



<b>NIVELES TRÓFICOS</b>		
<b>PRODUCTORES</b>	Son los <b>ORGANISMOS AUTÓTROFOS</b> , constituyen el primer eslabón de la cadena alimentaria. Pueden ser:	
	<b>FOTOTROFOS</b>	Son organismos <b>FOTOSINTÉTICOS</b> . Usan la luz del sol. Algas verdeazuladas ( bacterias fotosintéticas), algas eucariotas unicelulares ( protozoos fotosintéticos) y pluricelulares y el resto de las plantas.
	<b>QUIMIOLITOTROFOS</b>	Usan energía procedente de <b>reacciones químicas inorgánicas exotérmicas</b> . Son las bacterias <b>NITRIFICANTES</b> , las <b>SULFOBACTERIAS</b> , las <b>FERROBACTERIAS</b> . ( Estas últimas son escasas y viven en lugares raros como las fuentes termales.
<b>CONSUMIDORES</b>	Son <b>ORGANISMOS HETEROTROFOS</b> , obtienen su energía a partir de compuestos <b>ORGÁNICOS QUÍMICOS</b> . Pueden ser:	
	<b>CONSUMIDORES Primarios, secundarios, terciarios, ...</b>	Usan materia orgánica viva como fuente de energía. Son <b>CONSUMIDORES PRIMARIOS</b> los que se alimentan de plantas ya sean herbívoros o parásitos de las plantas. Son <b>CONSUMIDORES SECUNDARIOS</b> los que se alimentan de animales herbívoros o son parásitos de éstos. Son <b>CONSUMIDORES TERCIARIOS</b> los que se alimentan de carnívoros y los parásitos de éstos.
	<b>SAPRÓFAGOS</b>	Se alimentan de materia orgánica muerta, pueden ser: <b>NECRÓFAGOS O CARROÑEROS</b> . Se alimentan de cadáveres y materia orgánica descompuesta. <b>COPRÓFAGOS</b> . Se alimentan de excrementos. <b>DETRITÍVOROS</b> . Se alimentan de materia orgánica muy fragmentada, como los pólipos y las lombrices.
	<b>OMNIVOROS</b>	Usan más de una fuente de materia orgánica es decir ocupan varios niveles tróficos
<b>DESCOMPONEDORES</b>	<b>SAPRÓFITOS</b>	Usan materia <b>ORGÁNICA</b> , pero no la ingieren sino que realizan una <b>DIGESTIÓN EXTERNA</b> . Son los <b>HONGOS</b> y muchas de las bacterias.
	<b>MINERALIZADORES</b>	Son <b>AUTOTROFOS QUIMIOLITOTROFOS</b> . Obtienen energía oxidando materia <b>INORGÁNICA</b> procedentes del metabolismo de otros organismos, transformándolas en sales minerales asimilables para los <b>PRODUCTORES</b> . Son <b>BACTERIAS</b> , que cierran el ciclo de los <b>BIOELEMENTOS</b> en los ecosistemas.

#### 4.- EL FLUJO DE ENERGÍA

- La energía debe llegar de forma constante al planeta. Por ello se habla de **FLUJO DE ENERGÍA**.
- La **ENERGÍA FLUYE** de unos organismos a otros, el tiempo de permanencia en cada uno de los **ESLABONES** tróficos es variable.
- Los seres vivos dedican parte de esta energía a su propia supervivencia y como consecuencia desprenden calor que se disipa en la **ATMÓSFERA**, a esta pérdida se le llama **SUMIDERO**, es energía no aprovechable termodinámicamente.
- En su paso por los diferentes niveles la **ENERGÍA SE TRANSFORMA** ( primera Ley de la Termodinámica) y en cada proceso se produce un aumento de la **ENTROPÍA** ( segunda Ley de la Termodinámica).

#### 5.- CIRCULACIÓN DE LA MATERIA

- La materia es el vehículo de la transferencia de energía, que se transforma continuamente mediante reacciones químicas de **OXIDO-REDUCCIÓN**.
- Cuando la materia se reduce, almacena **ENERGÍA QUÍMICA** y cuando se oxida, la libera en también en forma de **ENERGÍA QUÍMICA O CALOR**.
- A diferencia de la Energía la Materia puede circular en el ecosistema.
- La circulación consiste en la transferencia desde los medios inertes en donde suele estar **OXIDADA**, hasta los seres vivos en donde aparece **REDUCIDA** y de nuevo a los medios inertes.
- Los procesos implicados en estas transformaciones son **LA FOTOSÍNTESIS Y LA RESPIRACIÓN**.
- La circulación de la materia en los ecosistemas es abierta, ya que siempre hay salida y entrada de organismos, fijación de gases, pérdidas por erosión, precipitación, gasificación, lixiviados...
- Sin embargo, si tenemos en cuenta el sistema **TIERRA**, el **CICLO** de la materia puede considerarse **CERRADO**, aunque algunos materiales pueden quedar fuera del circuito durante mucho tiempo, permaneciendo en yacimientos.



Figura 4. Flujo de energía en un ecosistema.

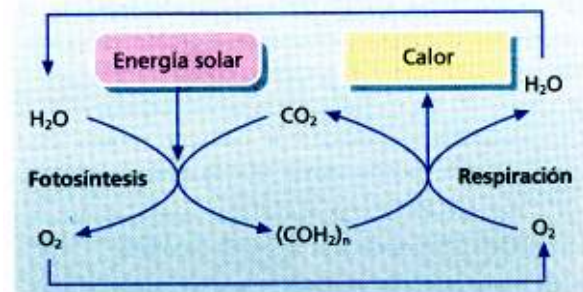


Figura 5. Relación entre la fotosíntesis y la respiración.

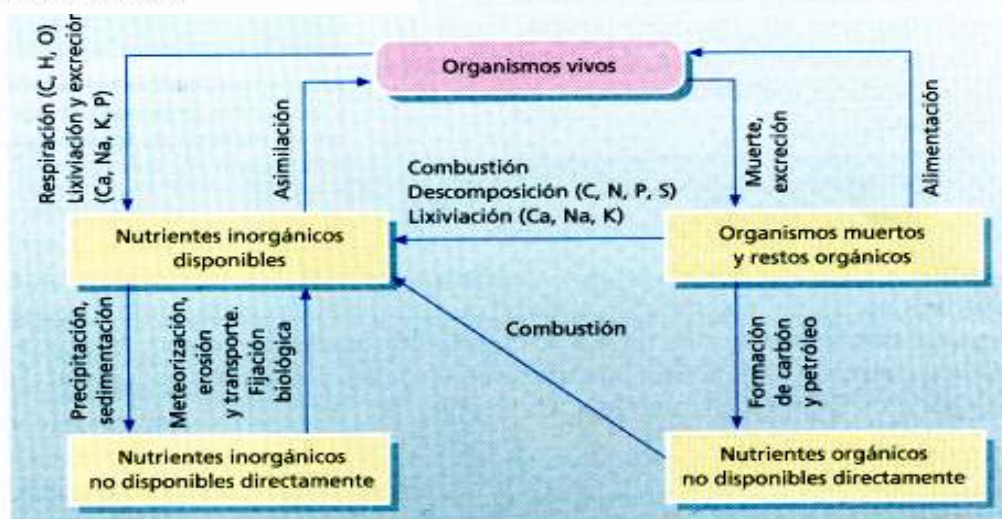


Figura 6. La circulación de la materia.

### 3.2.- PARÁMETROS TRÓFICOS

.- Se usan para estudiar la estructura y el funcionamiento de los ecosistemas; pueden referirse a cada nivel trófico o al ecosistema completo. Los más usados son:

.- BIOMASA, PRODUCCIÓN, PRODUCTIVIDAD, TASA DE RENOVACIÓN, TIEMPO DE RENOVACIÓN Y EFICIENCIA ECOLÓGICA.

#### 3.2.1.- BIOMASA

.- Representa la cantidad de Energía, ( generalmente solar), fijada como materia orgánica viva o muerta en un nivel trófico, en un ecosistema o en la Biosfera.

.- La **BIOMASA** se suele expresar en **PESO SECO** de materia orgánica o **PESO EN CARBONO ORGÁNICO POR UNIDAD DE SUPERFICIE O VOLUMEN**.

.- También puede expresarse como **ENERGÍA POR UNIDAD DE SUPERFICIE O VOLUMEN**, teniendo en cuenta que 1 gramo de materia orgánica seca produce aproximadamente 4 Kcal.

.- En la Geosfera la biomasa vegetal es más abundante que la animal, y entre los diferentes puntos varía mucho.

.- en la Hidrosfera la biomasa vegetal es menor que la animal.

.- Se pueden considerar tres tipos de biomasa:

1.- BIOMASA PRIMARIA: La producida directamente por los productores.

2.- BIOMASA SECUNDARIA: La producida por consumidores y descomponedores.

3.- BIOMASA RESIDUAL: La producida como resultado de la acción antrópica., tanto de origen primario ( serrín, paja, alpechín) o secundario ( estiércol, residuos alimenticios...).

#### 3.2.2.- PRODUCCIÓN

.- Es una medida del flujo de Energía que circula por un ecosistema o por cada nivel trófico

.- Es la cantidad de energía acumulada como materia orgánica por unidad de superficie o volumen y por unidad de tiempo, en el ecosistema o en el nivel trófico.

Se expresa en unidades de biomasa por unidad de tiempo: g de C/ cm<sup>2</sup>/ día Kcal/ m<sup>3</sup>/ año ....

Se puede diferenciar entre:

<b>PRODUCCIÓN PRIMARIA</b>	Energía capturada por los productores por unidad de superficie o volumen en una unidad de tiempo. Depende de la Energía solar recibida y de una serie de factores que pueden actuar como limitantes.
<b>PRODUCCIÓN SECUNDARIA</b>	Energía capturada por el resto de los niveles tróficos por unidad de superficie y volumen en una unidad de tiempo.
<b>PRODUCCIÓN BRUTA</b>	Cantidad total de energía capturada por unidad de superficie o volumen en una unidad de tiempo. <b>PPB</b> ( Producción primaria bruta) <b>PSB</b> ( producción secundaria bruta). Se corresponde con el porcentaje de alimento asimilado del total consumido. En los carnívoros es un 40-60 % y en los herbívoros del 10-30 %.
<b>PRODUCCIÓN NETA</b>	Cantidad de Energía <b>ALMACENADA</b> por unidad de superficie o volumen en una unidad de tiempo y que puede ser potencialmente transferida al siguiente nivel trófico. Se obtiene restando a la Producción bruta la energía consumida en los procesos metabólicos, ( fundamentalmente la respiración R, pero también excreción, secreción etc...) <b>PPB – R = PPN    PSB – R = PSN    En general PB – R = PN</b> Representa un 50 % de la producción bruta. En los continentes varía entre los 300 y 350 g de C/ cm <sup>2</sup> / año. Los ecosistemas naturales de mayor producción son los arrecifes de coral, los estuarios, las zonas costeras, los bosques ecuatoriales y las zonas húmedas de los continentes. Los menos productivos son los desiertos y las zonas centrales de los océanos.

<p>La Tierra recibe alrededor de 1.600.000 Kj / m<sup>2</sup>/ año.</p>	<p>Un 50% llega a la superficie en forma de radiación visible, radiación infrarroja y radiación ultravioleta;</p>	<p>Un 10% es aprovechable para los productores, pero solamente entre un 1 y un 3 % de la Energía solar recibida es aprovechada por la fotosíntesis. <b>ENERGÍA ENDOSOMÁTICA</b></p>
	<p>Un 50% es reflejada o absorbida por la atmósfera. Rayos <math>\gamma</math>, X y u.v.</p>	<p>El resto es <b>ENERGÍA EXOSOMÁTICA</b> Que se emplea para calentar la superficie, el aire y el agua, así como para la evaporación; Además es la responsable de los movimientos de masas fluidas.</p>

- A medida que la energía es transferida de un nivel trófico a otro va siendo cada vez menor por lo que a medida que ascendemos en los niveles cada vez hay menor disponibilidad y algunos niveles se hacen omnívoros para aprovechar al máximo la energía de los otros niveles.

- En los ecosistemas acuáticos la producción neta en cada nivel es de aproximadamente el 10%. (**LEY DEL 10%**).

- En los ecosistemas terrestres es todavía menor, del orden del 1%.

- A medida que la energía pasa de un nivel a otro, los productores asimilan energía del sol reponiendo el equilibrio.



Figura 10. Producción secundaria bruta y neta.

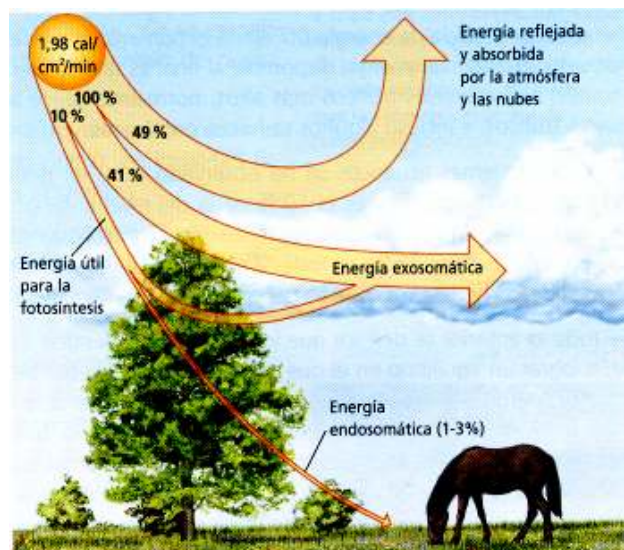


Figura 9. Radiación solar recibida por el planeta.

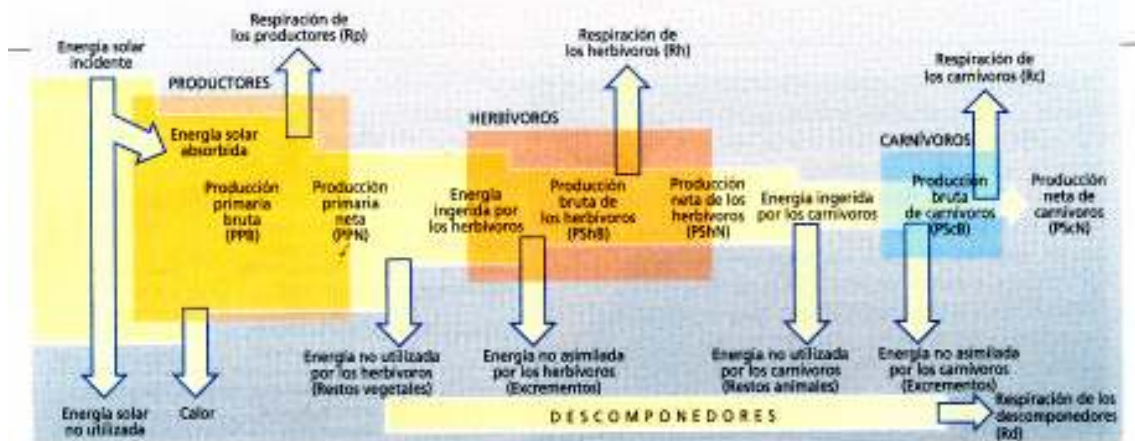


Figura 11. Flujo de energía en una cadena trófica.

### 3.2.3.- PRODUCTIVIDAD (p) Y TASA DE RENOVACIÓN (r) TURNOVER

Es la relación entre la producción y la biomasa.  $p = P / B$

La productividad bruta será  $pB = PB / B$

La tasa de renovación ( **turnover**) es la productividad neta  $pN = r = PN / B$

La **tasa de renovación** varía entre **0 y 1**, e indica la producción de nueva biomasa en cada nivel trófico en relación con la existente.

La tasa de renovación es en muchos casos un parámetro mucho mejor que la producción neta para valorar el flujo de energía de un ecosistema.

El plancton por ejemplo tiene una producción menor que los vegetales terrestres, sin embargo tienen una mayor productividad por que su tasa de reproducción es muy alta y se renuevan muy rápidamente.

Por este motivo la biomasa que habitualmente es menor a medida que subimos en los escalones de la pirámide trófica, en este caso es al revés y la biomasa es mayor en los herbívoros que en los productores.

Cuando se empieza a colonizar un territorio la productividad es muy alta, a medida que el territorio se va colonizando y se alcanza la estabilidad la biomasa alcanza un valor máximo y la productividad es mínima.

En un **cultivo agrícola la tasa de renovación sería próxima a 1.**

En un **pastizal sería entre 0 y 1.**

En un **bosque maduro sería cercana al 0.**

Un **pastizal** tiene una estructura muy simple, el tiempo de permanencia de la biomasa es breve y su productividad es alta.

**CUANDO UN ECOSISTEMA ES ESTABLE Y MUY ORGANIZADO, HAY UNA GRAN CANTIDAD DE BIOMASA Y UNA GRAN BIODIVERSIDAD, PERO SU PRODUCTIVIDAD ES BAJA Y DISMINUYE EL FLUJO DE ENERGÍA: ENTRA MUCHA ENERGÍA PERO SE GASTA PORQUE HAY UNA GRAN CANTIDAD DE BIOMASA.**

La **selva tropical** tiene una producción muy alta pero una productividad cercana al 0

En las **explotaciones agrícolas**, el ser humano extrae del ecosistema una gran parte o la totalidad de la biomasa al final de la temporada.

Esto disminuye los gastos por respiración y un aumento de la productividad.

Sin embargo debe reponerse al suelo la materia extraída.

### 6.4.- TIEMPO DE RENOVACIÓN (tr) (TURNOVER TIME)

Es el tiempo que tarda un nivel trófico, o un ecosistema completo, en renovar su biomasa.

$$tr = B / PN$$

Es una medida del tiempo de permanencia de los elementos químicos dentro de las estructuras biológicas del ecosistema.

Los productores pueden presentar dos estrategias en relación a su tr:

<b>Especies rápidas</b>	Son pequeños, de estructura y morfología simple, y con una tasa de reproducción alta. Fitoplancton
<b>Especies lentas</b>	Son de gran tamaño, estructura y morfología compleja, y una tasa de reproducción muy baja. Bosques de encinas.

En los ecosistemas suelen estar presentes ambos tipos para asegurar un aporte energético suficiente al ecosistema. En un lago suele haber fitoplancton y algas más lentas.

En un encinar hay también un estrato herbáceo.

### 3.2.4.- FACTORES LIMITANTES DE LA PRODUCCIÓN PRIMARIA

#### A) LA TEMPERATURA Y LA HUMEDAD COMO FACTORES LIMITANTES

**Ambos suelen ir relacionados . Cuando se producen cambios importantes disminuye la fotosíntesis y por tanto la producción primaria**

Al aumentar la temperatura aumenta la **FOTORRESPIRACIÓN**. ( **Al aumentar la temperatura se produce una desviación en la ruta metabólica de la fotosíntesis, de manera que en lugar de consumirse CO<sub>2</sub> y producirse glucosa que sería lo normal en la fotosíntesis, se consume O<sub>2</sub> y se produce CO<sub>2</sub> y NH<sub>3</sub>**). (El que se produzca la fotosíntesis o la respiración depende de la concentración de O<sub>2</sub> y de CO<sub>2</sub> en el interior de la célula).

**En las plantas C3**, típicas de climas húmedos, al aumentar la temperatura, actúan **CERRANDO SUS ESTOMAS**, para evitar la pérdida de agua. La fotosíntesis continúa por lo que aumenta el O<sub>2</sub> en el interior de la célula y descienden los niveles de CO<sub>2</sub> hasta en un 50%, el resultado es que la ruta se desvía hacia la fotorrespiración y fotosíntesis es menos eficiente. ( Disminuye la productividad)

**Las plantas C4**, típicas de climas secos y calurosos, tienen una vía metabólica alternativa para fijar CO<sub>2</sub> atmosférico, de esta manera puede continuar la fotosíntesis. Además algunas de estas plantas además de ser C4 son también **CAM** ( Crasulaceam acid metabolism), son los cactus, las crasuláceas y las euforbiáceas; esto les permite fijar el CO<sub>2</sub> por la noche y lo incorporan a la fotosíntesis con los estomas cerrados.

## **B) LA LUZ COMO FACTOR LIMITANTE**

Al aumentar la intensidad luminosa, si los demás factores no actúan como limitantes, la actividad fotosintética se incrementa, pero llega un momento en que la fotosíntesis deja de aumentar aunque lo haga la intensidad luminosa. Esto ocurre por dos motivos:

### **1.- LA DISPOSICIÓN DE LAS UNIDADES FOTOSINTÉTICAS EN LOS CLOROPLASTOS:**

Los cloroplastos se sitúan unos sobre otros por lo que se dan sombra. Igual ocurre con las hojas de los árboles que se sombrean unas a otras.

### **2.- LA ESTRUCTURA DE LAS UNIDADES FOTOSINTÉTICAS:**

El número de moléculas captadoras de energía es muy superior a las encargadas de la transformación en energía química. ( 300 a 1). Por lo que se produce una saturación.

Según esto las plantas tienen un rendimiento máximo con relativamente poca intensidad luminosa, en las primeras y últimas horas del día. La evolución no ha conseguido la máxima conversión de energía, sino solo la suficiente para el mantenimiento de los ecosistemas.

Por lo que los cultivos no pueden hacerse más rentables aunque se les añadan más abonos, plaguicidas, ...

## **8.4.b.- LOS NUTRIENTES COMO FACTORES LIMITANTES.**

El CO<sub>2</sub> es un gas muy abundante en la atmósfera y en el agua, por lo que no suele ser un factor limitante.

El **Nitrógeno** gracias a los organismos fijadores de Nitrógeno, tampoco suele ser un factor limitante

Sin embargo el Fósforo suele ser un importante factor limitante en el mar, ya que aunque es abundante, se encuentra en lugares poco accesibles para los vegetales, normalmente los fondos marinos, en donde se encuentran los organismos mineralizadores.

El problema se soluciona en parte gracias a la **ENERGÍA EXOSOMÁTICA**, que provoca las corrientes marinas, devolviendo los nutrientes, ( P), a las zonas marinas superficiales ( **ZONAS DE AFLORAMIENTO**).

También pueden llegar a las plataformas continentales gracias a las mareas y olas o a través de los depósitos de los ríos.

En los ecosistemas terrestres el Fósforo está más cercano pero en muchas ocasiones debido a la explotación intensiva de un terreno o al lixiviado, el suelo se empobrece y hay que recurrir al ser humano para que extraiga el Fósforo de sus depósitos naturales y los devuelva al terreno en forma de abono.

Otra forma de recuperar el Fósforo es a través de los excrementos de aves acuáticas, que son muy ricos en minerales ya que se alimentan de pescado. ( **GUANO**).

## **8.5.- LÍMITES DE TOLERANCIA**

Además de los factores abióticos mencionados, hay otros que también actúan y que pueden ser muy importantes en algunos ecosistemas específicos. (pH, salinidad de las aguas, composición química del terreno...), también cabe incluir aquí los cambios en el medio en forma de desastres naturales, ( riadas, inundaciones, derrumbes,...).

Hay especies que toleran muy bien los cambios de los factores ambientales. Se llaman en general **EUROICAS**, y según el factor que se estudie serán: **EURITERMAS** ( resisten grandes cambios de temperaturas), **EURIHIGRAS** ( resisten grandes cambios de humedad),...

Otras especies sin embargo, son muy exigentes y no toleran los cambios, se denominan **ESTENOICAS**, ( **ESTENOHIGRAS, ESTENOTERMAS,...**).

Cada especie tolera los cambios entre unos determinados límites que se llaman **LÍMITES DE TOLERANCIA**, para un determinado factor.

El intervalo comprendido entre los límites de tolerancia se denomina **VALENCIA ECOLÓGICA**, de la especie para ese factor.

El valor para el que la especie se desarrolla mejor se denomina **PUNTO OPTIMO**.

Cuando una especie tiene algún factor con valores cercanos a los límites de tolerancia, ( es decir el máximo o mínimo que puede soportar con respecto a ese factor), se dice que este factor es **LIMITANTE**.

Las especies **ESTENOICAS**, se denominan también **ESPECIALISTAS**, cuando las condiciones son óptimas para ellas, responden mejor que las **EUROICAS**, llamadas **GENERALISTAS**.

Pero en condiciones extremas, las especies **EUROICAS** resisten muy bien los cambios, mientras que las **ESTENOICAS** desaparecen.

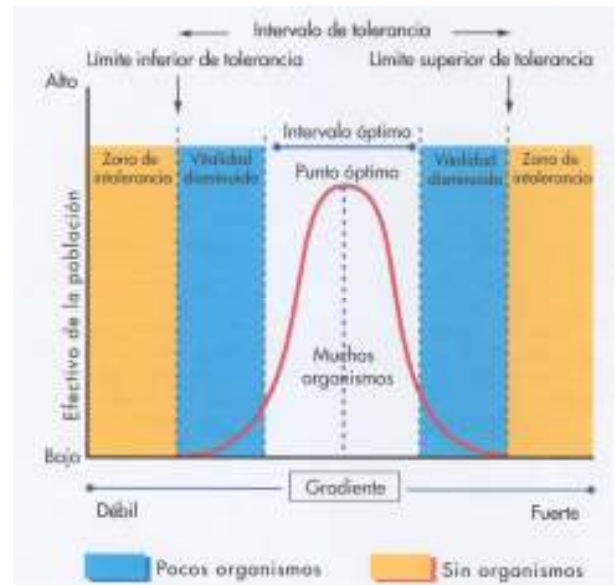
Las estenoicas suelen ser **r-estrategas**, las euroicas **k-estrategas**.

Curva teórica de tolerancia de una población, respecto a un gradiente de intensidad de un factor ecológico ( agua, luz,...).

Esta curva también representa la actividad vital de un organismo respecto a un factor.

A las zonas de vitalidad disminuída se las denomina también de estrés fisiológico.

El punto óptimo se corresponde con la teórica expansión del factor y el máximo de individuos o



### 3.3.- LOS CICLOS BIOGEOQUÍMICOS

Se llama así al recorrido que realizan los diferentes elementos químicos constituyentes de la materia orgánica a través de los subsistemas terrestres: biosfera, geosfera, hidrosfera y atmósfera.

El tiempo de permanencia en cada uno de los subsistemas es muy variable y depende del elemento.

El lugar en donde permanece más tiempo se denomina **ALMACÉN O RESERVA**.

Se diferencian dos tipos de ciclos: **GASEOSOS Y SEDIMENTARIOS**.

Los ciclos Atmosféricos se almacenan en la atmósfera, suelen ser rápidos y cerrados, sin apenas pérdidas de los elementos: Ciclo del Oxígeno, del Carbono y del Nitrógeno.

Los Ciclos Sedimentarios se almacenan en la Geosfera, son más lentos y deben ser liberados de las rocas sedimentarias mediante meteorización, incorporados al suelo y posteriormente usados por los productores, su paso por la atmósfera apenas es significativo.

En ocasiones estos elementos se sedimentan y quedan retirados durante mucho tiempo de la circulación, por ello suelen ser elementos más **LIMITANTES** que los gaseosos: Ciclo del Fósforo y del Azufre.

En los ciclos intervienen muchos procesos: ciclo del agua, procesos biológicos, procesos geológicos externos e internos, fotosíntesis, respiración, etc...

En ocasiones hay interferencias entre los diferentes ciclos, como en el Ciclo del Oxígeno y el Carbono

Últimamente el ser humano interviene activamente en los ciclos, y es en algunas ocasiones el recuperador de algunos elementos que permanecían fuera del ciclo, como en el Ciclo del Fósforo.

