

## Plan pedagógico: Profesorado de Educación Secundaria en Biología

Fecha: 27 y 29 /05/2020; 03 y 05/06/2020

Asignatura: Ecología y Etología

Docente: Prof. Y Lic. Florencia E. Román (florenciaemanuela@yahoo.com.ar)

- **Actividades para 27 y 29/05/2020 4 Hs. Cátedra**
- **Actividades para 03 y 05/06/2020 4 Hs. Cátedra**

**Contenido o tema a desarrollar:** Unidad 2. Recursos.

### Bibliografía:

- Begon, M., Harper, J.L. y C.R. Townsend. 1997. *Ecología Individuos, poblaciones y comunidades*. Ed. Omega, S.A. Barcelona. 886 pp.
- Begon, M. *et al.* 1999. *Ecología Individuos, poblaciones y comunidades*. Tercera Edición. Ed. Omega, S.A. Barcelona.
- Castro, R.J. Andel, M.; G.B. Rivolta. 1994. *Actualizaciones en Biología*. Ed eudeba. Bs. As. 258 pp.
- Darley, W.M. 1991. *Biología de las algas. Enfoque fisiológico*. Ed. LIMUSA. México. D.F. 517 pp.
- Wetzel, R.G. 1981. *Limnología*. Ed. Omega, S.A. Barcelona. 679 pp.

### Guía de Actividades:

- 1- Elabore un mapa conceptual teniendo en cuenta los diferentes recursos necesarios para los organismos.
- 2- Explique el concepto del fósforo (P) como nutriente limitante para el crecimiento algal.
- 3- Lea atentamente la clasificación de los recursos y elabore una infografía. En la misma explique brevemente la clasificación de los recursos, y cite ejemplos.

### Recursos

- ❖ Representan cantidades que pueden ser reducidas a causa de la actividad del organismo.
- ❖ Los recursos de los organismos vivos son:
  - Las materias que constituyen sus cuerpos.
  - La energía que interviene en sus actividades.
  - Lugares o espacios en los que pasan sus ciclos vitales.
- ❖ Lo que un organismo consume afecta a lo que queda disponible para los demás individuos (de la misma especie o de especies distintas). ----→ *Generan competencia*.
- ❖ La provisión de los recursos puede variar de modo sistemático (predecible, siguiendo ritmos diarios y anuales) o no sistemático (impredecible).

A continuación se enumeran los diversos recursos requeridos para los seres vivos para su crecimiento, reproducción, sitios de anidamiento, etc.

**RECURSOS:** Son todas las cosas consumidas por los organismos y que son utilizadas para sintetizar su biomasa, obtener energía o desempeñar determinadas actividades (Tilman 1982). Los recursos pueden ser elementos abióticos (nutrientes, luz y agua para plantas) o bióticos: presas para carnívoros, plantas para herbívoros, etc. También constituyen recursos los sitios donde anidar y las cuevas. El uso de un recurso por un organismo impide, aunque sea momentáneamente, su uso por parte de otro organismo.

Lo que para un individuo representa una condición, puede representar para otro un recurso. Ej: la luz solar es un recurso para las plantas, y una condición para los animales.

Los **recursos** se caracterizan por su **abundancia** o **disponibilidad**, a diferencia de las **condiciones** que las caracterizábamos por su **intensidad**. Los recursos se caracterizan por su abundancia y disponibilidad en el ambiente. ¿Cuál es la diferencia entre abundancia y disponibilidad? Abundancia es la cantidad del recurso presente en el ambiente, mientras que la disponibilidad es lo que un organismo tiene accesible para su uso. Por definición, la disponibilidad siempre es igual o menor que la abundancia, pero en la naturaleza lo más frecuente es que sea menor. Por ejemplo, un recurso para las plantas como el nitrógeno puede estar en altas concentraciones en el suelo, pero si no se encuentra disuelto en agua no puede ser absorbido por las plantas, y, por lo tanto, no estará disponible. Por otro lado, la presencia de nitrógeno inorgánico en el medio no implica que esté disponible para los animales, que lo deben incorporar en forma orgánica.

Si un animal se alimenta de frutas desde la tierra, y no puede trepar, las frutas que estén más allá de su alcance no van a estar disponibles, a menos que caigan. Una estimación de abundancia de fruta a secas no nos daría idea de lo que este animal puede realmente consumir. Las relaciones intra e interespecíficas también cambian la disponibilidad de recursos: un competidor disminuye los recursos disponibles, o la presencia de un depredador en un área puede impedir el acceso del consumidor a los recursos que se encuentren en esa área.

### ➤ **La radiación solar como recurso para las plantas**

La radiación solar es la única fuente de energía que las plantas verdes pueden utilizar para sus actividades metabólicas.

Las cantidades relativas de radiación que llegan hasta una hoja dependen de: a) la cantidad de *polvo existente en el aire*; b) el grosor de la *capa dispersante* que se encuentra entre el sol y la planta; c) la fracción de radiación directa es más alta a latitudes bajas.

Cuando una hoja intercepta energía radiante, ésta puede ser *reflejada*, *dispersada* o *absorbida*. Parte de la fracción absorbida puede llegar hasta los cloroplastos y activar el proceso de fotosíntesis. Pero la radiación se pierde irremisiblemente a menos que sea capturada y fijada en el preciso instante en que cae sobre la hoja. La energía radiante que ha sido fijada en la fotosíntesis sólo pasa una vez por la Tierra.

La radiación solar es un recurso continuo -un espectro de diferentes longitudes de onda-, pero el aparato fotosintético sólo es capaz de acceder a la energía de una banda restringida de dicho espectro (**Fig. 101, 102 y 103**). Tan sólo un 44% aproximadamente de la radiación solar corresponde al espectro fotosintéticamente activo.

La mayoría de los fotosintetizadores viven en un régimen de luz que varía a lo largo del día y del año, y en un medio ambiente con otros productores que modifican la calidad y la cantidad de luz recibida. Es decir, la luz que recibe una hoja está sometida a variaciones menos sistemáticas causadas por la naturaleza y la posición de las hojas vecinas. Cada estrato vegetal, cada planta, cada hoja intercepta la luz y crea así una zona de privación del recurso (ZPR).

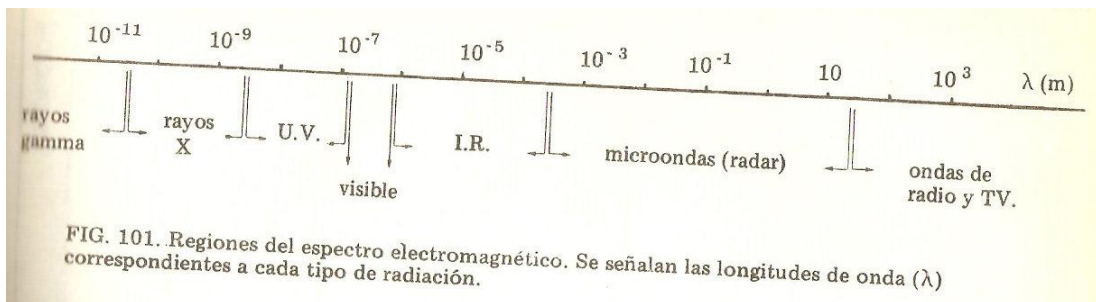


FIG. 101. Regiones del espectro electromagnético. Se señalan las longitudes de onda ( $\lambda$ ) correspondientes a cada tipo de radiación.

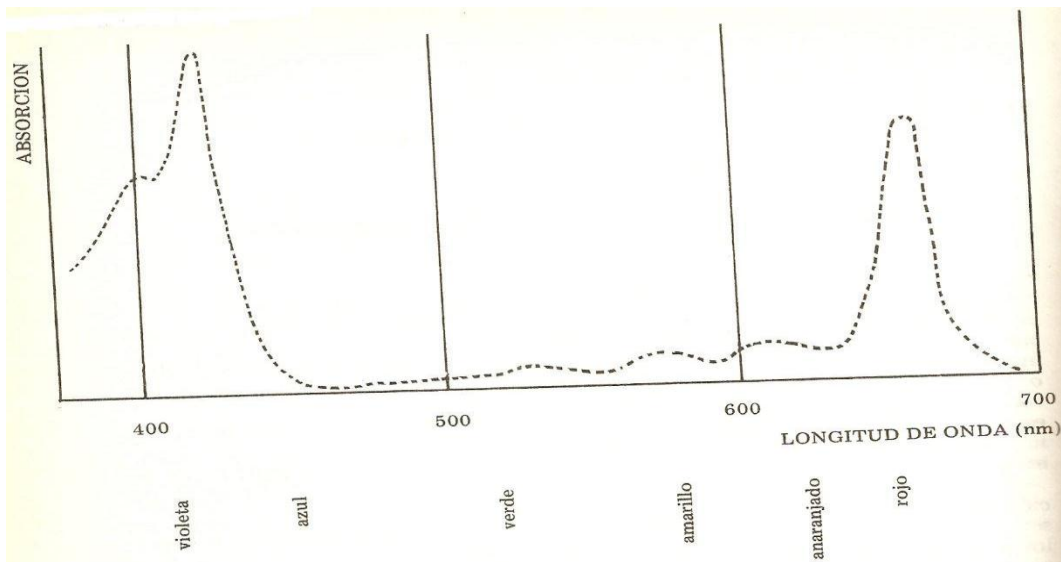
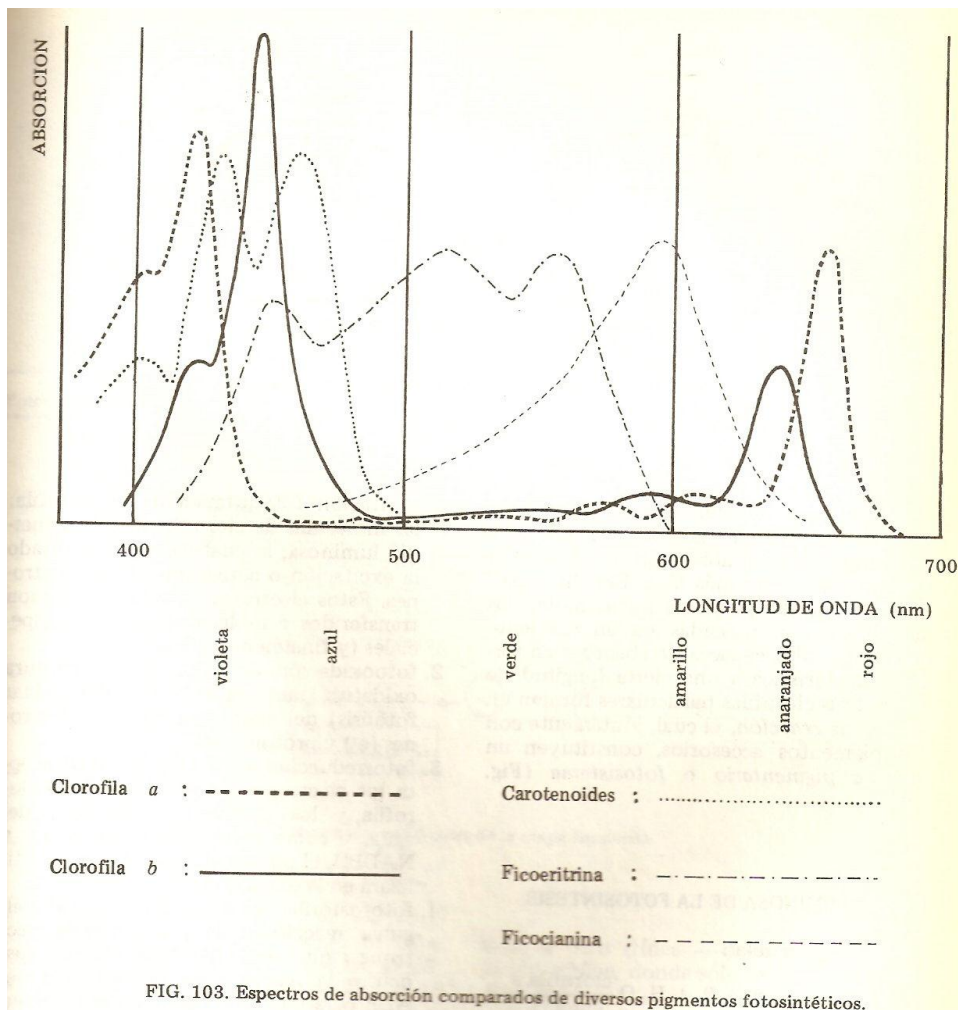


FIG. 102. Espectro de absorción de la clorofila *a*. El gráfico muestra que este pigmento absorbe en gran porcentaje la radiación que proviene aproximadamente de las zonas del azul y del rojo, pero que casi no absorbe las correspondientes al verde y al amarillo (a esto se debe el color que presenta).



Las principales diferencias estratégicas entre las especies con respecto a sus reacciones frente a la intensidad luminosa son las diferencias entre "especies de sol" y "especies de sombra". A la vista de tal variación entre las especies en cuanto a la respuesta a las distintas intensidades de radiación, no es sorprendente que la vegetación natural establecida tienda a estar formada por capas de plantas cuya capacidad para utilizar la radiación corresponde a su posición dentro de la vegetación.

En contraste con estas diferencias estratégicas, también puede suceder que, a medida que una planta crece, sus hojas se desarrollen de modos distintos como respuesta directa al ambiente luminoso en el que la hoja (o su yema) se ha desarrollado. Esto conduce a menudo a la formación de "hojas de sol" y "hojas de sombra" dentro de una misma planta.

### ➤ Dióxido de carbono

El  $CO_2$  utilizado en la fotosíntesis es obtenido casi totalmente de la atmósfera. Se difunde libremente en el aire y su privación afectaría probablemente por igual a todos los miembros de una población vegetal - la disponibilidad del  $CO_2$  es poco variable, y se considera que es un recurso no limitante.

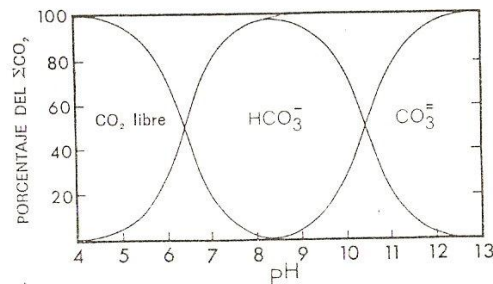
El contenido atmosférico de  $CO_2$  varía según el lugar y los aportes debidos a la polución industrial. Atendiendo al volumen, el promedio mundial es aproximadamente un 0,032 % mayor que en 1970, y va aumentando progresivamente (Machta, 1973).

El dióxido de carbono es muy soluble en las aguas, unas 200 veces más que el oxígeno, y, bajo las condiciones habituales de temperatura y presión de los lagos, cumple las leyes normales de solubilidad. La cantidad de  $\text{CO}_2$  que se disuelve en el agua es aproximadamente 1,1 mg/L a  $0^\circ\text{C}$ , 0,6 a  $15^\circ\text{C}$  y 0,4 mg/L a  $30^\circ\text{C}$ .

La fotosíntesis y la respiración son dos de los principales factores que influyen sobre los tenores de  $\text{CO}_2$  en el agua.

La difusión del  $\text{CO}_2$  atmosférico y las cinéticas de disociación de los carbonatos disueltos (**Fig. 10.1**) tienen evidentemente una importancia capital para los organismos fotosintetizadores, que dependen de la disponibilidad de carbono inorgánico.

Figura 10-1. Relación entre el pH y las proporciones relativas de las distintas formas de carbono inorgánico:  $\text{CO}_2$  (+ $\text{H}_2\text{CO}_3$ ),  $\text{HCO}_3^-$ , y  $\text{CO}_3^{2-}$  en solución. (En parte, según Golterman, H. L. (ed.), *Methods for Chemical Analysis of Fresh Waters*. IBP Handbook núm. 8, Oxford England, Blackwell Scientific Publications, 1959.)



### ➤ Agua

El agua es indispensable para la mayoría de los procesos metabólicos y es un constituyente de los seres vivos. Las plantas obtienen agua del suelo por las raíces, y liberan esta a la atmósfera. Si la tasa de pérdida supera la de ingreso, la planta pierde turgencia, se seca. Sin agua, no se puede producir la fotosíntesis, pero durante esta se pierde agua por los estomas. La concentración de  $\text{CO}_2$  en la atmósfera es baja (0,03%), por lo tanto el gradiente entre la planta y el ambiente es bajo, mientras que el de agua es grande, por lo que las plantas tienden a perder agua más rápido que lo que ingresan  $\text{CO}_2$ , especialmente en climas cálidos y secos.

¿Cómo reaccionan las plantas frente a la falta de agua? Una estrategia es evitar los períodos en los que el balance hídrico es negativo: plantas anuales, pasan el período seco como semillas o en forma de bulbos. Esta estrategia implica el no fotosintetizar durante el período desfavorable del año. Otra estrategia implica reducir la fotosíntesis, pero mantenerla: tienen hojas que evitan la pérdida de agua (plantas de desierto, coníferas). Cuando hay buena disponibilidad de agua, estas plantas son menos eficientes para la FS que otras, pero en climas donde hay épocas de stress hídrico, pueden producir más (considerando el balance anual).

En algunos casos, el stress hídrico viene acompañado de altas temperaturas, por eso las plantas de desierto presentan estructuras que impiden el sobrecalentamiento y la pérdida de agua: pelos y espinas que reflejan la radiación.

Procesos bioquímicos especializados pueden aumentar la eficiencia fotosintética respecto al consumo de agua. La mayoría de las plantas realiza la fotosíntesis utilizando el camino metabólico denominado  $\text{C}_3$ , fijan el  $\text{CO}_2$  en un compuesto de 3 carbonos: el fosfoglicerato (FFG). Si bien estas plantas son eficientes a baja intensidad de luz, consumen gran cantidad de agua debido a que la enzima que cataliza las reacciones tiene baja afinidad por el  $\text{CO}_2$ . Alcanzan su máxima tasa fotosintética a intensidades relativamente bajas, y son menos exitosas en zonas áridas. Hay dos caminos metabólicos alternativos que son más eficientes en el aprovechamiento del agua:  $\text{C}_4$  y CAM. Las plantas  $\text{C}_4$  utilizan una enzima que muestra una gran afinidad por el  $\text{CO}_2$ , y por lo tanto absorben más por unidad de agua perdida. El

CO<sub>2</sub> es asimilado en forma de un compuesto de 4 C, el ácido oxalacético, en las células del mesófilo. Este ácido difunde a las células de la vaina perivascular, donde se degrada en piruvato (3C) y CO<sub>2</sub>, que entra en el ciclo de Calvin (donde se forma la glucosa).

La cantidad de agua empleada en la fotosíntesis es infinitesimal comparada con el volumen que pasa a través de la planta en el transcurso de la fotosíntesis; ya que cualquier organismo terrestre que obtiene CO<sub>2</sub> de la atmósfera (o lo pierde), perderá agua al mismo tiempo. Pero existen formas para reducir la pérdida de agua con un mínimo perjuicio para la asimilación de carbono:

- Los ritmos de apertura y cierre de estomas.
- Los rasgos estructurales de las hojas, tales como pelos, estomas hundidos y restricción de los estomas a áreas especializadas de la superficie inferior de la hoja (estas características reducen la pérdida de agua y también la fotosíntesis).
- Algunas plantas pueden desarrollar hojas de formas bastante distintas en diferentes estaciones. Ej. polimorfismo secuencial de las hojas en plantas de zonas desérticas.
- El proceso de absorción de CO<sub>2</sub> en una planta puede ser dissociado del proceso de fotosíntesis. Ello se consigue manteniendo los estomas abiertos (y absorbiendo CO<sub>2</sub>) durante la noche y cerrados durante el día (Ej. plantas CAM).
- El gradiente de CO<sub>2</sub> hacia el interior de la hoja puede pasar a ser más pronunciado que el gradiente de vapor de agua hacia el exterior. Esto sucede en plantas C<sub>4</sub>.

La hidratación es una condición necesaria para que se produzcan las reacciones metabólicas del organismo; el agua es el medio en el que ocurren las reacciones.

La mayoría de los animales terrestres beben agua y/o la obtienen de los alimentos. Una parte de agua es generada por el metabolismo de los alimentos y del material corporal, y existen casos extremos en los que los animales de las zonas áridas consiguen obtener toda el agua de esta manera, en especial del metabolismo de las grasas. Es posible que el agua metabólica producida en la respiración de las grasas sea también importante para la economía hídrica de algunas semillas de las regiones áridas.

Las plantas terrestres tienen acceso directo al agua, interceptando la lluvia o condensando el rocío, y absorbiendo luego el agua a través de la superficie foliar; pero este proceso tiene una importancia menor. El principal recurso de agua para las plantas terrestres se encuentra en el suelo, que sirve de reserva.

Las plantas absorben el agua del suelo con las raíces. Pero la capacidad de obtener el agua depende de la fuerza con que esté retenida en el suelo, y esto depende del tamaño de los poros: si son muy grandes, los espacios intersticiales también son grandes, y el agua escapa por gravedad hacia abajo, si son muy pequeños, el agua es retenida con mucha fuerza por las partículas del suelo, y las plantas no la pueden extraer. Hay un rango intermedio de tamaño de las partículas del suelo que permite la extracción por las plantas.

Si los poros del suelo son anchos, como ser suelos arenosos, gran parte del agua continuará drenando, pasando a través del perfil del suelo acumulándose en las capas freáticas o fluyendo hacia un río. El agua mantenida por los poros del suelo en contra de la fuerza de la gravedad se denomina "**capacidad de campo**" del suelo. Es el límite superior de la capacidad de retención del agua de un suelo con drenaje libre. Luego, la capacidad de las plantas de ejercer una fuerza de succión suficiente para extraer el agua de los poros más delgados del suelo, recibe el nombre de "**punto de marchitez permanente**" el contenido en agua del suelo en el que las plantas que transpiran con lentitud pasarán a un estado de marchitez permanente del que no se pueden recuperar.

La mayoría de las raíces poseen unas características que aseguran que se trata de exploradoras. Las raíces se alargan antes de producir ramificaciones laterales y esto demuestra que la exploración precede a la explotación.

### ➤ **Nutrientes Minerales**

Los organismos utilizan una amplia variedad de elementos químicos. Aparte del CO<sub>2</sub>, el agua y el oxígeno, entre los recursos minerales que la planta o las algas deben obtener del suelo o del agua respectivamente, para su crecimiento y reproducción, los elementos más necesarios son el nitrógeno, el fósforo, el azufre, el potasio, el calcio, magnesio y hierro. Estos son denominados macronutrientes porque son necesarios en cantidades más o menos grandes. También hay elementos que son necesarios en pequeñas cantidades (micronutrientes), y que a altas concentraciones pueden ser tóxicos: cobre, manganeso, zinc, boro. Muchos de estos elementos químicos son esenciales también para los animales, aunque es más frecuente que estos los obtengan en forma orgánica, en su alimento, que en forma de compuestos inorgánicos. Algunos organismos tienen necesidades particulares, como las algas diatomeas que necesitan sílice para sus conchas de silicatos.

Las plantas absorben los nutrientes junto con el agua, por lo que la disponibilidad de nutrientes está estrechamente asociada a la de agua. También influyen el pH y la temperatura, que afectan la forma química en que se presente el mineral y sobre la solubilidad en el agua.

Principales nutrientes y sus funciones (modificado de Ricklefs 1989)

Elemento Nitrógeno (en forma de amonio, nitratos): Componente de proteínas y ácidos nucleicos.

Fósforo (fosfatos): Componente de ácidos nucleicos, fosfolípidos y huesos

Azufre (sulfatos): Componente de muchas proteínas

Potasio: Componente de células animales

Magnesio: Componente de la clorofila, también enzimas

Hierro: Componente de la hemoglobina y enzimas

Sodio: Principal soluto en líquidos extracelulares animales

Calcio: Componente de huesos y de células de plantas leñosas. Regulador de la permeabilidad celular

**ESENCIALES PARA LA MAYORÍA DE ORGANISMOS**

1. Esencial para todos los organismos vivos
2. Esencial para los animales



**ESENCIALES PARA GRUPOS RESTRINGIDOS DE ORGANISMOS**

1. Boro — Ciertas plantas vasculares y algas
2. Cromo — Probablemente esencial para los animales superiores
3. Cobalto — Esencial para los rumiantes y las leguminosas fijadoras de N
4. Flúor — Beneficioso para la formación de huesos y dientes
5. Iodo — Animales superiores
6. Selenio — ¿Algunos animales superiores?
7. Silicio — Diatomeas
8. Vanadio — Tunicados, equinodermos y algunas algas

|            |          |          |          |          |          |          |          |          |          |          |          |          |           |           |           |           |          |  |
|------------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|-----------|-----------|-----------|-----------|----------|--|
| 1<br>H     |          |          |          |          |          |          |          |          |          |          |          |          |           |           |           |           | 2<br>He  |  |
| 3<br>Li    | 4<br>Be  |          |          |          |          |          |          |          |          |          |          | 5<br>B   | 6<br>C    | 7<br>N    | 8<br>O    | 9<br>F    | 10<br>Ne |  |
| 11<br>Na   | 12<br>Mg |          |          |          |          |          |          |          |          |          |          | 13<br>Al | 14<br>Si  | 15<br>P   | 16<br>S   | 17<br>Cl  | 18<br>Ar |  |
| 19<br>K    | 20<br>Ca | 21<br>Sc | 22<br>Ti | 23<br>V  | 24<br>Cr | 25<br>Mn | 26<br>Fe | 27<br>Co | 28<br>Ni | 29<br>Cu | 30<br>Zn | 31<br>Ga | 32<br>Ge  | 33<br>As  | 34<br>Se  | 35<br>Br  | 36<br>Kr |  |
| 37<br>Rb   | 38<br>Sr | 39<br>Y  | 40<br>Zr | 41<br>Nb | 42<br>Mo | 43<br>Tc | 44<br>Ru | 45<br>Rh | 46<br>Pd | 47<br>Ag | 48<br>Cd | 49<br>In | 50<br>Sn  | 51<br>Sb  | 52<br>Te  | 53<br>I   | 54<br>Xe |  |
| 55<br>Cs   | 56<br>Ba | 57<br>La | 72<br>Hf | 73<br>Ta | 74<br>W  | 75<br>Re | 76<br>Os | 77<br>Ir | 78<br>Pt | 79<br>Au | 80<br>Hg | 81<br>Tl | 82<br>Pb  | 83<br>Bi  | 84<br>Po  | 85<br>At  | 86<br>Rn |  |
| 87<br>Fr   | 88<br>Ra | 89<br>Ac |          |          |          |          |          |          |          |          |          |          |           |           |           |           |          |  |
| Lantánidos |          |          | 58<br>Ce | 59<br>Pr | 60<br>Nd | 61<br>Pm | 62<br>Sm | 63<br>Eu | 64<br>Gd | 65<br>Tb | 66<br>Dy | 67<br>Ho | 68<br>Er  | 69<br>Tm  | 70<br>Yb  | 71<br>Lu  |          |  |
| Actínidos  |          |          | 90<br>Th | 91<br>Pa | 92<br>U  | 93<br>Np | 94<br>Pu | 95<br>Am | 96<br>Cm | 97<br>Bk | 98<br>Cf | 99<br>Es | 100<br>Fm | 101<br>Md | 102<br>No | 103<br>Lr |          |  |

Fig. 3.12 la tabla periódica de los elementos; se indican aquellos elementos que son recursos esenciales en la vida de diversos organismos.

Todas las plantas verdes necesitan la totalidad de los elementos "esenciales" (fig. 3.12). Sin embargo, las plantas de las diversas especies no utilizan los recursos minerales en la misma proporción, y existen algunas diferencias notables entre la composición mineral de los tejidos vegetales de distintas especies y entre las distintas partes de una misma planta.

Los minerales pueden estar distribuidos de forma desigual en el suelo; y el hecho de que una planta llegue o no a tener acceso a los mismos dependerá de las estrategias programadas del desarrollo radicular, y de su capacidad de respuesta a las zonas locales ricas del suelo.

### Concepto de factor limitante

El factor limitante es el recurso primordial (fuera de todo el espectro de recursos básicos) que está en cantidades que se aproximan estrechamente al mínimo crítico requerido por el organismo. Este concepto se aplica más fácilmente cuando se habla de condiciones de estado estable (Odum, 1971).

En el caso de las algas, se supone que si el nivel del factor limitante aumenta, la población de algas crece a un nivel mucho mayor hasta que el nivel de algún otro recurso importante limite la tasa de crecimiento.



Las cantidades o proporciones en que los nutrientes son tomados y utilizados por las algas está reflejado en Q= Cuota celular (cantidad relativa de dichos nutrientes en el material celular), que según Redfield (1934) sería:

Proporción atómica de C, N, P en el plancton  
C: N: P  
106:16:1

Es importante tener en cuenta que lo que es limitante para una especie no necesariamente es limitante para otra.

### ➤ Oxígeno

El Oxígeno es un recurso tanto para los animales como para las plantas. Únicamente algunos procariotas pueden vivir sin él. Su difusibilidad y su solubilidad en agua son muy bajas, y por ello se convierte en un factor limitante con más rapidez en los ambientes acuáticos. Su solubilidad en agua disminuye rápidamente al aumentar la temperatura.

Cuando la materia orgánica se descompone en un ambiente acuático, la respiración microbiana plantea una DBO (demanda biológica de oxígeno), y esta DBO puede limitar los tipos de animales superiores capaces de persistir en aquel ambiente.

Como el oxígeno difunde lentamente en el agua, los animales acuáticos deben:

- mantener un flujo continuo de agua sobre sus superficies respiratorias (ej. agallas).
- Poseer una superficie muy amplia en relación con el volumen corporal.
- Poseer pigmentos respiratorios especializados
- Poseer una tasa respiratoria baja
- Volver continuamente a la superficie del agua (ballenas, delfines, tortugas).

Las raíces de muchas plantas superiores no pueden crecer en un suelo saturado de agua, o mueren si el nivel del agua freática asciende después que las raíces hayan penetrado profundamente en el suelo. Esta reacción puede ser en parte una respuesta al déficit de oxígeno y en parte a la acumulación de gases (ácido sulfhídrico, metano, etileno) producidos por microorganismos dedicados a la descomposición anaeróbica. Incluso si no mueren cuando se hallan privadas de oxígeno dejan de absorber los nutrientes minerales.

### ➤ Los organismos como recursos alimenticios

Los organismos autótrofos asimilan recursos inorgánicos, formando "paquetes" de moléculas orgánicas. Estos se convierten en el recurso de los heterótrofos y forman parte de una cadena de acontecimientos en la que cada consumidor de un recurso se convierte, a su vez, en recurso para otro consumidor. En cada eslabón de esta cadena alimenticia podemos reconocer generalmente tres vías hacia el siguiente nivel trófico.

- I. La **descomposición**, en la que los cuerpos de los organismos mueren y, junto con los productos residuales y de secreción, se convierten en el recurso alimenticio de los

"descomponedores" (bacterias, hongos y animales detritívoros)- grupo que no puede utilizar los organismos mientras están vivos.

- II. El **parasitismo**, en el que el organismo vivo es utilizado como recurso estando aún con vida. El parásito es un consumidor que habitualmente no mata al organismo que le sirve de alimento y que durante su vida se alimenta tan sólo de uno o muy pocos huéspedes. Ej. tenias, áfidos que extraen la savia de las hojas de los árboles, y los parásitos fúngicos de las plantas, tales como las royas.
- III. La **depredación**, en los casos en los que el organismo que sirve de alimento, o parte del mismo, es matado y comido. Ej. de interacciones predador- presa: una plántula atacada por un hongo, una pulga de agua que come células de fitoplancton, una bellota comida por una ardilla, un puma que devora un conejo, una ballena que come crustáceos, entre otros. El *ramoneo* puede ser considerado como un tipo de depredación, pero el organismo que sirve de alimento (la presa) no resulta muerta; el ramoneador sólo toma una parte de su presa, dejando el resto con un potencial para regenerarse. Ej. orugas defoliantes, mamíferos rumiantes, comen las hojas pero rara vez las yemas.

Estas categorías no son definitivas, ya que por ej. existen descomponedores que matan al tejido del huésped antes de penetrar en él, y existen parásitos que matan a sus huéspedes.

Los consumidores pueden ser **generalistas** y comer una amplia variedad de especies como alimento - aunque a menudo muestran un orden de preferencias entre los alimentos que ingieren. Pero un consumidor se puede especializar también en unas partes determinadas de sus presas, aunque éstas pueden pertenecer a diversas especies. Ej. aves que se especializan en semillas; muchos ramoneadores comen hojas y no suelen tocar las raíces y algunos nemátodos y larvas de ciertos coleópteros, se alimentan especialmente de raíces. Finalmente, un consumidor puede especializarse en una única especie o una estrecha gama de especies afines, se dice que es **especialista**. Ej. el gusano del frambueso, la avispa de las agallas del roble.

Cuanto más especializado es el recurso alimenticio que necesita un organismo, tanto más obligado se verá dicho organismo a vivir en zonas con el recurso en cuestión o a emplear tiempo y energía en buscar su alimento entre una mezcla de comidas. La especialización puede estar determinada por ciertas estructuras peculiares, particularmente piezas bucales, que hacen posible aprovechar eficazmente el recurso.

Muchos recursos alimenticios muestran una disponibilidad estacional, como por ej. el frambueso silvestre de una zona boscosa temperada. Las diversas estructuras estacionales pueden ser recursos válidos para los herbívoros generalistas que pueden dedicarse a otros alimentos cuando termina la estación del frambueso, o bien para los especialistas que muestran su fase activa de la vida durante la estación apropiada y que pasan el resto del año sin necesidades alimenticias (en letargo o en diapausa).

### **El contenido nutritivo de las plantas y animales como alimento**

Como recurso, el cuerpo de una planta es bastante diferente al cuerpo de un animal. La diferencia más importante estriba en que las células vegetales están rodeadas de celulosa, lignina y/u otros materiales estructurales. Estas paredes vegetales le confieren a los vegetales elevado contenido en fibras, son las responsables del elevado contenido de carbono fijado en los tejidos vegetales y de la elevada proporción de carbono con respecto a otros elementos importantes. A diferencia de las plantas, los tejidos animales no contienen carbohidratos o fibras estructurales, pero son ricos en grasas y proteínas.

Los herbívoros consumen material vegetal vivo, y bacterias, hongos y detritívoros que consumen material vegetal muerto; utilizan un recurso alimenticio rico en carbono y pobre en proteínas. Los productos residuales principales de los organismos que consumen plantas son compuestos ricos en carbono ( $CO_2$  y fibra). En cambio, los herbívoros y sus consumidores tienen una composición similar. La mayor parte de las necesidades energéticas de los carnívoros es cubierta por las proteínas y grasas de sus presas, por lo que sus productos de excreción son compuestos nitrogenados.

### ➤ El espacio como recurso

Todos los organismos vivos ocupan espacio, y en cierto sentido se puede decir que compiten por él.

Ej.1 una planta compite por poseer un espacio en la vegetación. Pero es más exacto decir que están compitiendo por la luz, o por algún otro recurso, que pueden capturar en dicho espacio.

Ej.2 Las plantas necesitan espacio para sus raíces, pero con ello en realidad se quiere decir que necesitan los recursos agua y nutrientes que se encuentran en dicho espacio.

Con esto podemos decir que la palabra "espacio" puede ser utilizada para describir los recursos que pueden ser capturados en el espacio.

El espacio se puede convertir en recurso potencialmente limitante sólo cuando el empaquetado físico de los organismos limita su actividad, incluso con abundancia de alimentos. Ej. bolanos y mejillones pueden agruparse sobre una superficie de una roca con una densidad tal que no quede lugar físico para otros individuos.

El comportamiento de un animal territorial ha convertido el espacio en un recurso. Esto pasa a ser importante cuando consideramos los modos en que los organismos compiten entre sí por los recursos. Ej. comportamiento de un ave territorial puede definir un espacio que es defendido por dicho organismo. El espacio contiene recursos, pero éstos son obtenidos en virtud del espacio.

En otros casos queda bien claro que el recurso es el espacio mismo, y no los recursos que pueda contener. Ej. competencia entre lagartijas por los lugares soleados de las rocas. Además podemos identificar los lugares de anidamiento y los escondites como recursos potenciales para muchos tipos de animales.

### Interacciones entre los recursos

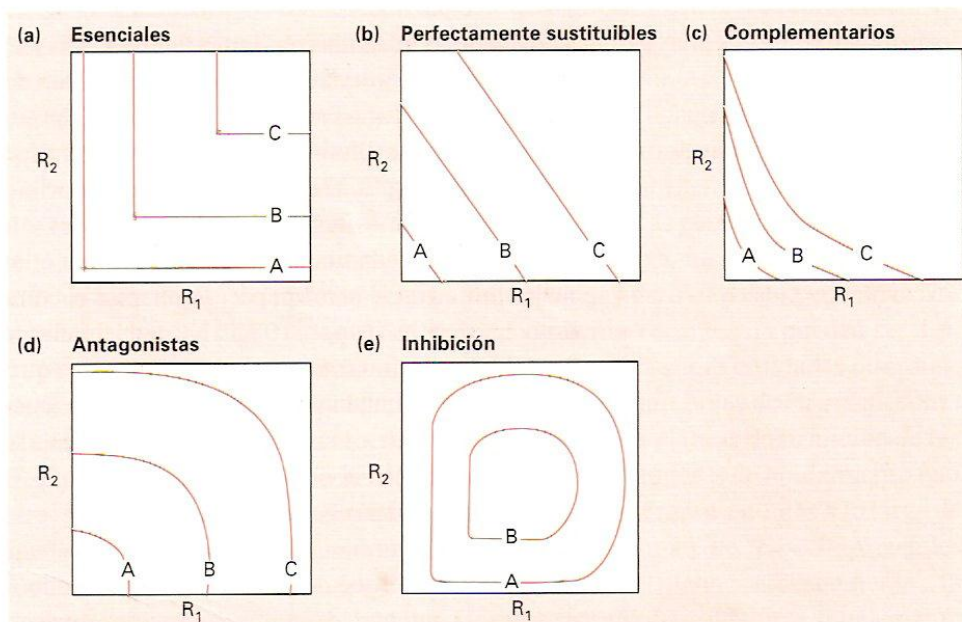
Cada planta requiere unos 20 o 30 recursos distintos para completar su ciclo vital aunque en proporciones distintas. Cada recurso debe obtenerse independientemente de los otros y con mecanismos de absorción distintos:

- como iones ( $K^+$ )
- como moléculas ( $CO_2$ )
- en solución
- en forma gaseosa

Sólo unos pocos recursos que necesita una planta superior pueden ser sustituidos en parte o totalmente. Por el contrario, para muchos carnívoros, las presas de un tamaño similar son equivalentes como ingredientes de la dieta. Esta contraposición entre los recursos que son individualmente **esenciales** para un organismo y los que son **sustituibles**, puede ampliarse a una clasificación de los recursos tomados por pares (**fig. 3.22**).

Podemos graficar el efecto de los recursos sobre los organismos en un espacio de fase donde los ejes son las disponibilidades de los recursos, para ejemplificar, 2. Para cada uno de estos recursos va haber una disponibilidad mínima donde los organismos van a poder desarrollarse, y sus poblaciones crecer (isoclina de crecimiento cero), Figura. Si cualquiera de los dos está por debajo del mínimo, las poblaciones no pueden crecer (Ley del mínimo: el que limita el crecimiento es el recurso que está en menor disponibilidad respecto al consumo necesario). Según como influya el uso de un recurso sobre el otro, definimos: **Recursos Esenciales**, **Recursos Perfectamente Sustituibles** **Recursos complementarios**, **Recursos antagonistas** y **Recursos inhibidores**.

En esta clasificación, la concentración o la cantidad de un recurso es registrada en el eje de las  $x$ , y la del otro recurso en el eje de las  $y$ . Sabemos que las diferentes combinaciones de los dos recursos darán lugar a distintas tasas de crecimiento del organismo en cuestión (se trata del crecimiento individual o del crecimiento de la población, es decir, de la supervivencia y la reproducción). Podemos entonces unir los puntos (es decir, las combinaciones de recursos) con la misma tasa de crecimiento, obteniéndose así unas líneas o "isoclinas" de igual crecimiento. En la figura 3.22, por ejemplo, la línea B es en cada uno de los casos una isoclina de crecimiento neto cero. En otras palabras, cualquiera de las combinaciones de recursos representadas en estas líneas permiten que el organismo se mantenga, sin aumentar ni disminuir. Las isoclinas A, con menos recursos que las B, unen combinaciones con la misma tasa de crecimiento *negativa*; en cambio, las isoclinas C, con más recursos que las B, unen las combinaciones con la misma tasa de crecimiento *positiva*. Como veremos, la forma de las isoclinas varía con la naturaleza de los recursos.



**Figura 3.22** Isoclinas de crecimiento dependientes de los recursos. Cada una de las isoclinas de crecimiento representa las cantidades de dos recursos ( $R_1$  y  $R_2$ ) que deberían existir en un hábitat para que una población mostrara una determinada tasa de crecimiento. Puesto que esta tasa aumenta con la disponibilidad de los recursos, las isoclinas más alejadas del origen de coordenadas representan unas tasas más altas de crecimiento de la población –la isoclina A tiene una tasa de crecimiento cero, la isoclina B una tasa intermedia y la isoclina C la tasa más elevada. (a) Recursos esenciales; (b) perfectamente sustituibles; (c) complementarios; (d) antagonistas; (e) inhibición. (Según Tilman, 1982.)

### 3.8.1 Los recursos esenciales

Se dice que dos recursos son *esenciales* si uno es incapaz de sustituir al otro. Así, el crecimiento que puede ser proporcionado por el recurso 1 depende absolutamente de la cantidad disponible del recurso 2, y viceversa. Esto viene indicado en la figura 3.22a por las isoclinas que corren paralelas a ambos ejes. Esto es así porque la cantidad disponible de un recurso define una tasa de crecimiento máxima posible, independientemente de la cantidad del otro recurso. Esta tasa de crecimiento se alcanza a menos que la cantidad disponible del otro recurso defina una tasa de crecimiento aún más reducida. Así sucederá para el nitrógeno y el potasio como recursos para el crecimiento de las plantas verdes, y para los dos huéspedes obligados en la vida de un parásito o un patógeno que debe alternar de huésped para completar su ciclo vital (véase capítulo 12). En la vida de las mariposas *Heliconius*, el recurso 1 puede ser el follaje de una especie particular de *Passiflora* como alimento de la larva, y el recurso 2 sería el polen de la cucurbitácea *Gurania* para la mariposa adulta.

### 3.8.2 Otras categorías de recursos

Se dice que dos recursos son *perfectamente sustituibles* cuando cualquiera de ellos puede sustituir totalmente al otro. Esto es lo que sucede con las semillas de trigo o cebada para un pollo de granja, o con las cebras y las gacelas en la dieta de un león. Téngase en cuenta que no decimos que los dos recursos sean igualmente buenos. Esta característica (perfectamente sustituibles, pero no necesariamente igual de buenos) se halla ilustrada en la figura 3.22b por las isoclinas cuya inclinación no corta ambos ejes a la misma distancia del origen de coordenadas. Así, en la figura 3.22b, en ausencia del recurso 2, el organismo necesita una cantidad relativamente reducida del recurso 1, pero en ausencia del recurso 1 necesita una cantidad relativamente elevada del recurso 2.

Los recursos sustituibles se definen como *complementarios* si las isoclinas se curvan hacia el origen (fig. 3.22c). Esta forma de las isoclinas indica que una especie necesita menos cantidad de los dos recursos cuando ambos se toman conjuntamente que cuando son consumidos cada uno por separado. Las personas que comen ciertos tipos de habichuelas junto con el arroz pueden aumentar el contenido proteico utilizable de su alimento en un 40% (Lappe, 1971). Las habichuelas son ricas en lisina, un aminoácido esencial poco abundante en el arroz, mientras que el arroz es rico en aminoácidos sulfurados que se hallan presentes en concentraciones muy bajas en las habichuelas.

Un par de recursos sustituibles cuyas isoclinas se curvan alejándose del origen de coordenadas reciben el nombre de *antagonistas* (fig. 3.22d). Esta forma de las isoclinas indica que una especie necesita una cantidad proporcionalmente mayor de recursos, para mantener una determinada tasa de crecimiento, cuando los dos recursos son consumidos conjuntamente que cuando lo son por separado. Esto podría suceder, por ejemplo, si los recursos contienen diferentes compuestos tóxicos que actúan sinérgicamente (más que la simple adición) sobre su consumidor. Por ejemplo, el ácido D,L-pípecólico y el ácido djenkólico (dos compuestos químicos secundarios que parecen ejercer una función defensiva en ciertas semillas) no presentaban un efecto significativo sobre el crecimiento de la larva granívora de un escarabajo brúquido cuando eran consumidos por separado, pero ejercían un efecto pronunciado si eran ingeridos conjuntamente (Janzen *et al.*, 1977). Si las semillas de una especie presentaran uno de dichos compuestos, y las semillas de otra especie el segundo compuesto, una dieta mixta repercutiría desfavorablemente sobre el crecimiento.

recursos complementarios

recursos antagonistas



Finalmente, la figura 3.22e ilustra el fenómeno de la *inhibición* para niveles elevados de los recursos (para un par de recursos esenciales). No resulta difícil encontrar ejemplos de recursos que son esenciales, pero que pasan a ser tóxicos o perjudiciales si se hallan en exceso (véase fig. 2.1d). El  $\text{CO}_2$ , el agua y los nutrientes minerales como el hierro son necesarios para la fotosíntesis, pero cada uno de ellos es letal en cantidades excesivas. Análogamente, la luz provoca un aumento de las tasas de crecimiento de las plantas, pero puede inhibir el crecimiento si su intensidad es demasiado elevada. En tales casos, las isoclinas forman curvas cerradas ya que el crecimiento disminuye con un aumento de los recursos hasta niveles muy elevados. Se trata de una situación en la que lo que son *recursos* a un nivel se convierten en *condiciones* limitantes a otro nivel.

**Recursos Esenciales:** la presencia de uno no influye sobre la necesidad del otro, ambos son necesarios

**Recursos Perfectamente Sustituibles:** la presencia de un recurso hace que sea necesaria menor cantidad del otro, y se reemplazan exactamente: es lo mismo consumir uno u otro recurso, o cualquier combinación de ambos.

**Recursos complementarios:** La presencia de un recurso hace que sea necesaria menor cantidad del otro (es decir, se reemplazan), y al consumirse los dos recursos juntos hace falta una menor cantidad total.

**Recursos antagonistas:** Los recursos pueden reemplazarse, es decir, si se consume uno, disminuye la necesidad del otro, pero hace falta una mayor cantidad total.

**Recursos inhibidores:** el crecimiento se detiene a altas concentraciones del recurso. Excepto en inhibición, por debajo de las isoclinas hay decrecimiento, sobre las isoclinas el crecimiento es cero, y por encima el crecimiento es positivo. En el caso de inhibición, solo hay crecimiento positivo en el espacio que queda rodeado por las isoclinas. (Fig. 3.22).

