signos indican el efecto de la densidad de una especie sobre la tasa de crecimiento de la especie interactiva. Los circuitos cerrados representan una especie que inhibe su propio crecimiento de un modo dependiente de la densidad. (Según Pimm, 1982.)

Fuente: Krebs, 1986.

Cascada Trófica. Concepto

Existe control **Top-Down**

↓

Niveles tróficos adyacentes se relacionan en forma negativa

↓

Peces piscívoros son las "especies claves", por que repercuten en todos los niveles tróficos inferiores

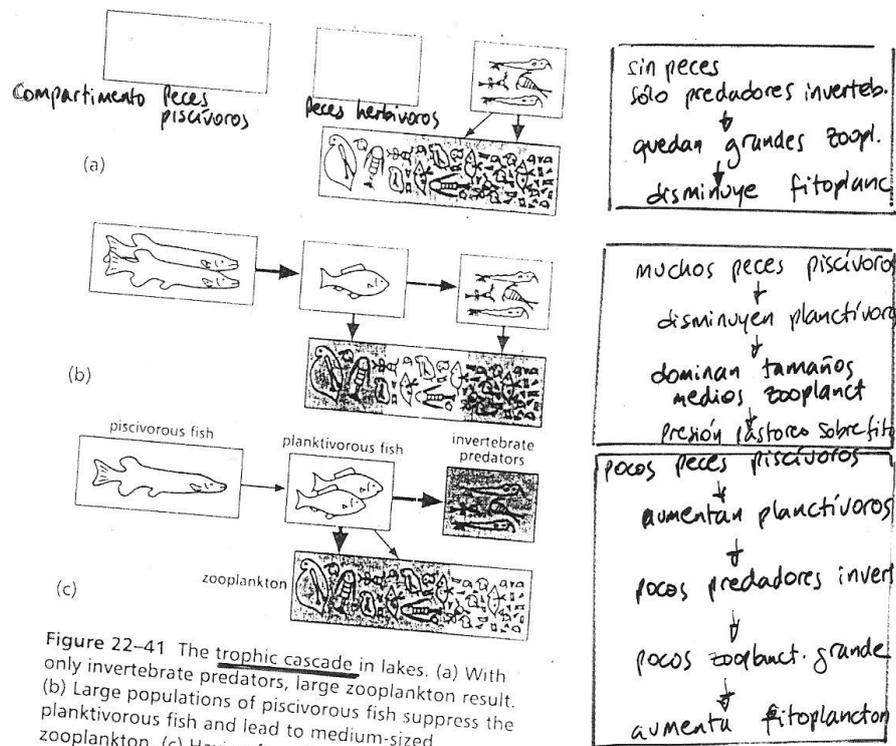


Figure 22-41 The trophic cascade in lakes. (a) With only invertebrate predators, large zooplankton result. (b) Large populations of piscivorous fish suppress the planktivorous fish and lead to medium-sized zooplankton. (c) Having few piscivorous fish and many planktivorous fish leads to many planktivorous fish and small zooplankton. (After Lampert, 1987 ©Springer-Verlag)

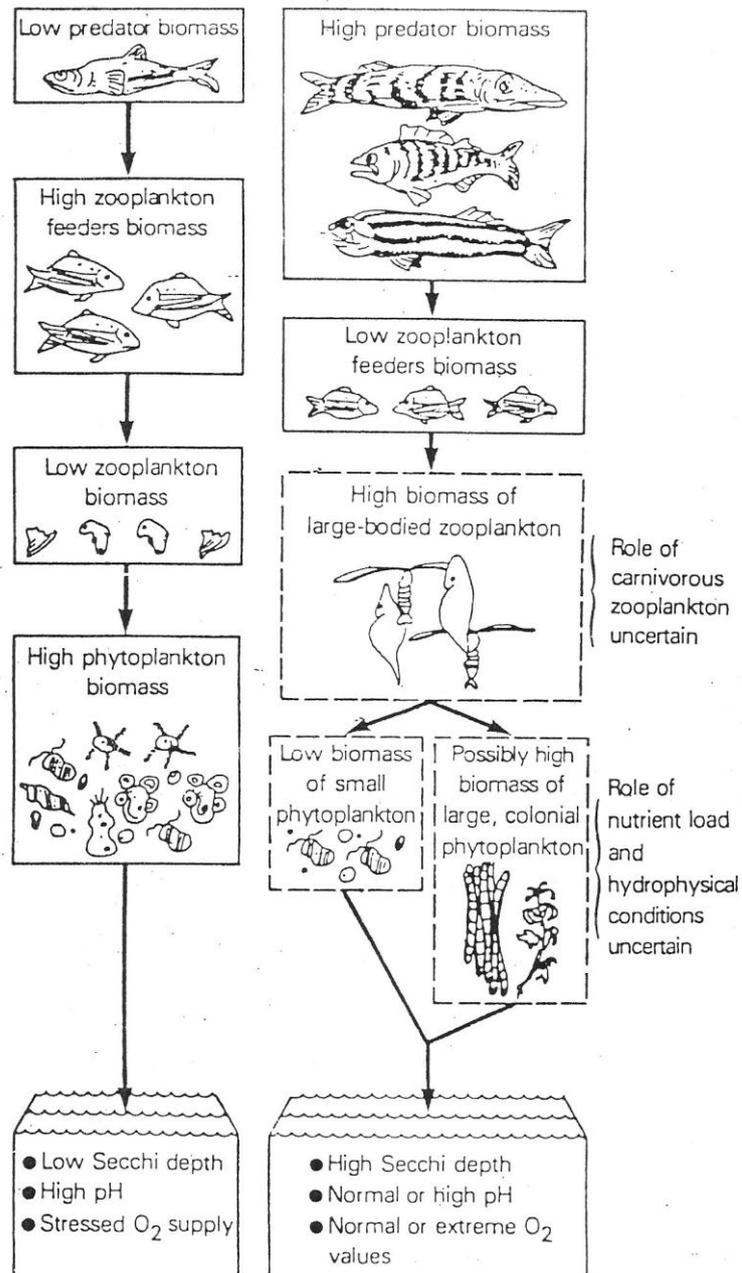
Control Top-Down



Manipulación del nivel trófico superior altera comunidades del fitoplancton



Permite mejorar la calidad del agua (aspecto recreacional y estético)



Las relaciones entre los niveles tróficos adyacentes son negativas. A su vez, los niveles superiores controlan al fitoplancton modificando: su estructura y composición.

Bottom-up

Control "de abajo hacia arriba"



Todos los niveles tróficos están positivamente relacionados en sentido ascendente.

Nutrientes → fitoplancton → zooplankton → peces piscívoros → peces carnívoros.

Metabolismo de la comunidad: Producción primaria

Los organismos individuales requieren una entrada constante de nueva energía para equilibrar las pérdidas producidas por el metabolismo, el crecimiento y reproducción. Por lo tanto, los individuos pueden ser considerados como máquinas complejas que procesan energía y materiales. Los autótrofos captan la energía del sol y los materiales de fuentes inanimadas. Las plantas verdes son autótrofas. Los heterótrofos captan la energía y los materiales comiendo materia viva. Los herbívoros son heterótrofos que viven comiendo plantas, y los carnívoros son heterótrofos que se alimentan de otros animales. Por tanto, las comunidades son una mezcla de autótrofos y heterótrofos. La materia y la energía entran en una comunidad biológica, son utilizados por los individuos y son transformadas en estructuras biológicas para ser finalmente liberados de nuevo al medio. El nivel de ecosistema incluye tanto los organismos como su medio abiótico, y es un amplio nivel al cual analizar el flujo de materia y energía (Krebs, 1986).

El primer paso en el estudio del metabolismo de la comunidad es determinar la red alimentaria de la comunidad. Una vez que conocemos esta red, debemos decidir cómo podemos juzgar el significado de las distintas especies con respecto al metabolismo de la comunidad. Puede haber más de 5.000 especies de animales en 520 ha de los bosques de Wytham en Gran Bretaña (Elton, 1966). Consideramos intuitivamente que todas estas especies no son igualmente significativas.

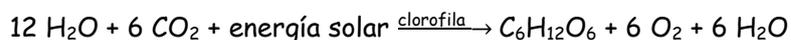
Deberían utilizarse tres medidas para definir la importancia relativa de una comunidad:

- 1- Biomasa: Se puede utilizar el peso o cosecha permanente de cada especie como medida de importancia, o bien en una situación dinámica donde el rendimiento es importante, necesitamos saber con qué rapidez produce una comunidad nueva biomasa.
- 2- Flujo de materiales químicos: Podemos considerar a la comunidad como un super- organismo tomando materia alimenticia, utilizándola y sacándola fuera. Todos los materiales químicos pueden reciclarse varias veces en la comunidad.
- 3- Flujo de energía: Podemos considerar a la comunidad como un transformador de energía que toma energía solar, fija parte de ella en la fotosíntesis, y la transfiere desde las plantas verdes a través de los herbívoros hasta los carnívoros. Nótese que la mayor parte de la energía fluye a través de la comunidad sólo una vez y no se recicla, sino que se transforma en calor, y finalmente se pierde en el sistema.

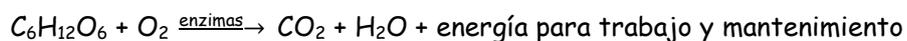
Producción primaria

El proceso de fotosíntesis es la piedra angular de toda la vida y el punto de partida de los estudios de metabolismo de la comunidad.

La fotosíntesis es el proceso de transformación de energía solar en energía química y puede expresarse simplifícadamente como:



Si la fotosíntesis fuese el único proceso que se diera en las plantas podríamos medir la producción por la acumulación de carbohidratos, pero al mismo tiempo las plantas respiran, utilizando energía para actividades de mantenimiento. La respiración es lo opuesto a la fotosíntesis, en una visión general:



En el equilibrio, la fotosíntesis iguala a la respiración, y esto se denomina el *punto de compensación*. Si las plantas estuvieran siempre en el punto de compensación no habría producción de materiales alimenticios para los animales. Definimos dos términos:

Producción primaria bruta = energía fijada en la fotosíntesis

Producción primaria neta = energía fijada en la fotosíntesis - energía perdida en la respiración.

El destino de la energía en las comunidades

La productividad secundaria se define como la tasa de producción de nueva biomasa por parte de los organismos heterótrofos. A diferencia de las plantas, las bacterias, los hongos y los animales no pueden fabricar a partir de moléculas simples los compuestos ricos en energía complejos, que necesitan. Obtienen la materia y la energía directamente, consumiendo materia vegetal, o bien directamente, consumiendo a otros heterótrofos (Begon *et al.*, 1997).

La productividad de los herbívoros es invariablemente inferior a la de las plantas de que se alimentan. ¿A dónde va a parar la energía restante? En primer lugar, no toda la biomasa vegetal producida es consumida viva por los herbívoros. Una gran parte muere sin haber sido ramoneada y sostiene a la comunidad de descomponedores (bacterias, hongos y animales detritívoros). En segundo lugar, no toda la biomasa vegetal ingerida por los herbívoros (ni toda la biomasa de herbívoros consumida por los carnívoros) es asimilada ni queda por lo tanto disponible para ser incorporada a la biomasa de consumidores. Una parte se pierde con las heces, pasando también a la comunidad de descomponedores. En tercer lugar, no toda la energía que ha sido asimilada es convertida realmente en biomasa. Una parte de ella se pierde en forma de calor respiratorio. Esto sucede por que ningún proceso de conversión energética tiene una eficiencia de 100% (una parte de la energía se pierde como calor utilizable, de acuerdo a la segunda ley de la termodinámica) y también por que los animales realizan un trabajo que requiere energía, que de nuevo se pierde en forma de calor (Begon, *op. cit.*).

Estas tres vías de la energía se producen en todos los niveles tróficos (fig. 17.18).

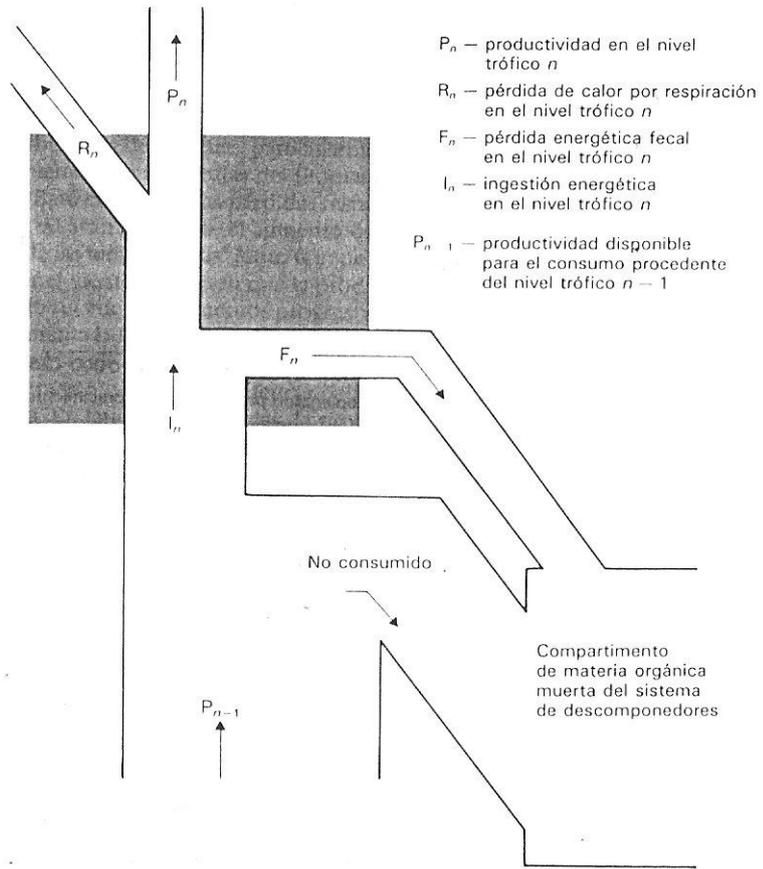
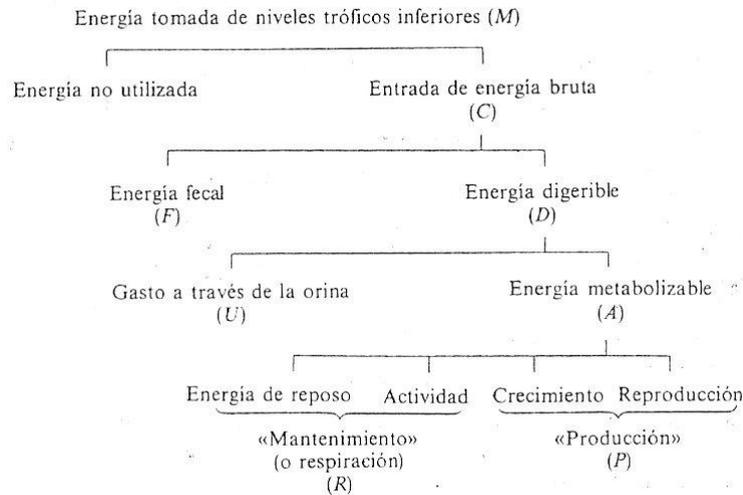


Figura 17.18 Esquema de flujo de energía a través de un compartimento trófico.

Fuente: Begon *et. al.*, 1997.

La repartición de materiales alimenticios y energía en un animal, puede interpretarse como una serie de dicotomías. Utilizando la energía tenemos:



Fuente: Krebs, 1986.

Eficiencia ecológica

Las proporciones de producción primaria neta que fluyen a lo largo de cada una de las posibles vías de la energía dependen de las **eficiencias de transferencia** con que la energía es utilizada y pasa de un nivel al siguiente. Todo lo que se necesita para predecir el esquema de flujo energético es el conocimiento de los valores de tan sólo 3 categorías de eficiencia de transferencia. Se trata de la *eficiencia de consumo* (EC), la *eficiencia de asimilación* (EA) y la *eficiencia de producción* (EP) (Begon, *op. cit.*).

$$\text{Eficiencia de consumo, EC} = \frac{I_n}{P_{n-1}} \times 100$$

Es decir que EC es el porcentaje de la productividad total disponible en un nivel trófico (P_{n-1}) que es realmente consumido (ingerido) por el compartimento trófico superior (I_n). Para los consumidores primarios del sistema de ramoneadores, la EC es el porcentaje de joules producido por unidad de tiempo como productividad primaria neta que pasa a través del intestino de los herbívoros. En el caso de los consumidores secundarios, se trata del porcentaje de la productividad de los herbívoros que es consumido por los carnívoros. El resto muere sin ser consumido y pasa a la cadena de los descomponedores (Begon, *op. cit.*).

Una cifra media razonable de la EC media de los herbívoros es de aproximadamente, un 5% en los bosques, un 25% en los prados y un 50% en las comunidades dominadas por el fitoplancton (Begon, *op. cit.*).

Sabemos mucho menos acerca de las EC de los carnívoros que se alimentan de sus presas, y todos los valores estimados al respecto son especulativos. Los depredadores vertebrados pueden consumir un 50- 100% de la producción de las presas vertebradas, pero quizás sólo un 5% de las presas invertebradas. Los consumidores invertebrados consumen quizás 25% de la producción disponible de las presas invertebradas, pero estas cifras tienen una fiabilidad incierta (Begon, *op. cit.*).

$$\text{Eficiencia de asimilación, EA} = \frac{A_n}{I_n} \times 100$$

La EA es el porcentaje de energía alimenticia que llega al intestino de los consumidores de un compartimento trófico (I_n) que es asimilada a través de la pared intestinal y queda disponible para su incorporación al crecimiento o que es utilizada para efectuar un trabajo (A_n). El resto se pierde en las heces y pasa a la base del sistema descomponedores (Begon, *op. cit.*).

La EA es típicamente baja en herbívoros, detritívoros y microvíboros (20-50%) y altas en los carnívoros (alrededor de un 80%). En general los animales están mal equipados para utilizar la materia orgánica muerta (principalmente materia vegetal) y la vegetación viva, en parte debido a la presencia de defensas físicas y químicas de las plantas, pero sobre todo como consecuencia de la elevada proporción de compuestos químicos estructuralmente complejos como la celulosa y la lignina. Pero muchos animales poseen una microflora intestinal simbiótica que produce celulasa y que ayuda a la asimilación de la materia orgánica vegetal. En cierto sentido, estos animales utilizan un sistema personal de descomponedores. Las semillas y los frutos pueden ser asimilados con una eficiencia de hasta un 60-70%, y las hojas con una eficiencia de aproximadamente un 50%, mientras que la eficiencia de asimilación de la madera puede ser de sólo un 15% (Begon, *op. cit.*).

$$\text{Eficiencia de producción, EP} = \frac{P_n}{A_n} \times 100$$

La EP es el porcentaje de energía asimilada (A_n) que es incorporada a la nueva biomasa (P_n). El resto se pierde enteramente para la comunidad en forma de calor respiratorio. (Los productos de secreción y excreción ricos en

energía, que han tomado parte en los procesos metabólicos, pueden ser considerados como producción, P_n , y quedar disponibles, como los cuerpos muertos, para los descomponedores) (Begon, *op. cit.*).

La EP varía sobre todo en función de la clase taxonómica de los organismos en cuestión. En general, los invertebrados presentan una eficiencia elevada (30-40%), al perder relativamente poca energía en calor respiratorio y al convertir en producción una mayor parte de lo asimilado. Entre los vertebrados, los ectotermos (cuya temperatura corporal varía en función de la temperatura ambiental) presentan unos valores intermedios de la EP (alrededor de un 10%), mientras que los endotermos, con su elevado gasto energético ocasionado por el mantenimiento de una temperatura constante, convierten en producción tan sólo un 1-2% de la energía asimilada (Begon, *op. cit.*).

El flujo de energía

De la energía solar que alcanza la superficie de la Tierra, una fracción muy pequeña es derivada a los sistemas vivos. Aun cuando la luz caiga en una zona con vegetación abundante como en una selva, un maizal o un pantano, sólo aproximadamente entre el 1 y el 3% de esa luz (calculado sobre una base anual) se usa en la fotosíntesis. Aun así, una fracción tan pequeña como ésta puede dar como resultado la producción -a partir del dióxido de carbono, el agua y unos pocos minerales- de varios millares de gramos (en peso seco) de materia orgánica por año en un solo metro cuadrado de campo o de bosque, un total de aproximadamente 120 millones de toneladas métricas de materia orgánica por año en todo el mundo.

Eugene P. Odum, uno de los investigadores norteamericanos que más aportó a la comprensión de la dinámica de funcionamiento de los ecosistemas, utilizó una serie de diagramas de flujo para representarla.

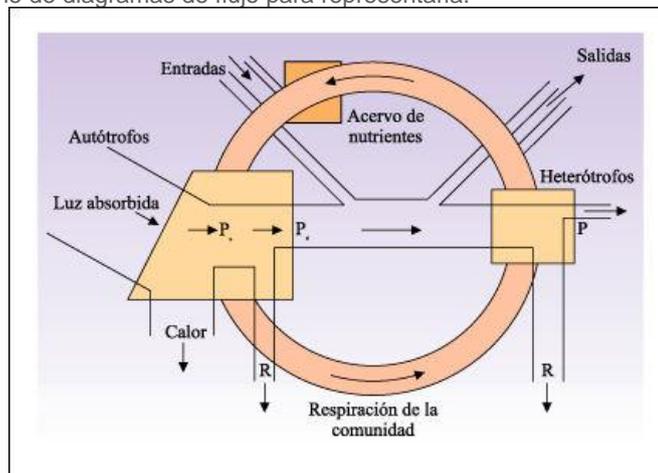


Diagrama de flujo de un ecosistema.

El diagrama anterior muestra el flujo unidireccional de energía y el reciclado de materiales. PG = producción bruta; PN = producción neta; P = producción heterotrófica; R = respiración.

El paso de energía de un organismo a otro ocurre a lo largo de una cadena trófica o alimentaria que consiste en una secuencia de organismos relacionados unos con otros como presa y predador. El primero es comido por el segundo, el segundo por el tercero y así sucesivamente en una serie de niveles alimentarios o niveles tróficos. En la mayoría de los ecosistemas, las cadenas alimentarias están entrelazadas en complejas tramas, con muchas ramas e interconexiones. La relación de cada especie con otra en esta trama alimentaria es una dimensión importante de su nicho ecológico.

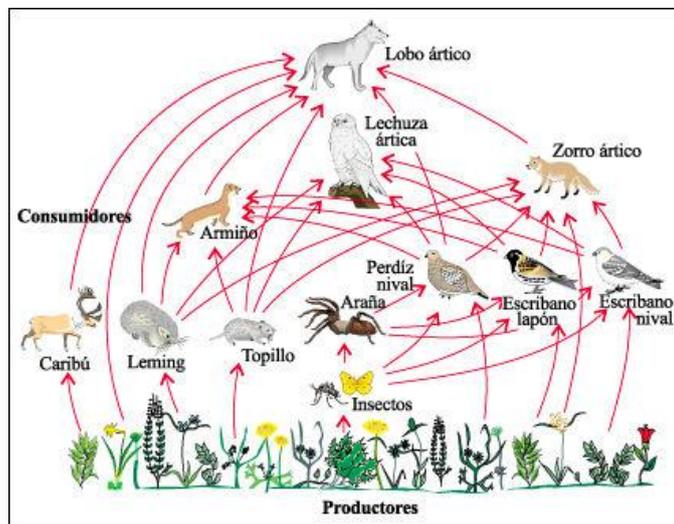


Diagrama de una red trófica en la tundra ártica, durante la primavera y el verano.

Las flechas indican la dirección del flujo de energía. Esta red alimentaria está muy simplificada. En realidad, forman parte de ella un número de especies de plantas y animales mucho mayor que el representado.

El primer nivel trófico de una trama alimentaria siempre está ocupado por un productor primario. En tierra, el productor primario habitualmente es una planta; en ecosistemas acuáticos, habitualmente, un alga. Estos organismos fotosintéticos usan energía lumínica para hacer carbohidratos y otros compuestos, que luego se transforman en fuentes de energía química. Los productores sobrepasan en peso a los consumidores; el 99% de toda la materia orgánica del mundo vivo está constituida por plantas y algas. Todos los heterótrofos combinados sólo dan cuenta del 1% de la materia orgánica.

La productividad bruta es una medida de la tasa a la cual los organismos asimilan energía en un determinado nivel trófico. Una cantidad más útil -y a menudo más fácil de medir- es la productividad neta; que es comparable a la tasa de ganancia neta. Habitualmente se la expresa como la cantidad de energía medida en calorías o en unidades equivalentes de energía, como el kilojoule en los compuestos químicos.

La biomasa es un término abreviado y útil que significa el peso seco total de todos los organismos que se mide en un momento dado. La productividad neta es una medida de la tasa a la cual los organismos almacenan energía, que luego queda a disposición de los organismos del siguiente nivel trófico.

En los ecosistemas agrícolas, el peso seco del total de plantas al final de la estación de crecimiento representa la producción primaria neta de esa estación y suministra una buena base de comparación entre distintos ambientes. Habitualmente, de ese valor se excluyen las raíces porque es difícil extraerlas de la mayoría de los suelos. Esto puede conducir a gruesas subestimaciones en, por ejemplo, la vegetación natural de los ecosistemas de desierto.

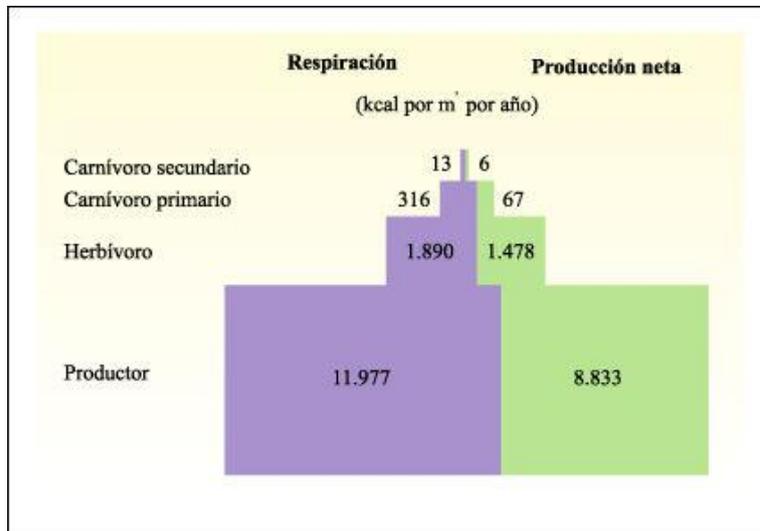
Los consumidores primarios (herbívoros) comen a los productores primarios. Un carnívoro que come a un herbívoro es un consumidor secundario, y así sucesivamente. En promedio, aproximadamente el 10% de la energía transferida en cada nivel trófico es almacenada en tejido corporal; del 90% restante, parte se usa en el metabolismo del organismo y parte no se asimila. Esta energía no asimilada es utilizada por los detritívoros y, finalmente, por los descomponedores.

La eficiencia ecológica es el producto de las eficiencias con las cuales los organismos explotan sus recursos alimentarios y los convierten en biomasa: eficiencias de explotación, asimilación y producción neta. La eficiencia ecológica depende principalmente de la eficiencia de asimilación -que es la proporción de energía consumida que se asimila-, y la eficiencia de producción neta -que es la proporción de energía asimilada que se gasta en crecimiento, almacenamiento y reproducción. En las plantas, la eficiencia de producción es la relación entre la productividad neta y la productividad bruta. Este índice varía entre un 30 y un 85%.

El valor energético de las plantas para sus consumidores depende de la proporción de materiales indigeribles que ellas contienen. El alimento de origen animal se digiere más fácilmente que el de origen vegetal.

La brevedad de las cadenas tróficas, es decir, el hecho de que sean tan cortas, fue atribuida desde hace tiempo a la ineficiencia involucrada en la transferencia de energía de un nivel trófico a otro, una explicación que, como tantas otras en ecología, está ahora sufriendo una revisión crítica. Sin embargo, en general, sólo un 10% de la energía almacenada en una planta se convierte en biomasa animal en el herbívoro que come esa planta. Se encuentra una relación semejante en cada nivel sucesivo.

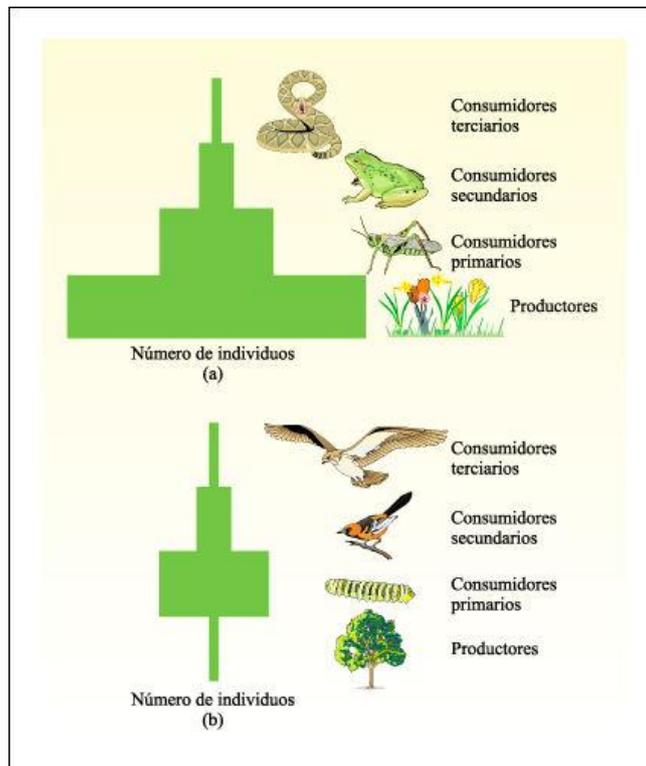
El cálculo empírico del 10% es sólo una estimación grosera. Las mediciones reales muestran amplias variaciones en las eficiencias de transferencia, desde menos del 1% a más del 20%, dependiendo de las especies de que se traten. El flujo de energía con grandes pérdidas en cada pasaje al nivel sucesivo puede ser representado en forma de pirámide.



Pirámide del flujo de energía para un ecosistema de río en Florida, EEUU.

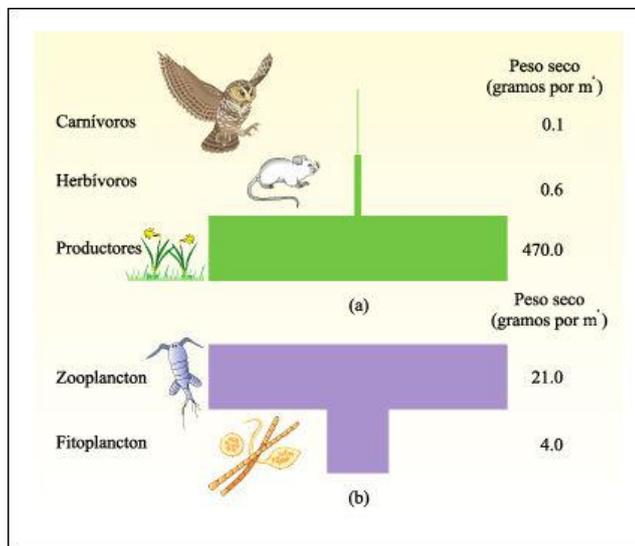
Una proporción relativamente pequeña de la energía del sistema es transferida en cada nivel trófico. Gran parte de la energía se invierte en el metabolismo y se mide como calorías perdidas en la respiración.

Las relaciones energéticas entre los niveles tróficos determinan la estructura de un ecosistema en función de la cantidad de organismos y de la cantidad de biomasa presente.



Pirámides numéricas.

Pirámides numéricas para a) un ecosistema de pradera gramínea en la que el número de productores primarios (gramíneas) es grande y b) un bosque templado en el que un solo productor primario, un árbol, puede soportar a un número grande de herbívoros.



Pirámides de biomasa.

Pirámides de biomasa para:

- a. plantas y animales de un campo en Georgia, EEUU y
 b. plancton del Canal de la Mancha.

Estas pirámides reflejan la masa presente en un momento dado; de aquí, la relación aparentemente paradójica entre el fitoplancton y el zooplancton.

Dado que la tasa de crecimiento de la población de fitoplancton es mucho más alta que la de la población de zooplancton, una pequeña biomasa de fitoplancton puede suministrar alimento para una biomasa mayor de zooplancton. Al igual que las pirámides de números, las pirámides de biomasa indican sólo la cantidad de material orgánico presente en un momento; no dan la cantidad total de material producido o, como hacen las pirámides de energía, la tasa a la cual se produce.

La tasa de transferencia de energía de un nivel a otro proporciona un segundo índice de la dinámica energética del ecosistema. Una baja tasa de transferencia suele significar que el tiempo de residencia en el nivel de origen es elevado, es decir, que ese nivel dispone de mecanismos de almacenamiento de la energía. Tales mecanismos pueden ser la producción de madera, de humus y toda otra estructura resistente a la acción de predadores y descomponedores. Puede calcularse:

$$\text{Tiempo de residencia (años)} = \frac{\text{Energía almacenada en biomasa (kJ.m}^{-2}\text{)}}{\text{Productividad neta (kJ. m}^{-2}\text{ año}^{-1}\text{)}}$$

Fuente: <http://iescarin.educa.aragon.es/estatica/depart/biogeno/varios/BiologiaCurtis/Seccion%208%20-%20Capitulo%2054.htm>

Relaciones interespecíficas

Introducción:

Los seres vivos no se encuentran aislados, sino que entre ellos se establecen diversas relaciones. Las interacciones que se establecen entre ellos pueden clasificarse en relaciones intraespecíficas e interespecíficas. A nivel de comunidades se estudian las relaciones interespecíficas.

Relaciones Interespecíficas:

Una **relación interespecífica** es la interacción que tiene lugar en una *comunidad* entre 2 individuos o más de especies diferentes. Hay diferentes tipos de relaciones:

- **Mutualismo:** En esta relación, las especies obtienen provecho de la asociación aunque no es obligada, ya que cada individuo puede subsistir sin la ayuda del otro. Cuando las dos especies no pueden vivir por separado se denomina, **simbiosis**.
- **Comensalismo:** Un individuo (comensal) se beneficia o alimenta de los restos de comida de otro organismo, sin causarle ningún beneficio ni perjuicio.

- **Parasitismo:** Un individuo (parásito) vive a expensas de otro (huésped) al que perjudica sin llegar a causarle la muerte. El parasitismo es una relación obligada, ya que el parásito no puede vivir sin su huésped.
- **Competencia:** Dos individuos utilizan un mismo recurso limitado, lo que conduce a que los individuos compitan por el acceso a la alimentación, el espacio, el agua, etc. La especie más fuerte acaba eliminando o desplazando a la más débil.
- **Depredación:** Un individuo (depredador) captura y mata a otro (presa) para alimentarse de él.
- **Herbivoría:** Similar a la depredación, excepto que esta relación se produce entre un animal herbívoro y las partes vivas de una planta. Si consideramos al individuo en sí, veremos que hay perjuicio a las plantas y beneficio para los animales que de ellas se alimentan.