

Lección 8. Producción primaria y respiración de la comunidad



Rosa Gómez Cerezo
Dpto. Ecología e Hidrología
Universidad de Murcia

Lección 8. Producción primaria y respiración de la comunidad

CONTENIDOS	
1.	Repasando algunos conceptos: PPB y PPN, unidades. Algunas comparaciones entre sistemas.
2.	Métodos de medida de la producción primaria en sistemas acuáticos.
3.	Factores que afectan a la producción primaria en los ecosistemas acuáticos.
4.	Análisis del metabolismo en sistemas acuáticos. Variación espacial y temporal.
5.	Destino final de la producción primaria en los sistemas acuáticos.
6.	Aplicaciones del estudio de la producción primaria y respiración en ecología acuática.

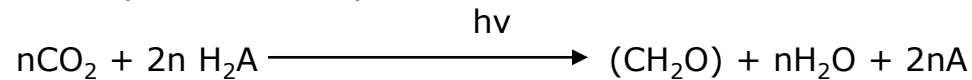
Lección 8. Producción primaria y respiración

1. Repasando algunos conceptos: PPB y PPN, unidades. Algunas comparaciones entre sistemas

La producción primaria se basa en el proceso bioquímico de la fotosíntesis, en el cual la energía solar es bioquímicamente fijada.

Los productores primarios en el medio acuático son: macrófitos bentónicos y de la zona litoral, algas, briófitos (musgos), cianofíceas y ciertas bacterias con pigmentos distintos a la clorofila.

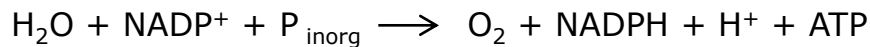
De forma sintética la ecuación que resume el proceso es:



Donde H = hidrógeno o dador de protones de sustancias como H₂O o H₂S.

El proceso de la fotosíntesis completo incluye dos partes :

***Reacción en la luz:**



***Reacción en la oscuridad:**



En términos energéticos, el proceso de la producción primaria puede ser descrito como:

5.434.000 kJ energía radiante + 106 CO₂ + 90 H₂O + 16 NO₃⁻ + PO₄³⁻ + nutrientes minerales
54.340 kJ energía potencial en 3.258 g biomasa (106C, 46O, 180H, 16N, 1P, 515 g de materia inorgánica + 154 O₂ + 5.379.660 kJ calor residual (99%))

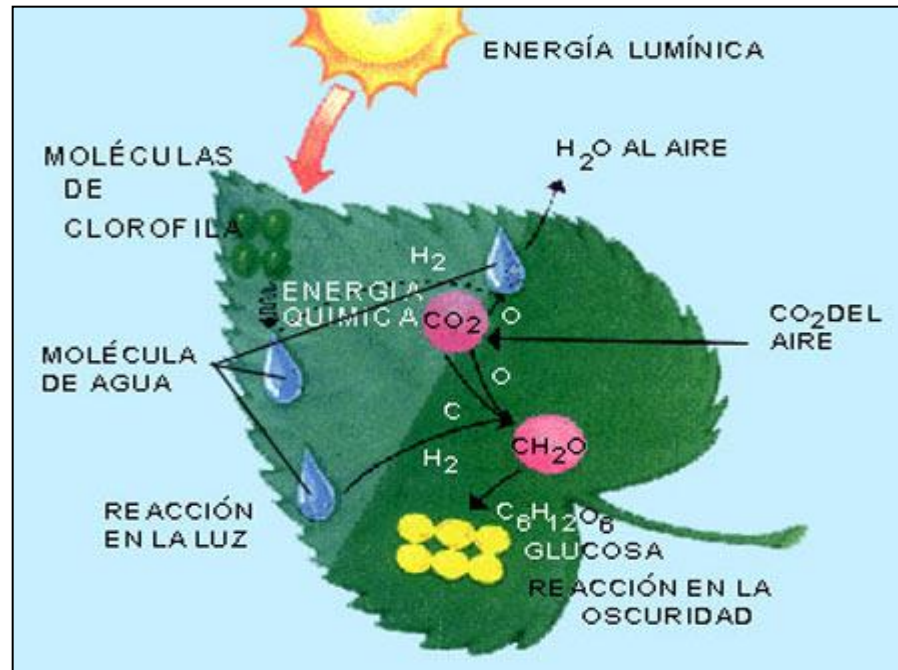
(conceptos sobre fotosíntesis en: www.forest.ula.ve/~rubenhg/fotosintesis)

FOTOSÍNTESIS BRUTA

Fijación total de energía



PRODUCCIÓN PRIMARIA BRUTA (PPB)



(Extraído de :
www.espacial.org/images/jpg2/fotosintesis.jpg)

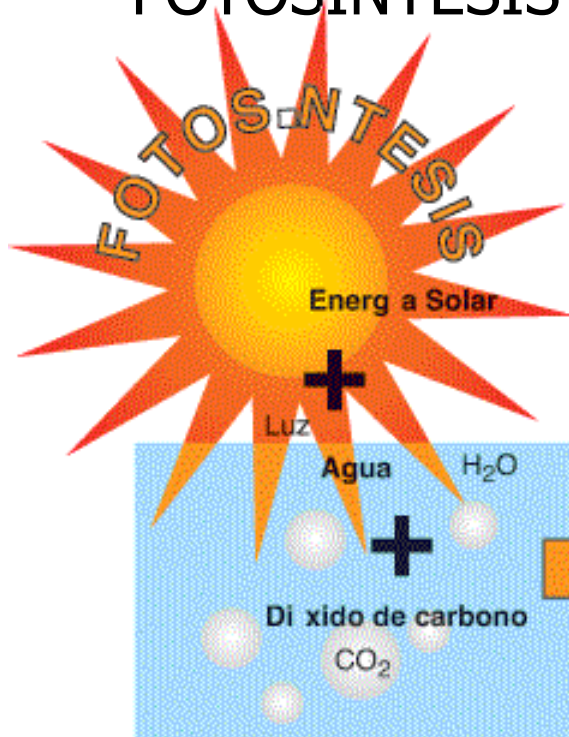
1. Repasando algunos conceptos: PPB y PPN, unidades. Algunas comparaciones entre sistemas.

PRODUCCIÓN PRIMARIA NETA (PPN)

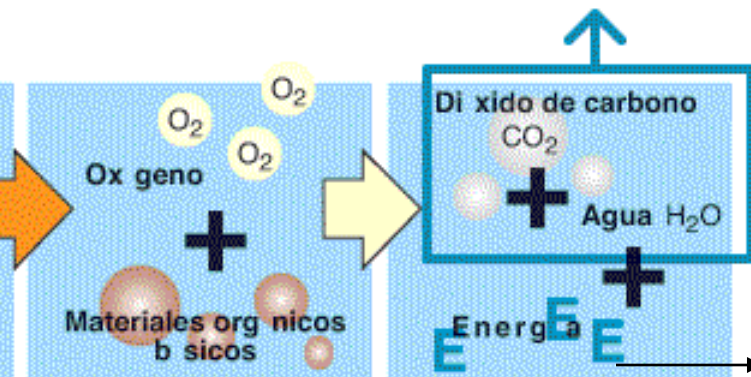
$$PPN = PPB - R$$

Gastos energéticos de la respiración (R) y mantenimiento tisular

FOTOSÍNTESIS NETA



Cantidad de energía fijada mediante la fotosíntesis y disponible para los organismos heterótrofos



Energía disponible para los consumidores

RESPIRACIÓN

(imagen extraída de: perso.wanadoo.es/.../image003)

1. Repasando algunos conceptos: PPB y PPN, unidades. Algunas comparaciones entre sistemas.

PRODUCCIÓN PRIMARIA :

Tasa con que es producida la biomasa "vegetal" (o de productores primarios) por unidad de superficie

Energía fijada por los vegetales (algas y ciertas bacterias) mediante fotosíntesis (PP bruta)

Producción primaria neta: energía fijada por fotosíntesis menos la empleada en respiración (producción mantenimiento y reproducción).

$$PPN = PPB - R$$

Supone la energía disponible para el siguiente nivel trófico.

Unidades:

en unidades de energía: julios/m²/día; Kcal/m²/día; julios/cm²/hora

o de biomasa: p.e. g/m²/día, toneladas MOS/ha/año , g clorofila/m²/día

los g , Kg ó tonelada pueden expresarse de peso seco (PS, DW) ó peso fresco (PF, FW)

También en mg de clorofila: mg clorofila/m³/día (en lagos se utiliza la unidad de volumen en vez de superficie).

BIOMASA :

Cantidad (masa) de materia viva por unidad de superficie

Julio/m²; g MOS/m²; g MOF/m²;

toneladas MOS/ha; g clorofila/m²

MOS = materia orgánica seca = PS, DW

MOF: materia orgánica fresca = PF, FW

(ver mas información en :http://www.etsmre.upv.es/varios/biologia/Temas/tema_11.htm)

Lección 8. Producción primaria y respiración

1. Repasando algunos conceptos: PPB y PPN, unidades. Algunas comparaciones entre sistemas.

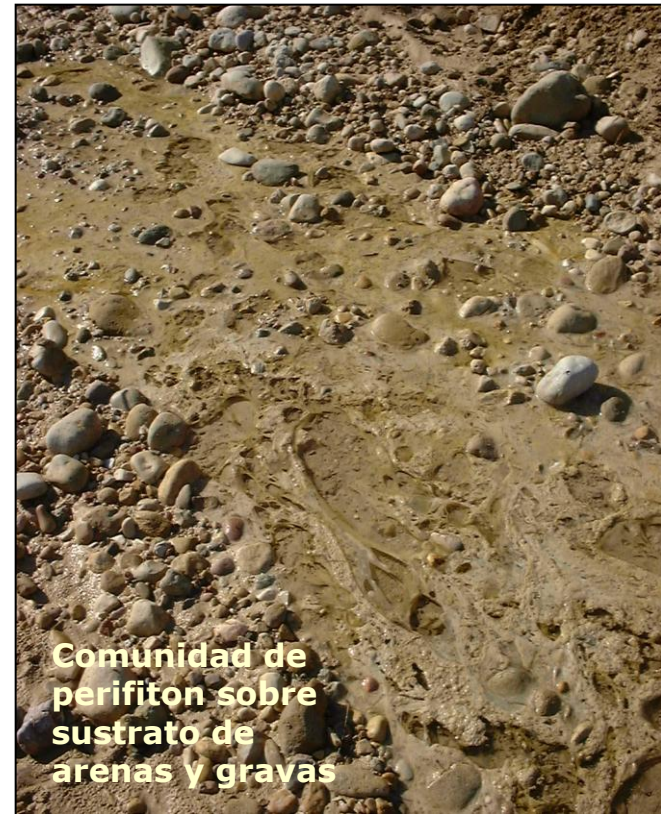


Laguna con macrófitos y vegetación de helófitos



Arroyo somero con macrófitos y sin vegetación de ribera

Dada la elevada variedad de hábitats acuáticos (lóticos y leníticos) con sus características ambientales propias (intensidad de luz, disponibilidad de nutrientes... etc.) y de tipos y especies de productores primarios, las tasas de producción primaria serán muy variables de unos sistemas a otros.



Comunidad de perifiton sobre sustrato de arenas y gravas

Existen dos grandes grupos de medidas de la PPN.

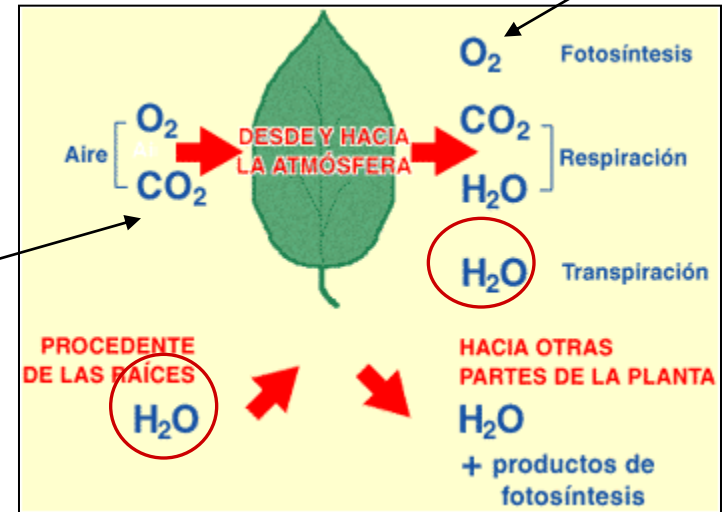
- Aquellas que se basan en la estima de las variaciones de **productos o sustratos de la fotosíntesis**:

variaciones en las concentraciones de O_2 y CO_2 .

o en esta misma línea, utilizan trazadores como el carbono 14 (^{14}C)

El estudio de las variaciones en la concentración de O_2 se encuentra entre las medidas más frecuentes, estas se pueden realizar "in situ" es decir, estimando la variación de O_2 a lo largo de 24 h en un tramo de un río, lo que da una idea de la productividad neta del sistema, o mediante incubaciones en botellas (botellas claras y oscuras) o en cámaras con recirculación.

- Aquellas que estiman el **incremento de biomasa** de productores primarios de una superficie conocida (parcelas de muestreo o sobre sustratos artificiales).
- El incremento de biomasa se puede analizar por:
 - medida de la variación del peso seco/fresco
 - medida de la variación de clorofila



(imagen extraída de www.profesorenlinea.cl/.../fotosintesis02.png)



2. Métodos de medida de la producción primaria en sistemas acuáticos.

- **Estima de las variaciones de O_2 y/o CO_2** en la imagen, estima de la PPN de la comunidad epilítica de un arroyo, medida mediante las variaciones de oxígeno disuelto en cámaras cerradas con recirculación (Sycamore Creek, Arizona EU)



3. Factores que afectan a la producción primaria en los ecosistemas acuáticos.

La Luz

La relación entre la luz y la fotosíntesis, en los medios acuáticos está corregida por la atenuación con la profundidad, (en lagos, lagunas y zonas profundas de los ríos). Según la ecuación:

$$K (m^{-1}) = \ln (E_d(z_1) / E_d(z_2)) / z_2 - z_1$$

K = coeficiente medio de atenuación de la luz

z_1 y z_2 = metros de profundidad

E_d = Longitud de onda

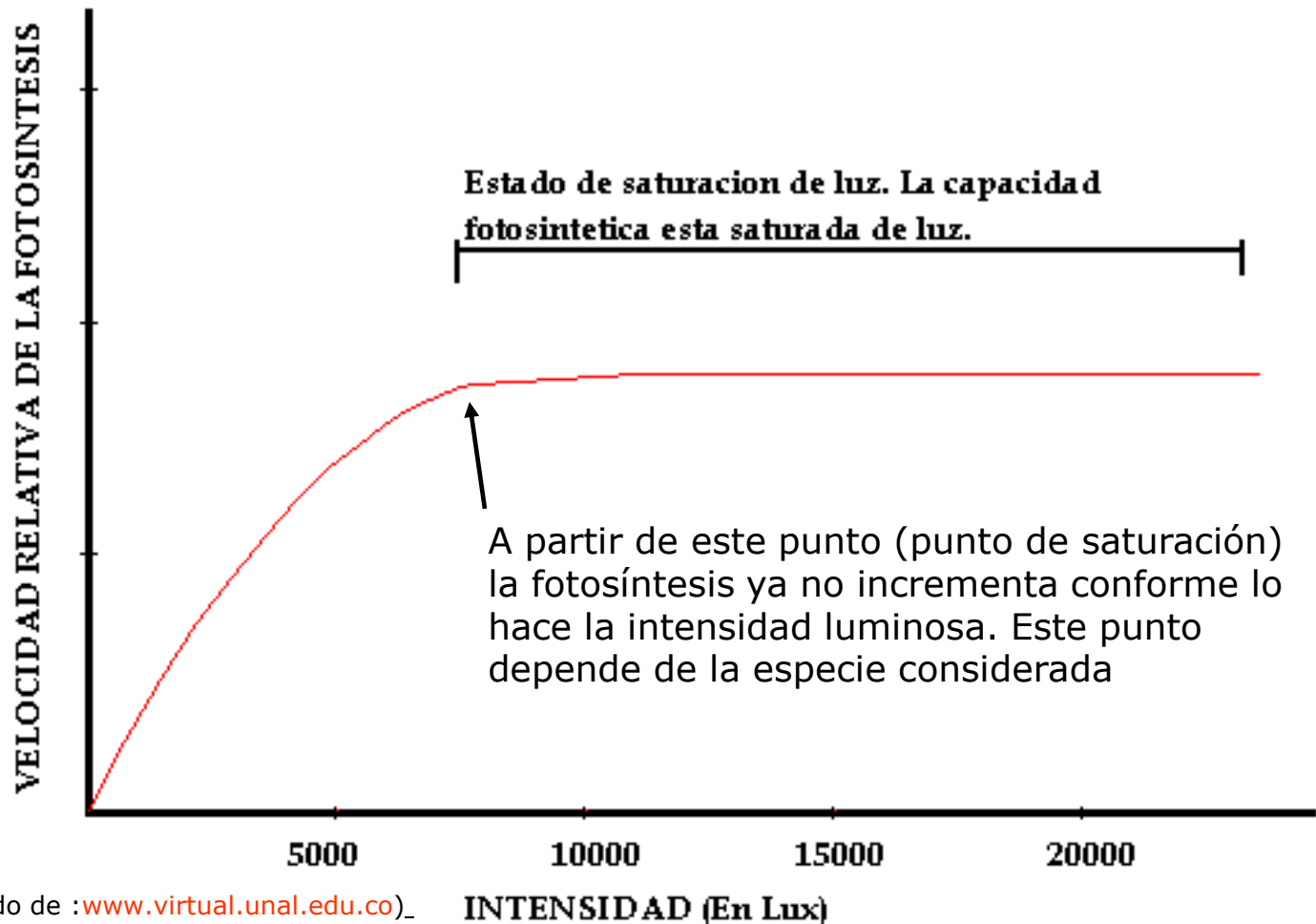
No toda la radiación que llega a la corteza terrestre es útil para la fotosíntesis. La radiación útil (PAR) va desde 390 a 710 nm , que constituye del 0.46-0.48 % del total de energía recibida. La unidad de medida es el "quanto"



Típica zona de cabecera de un río o arroyo, donde la producción primaria se ve limitada por la luz, dado el desarrollo de la vegetación de ribera

3. Factores que afectan a la producción primaria en los ecosistemas acuáticos.

Variación de la velocidad de la fotosíntesis respecto de la intensidad luminosa



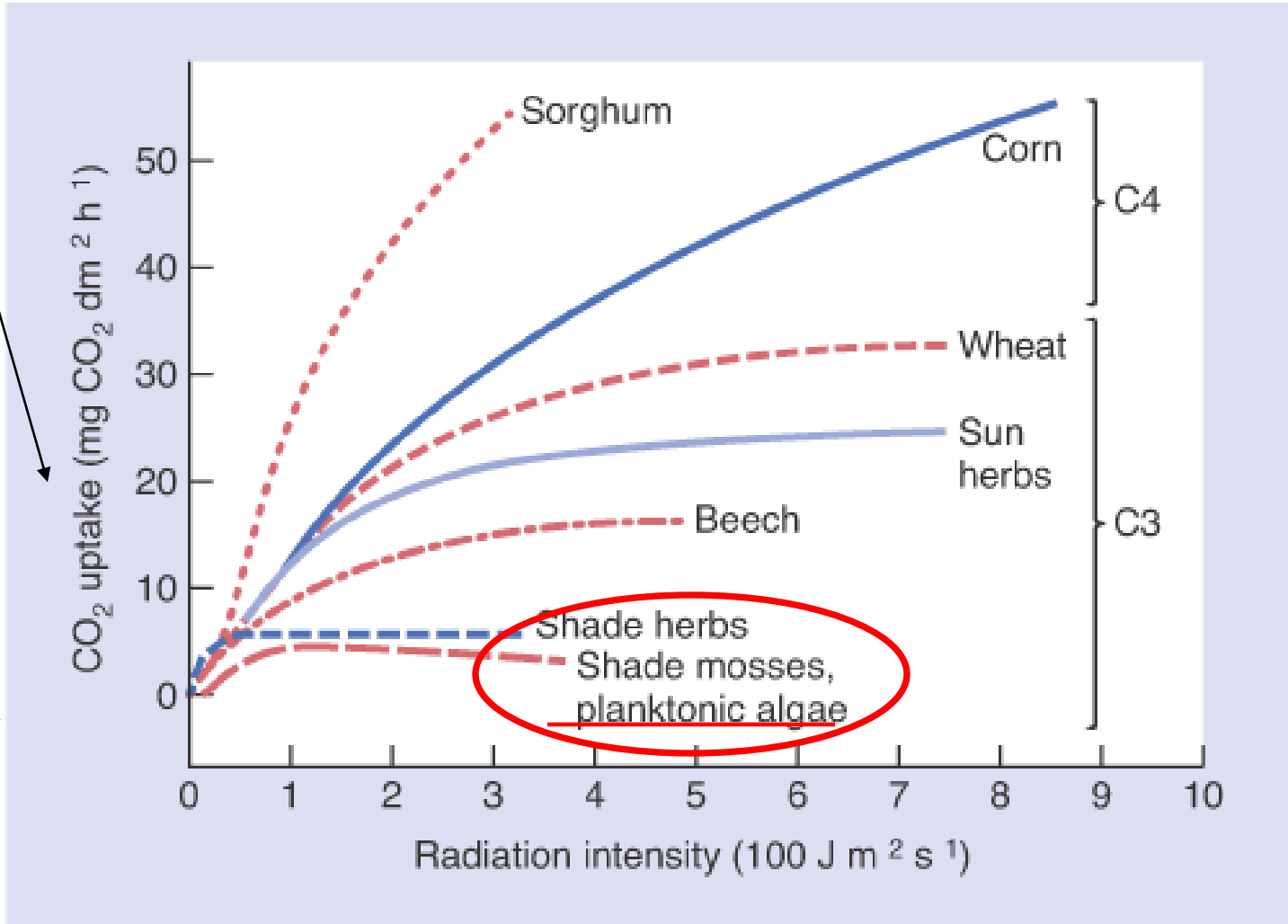
(Modificado de : www.virtual.unal.edu.co)

INTENSIDAD (En Lux)

3. Factores que afectan a la producción primaria en los ecosistemas acuáticos.

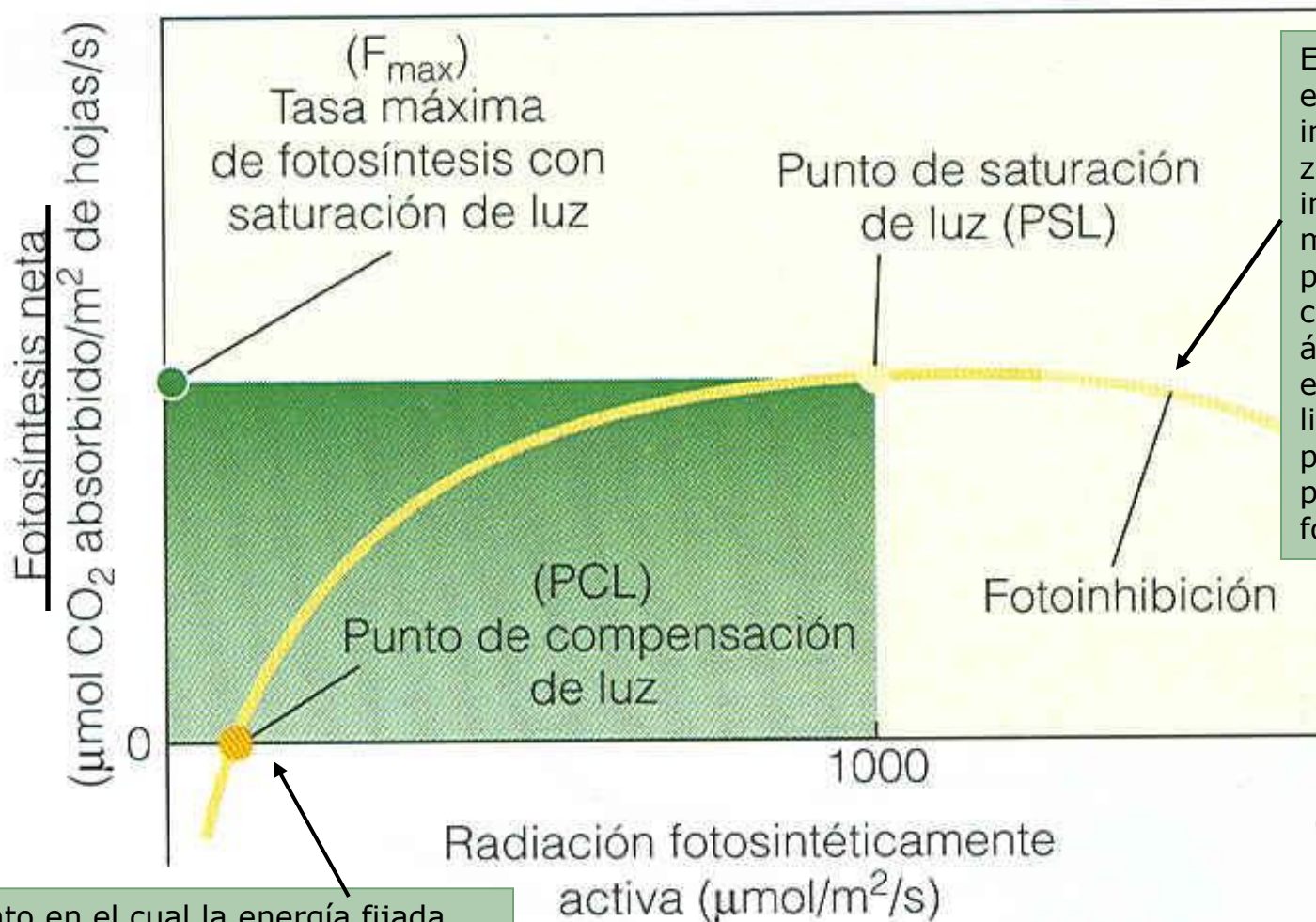
Aquí se estima la fotosíntesis bruta o producción primaria bruta como mg de CO₂ fijado, ya que la cantidad fijada del mismo es una medida de la fotosíntesis realizada

(Modificado de Begon, M; Harper J.L., and Townsend C.R. 1999. *Ecología. Individuos, Poblaciones y Comunidades*. Ed. Omega)



Respuesta de diferentes tipos y especies de productores primarios al incremento de la radiación solar

3. Factores que afectan a la producción primaria en los ecosistemas acuáticos.



Este punto es especialmente importante en zonas donde la insolación es muy elevada, p.e. en los cauces de zonas áridas, donde es común la limitación de la producción primaria por fotoinhibición

Punto en el cual la energía fijada por fotosíntesis supera a la respiración. A partir de este punto hay fotosíntesis neta, por debajo de él la FN es 0, ya que la FB = R

(Modificado de : www.agro.uba.ar)

3. Factores que afectan a la producción primaria en los ecosistemas acuáticos.

Según un patrón general (con numerosas excepciones), en ríos y arroyos (sistemas lóticos) la limitación de la producción primaria por la luz se establece según el gradiente cabecera-desembocadura. En las cabeceras el desarrollo de la vegetación de ribera reduce la incidencia de la radiación sobre la lámina de agua. Este efecto disminuye progresivamente hacia la desembocadura, donde el cauce es mucho más amplio y el bosque de ribera muy reducido.



Tramo alto de un río típico



Tramo medio de un río típico

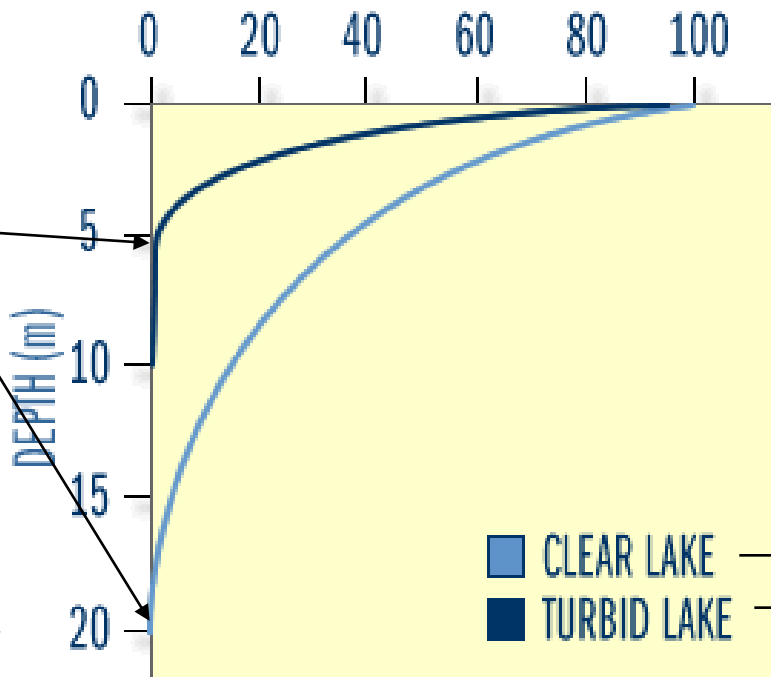
3. Factores que afectan a la producción primaria en los ecosistemas acuáticos

Por el contrario, en sistemas leníticos (lagos, lagunas y embalses), este gradiente se establece en función de la profundidad. Concretamente de la profundidad de la **zona eufótica**, definida como la profundidad máxima a la cual la radiación incidente permite la fotosíntesis. La profundidad de la zona eufótica depende así mismo del estado trófico del lago (ver siguiente diapositiva).

Porcentaje de luz
(con respecto a la que llega a la superficie)

LIGHT (% SURFACE)

Límite Zona eufótica



■ CLEAR LAKE → Lago oligotrófico
■ TURBID LAKE → Lago eutrófico

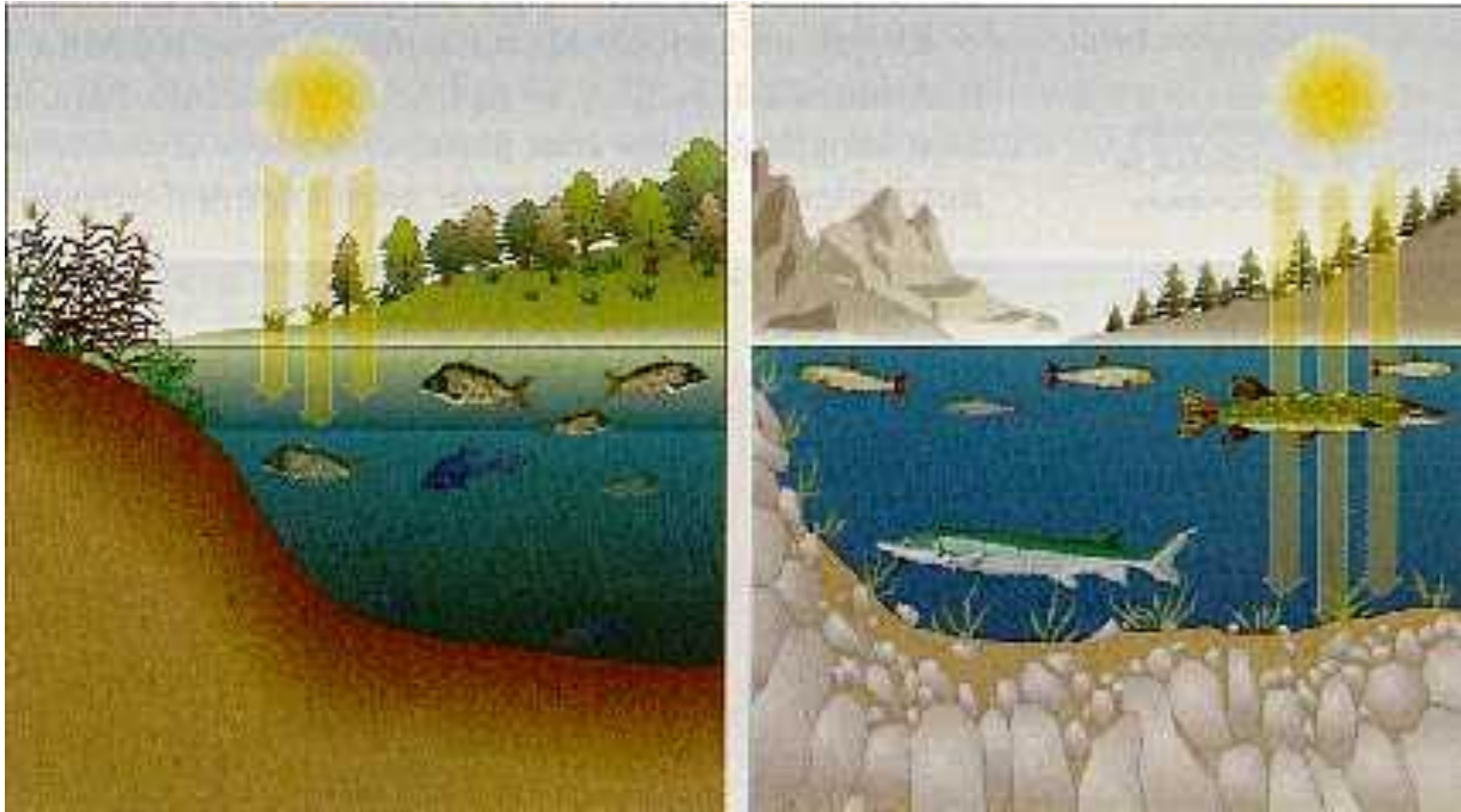
Las aguas eutróficas, por su elevado contenido en fitoplancton, son aguas turbias y en ellas la profundidad de la zona eufótica será menor que en las aguas de un sistema oligotrófico, de aguas más claras.

LIGHT VERSUS DEPTH PROFILES FOR A CLEAR LAKE ($k=0.2 \text{ M}^{-1}$) AND A TURBID LAKE ($k=0.9 \text{ M}^{-1}$).

(extraído de www.science.kennesaw.edu)

3. Factores que afectan a la producción primaria en los ecosistemas acuáticos

En lagos eutróficos, la elevada concentración de fitoplancton en superficie (aguas de "color verde"), limita la profundidad de la zona eufótica a unos pocos metros. En lagos oligotróficos, sin embargo, las aguas se caracterizan por ser muy claras (escasez de fitoplancton) y por tanto la zona eufótica puede alcanzar una mayor profundidad.



(Extraído de : <http://www.tecnun.es/asignaturas/Ecologia/Hipertexto/05PrinEcos/175Lago.htm>)

3. Factores que afectan a la producción primaria en los ecosistemas acuáticos



Un ejemplo

La presencia de Lemna (lenteja de agua) que puede llegar a ocupar grandes extensiones, es un problema actual grave en lugares como en el Golfo de Venezuela. Debajo de la capa de Lemna, las condiciones del agua (elevada materia orgánica y descenso de las concentraciones de oxígeno), no permiten el mantenimiento de las comunidades originales, llegando éstas a desaparecer.

(www.plant-identification.co.uk)_

Aspecto del lago cubierto totalmente por Lemna (www.redmanglar.org/inlineImages)

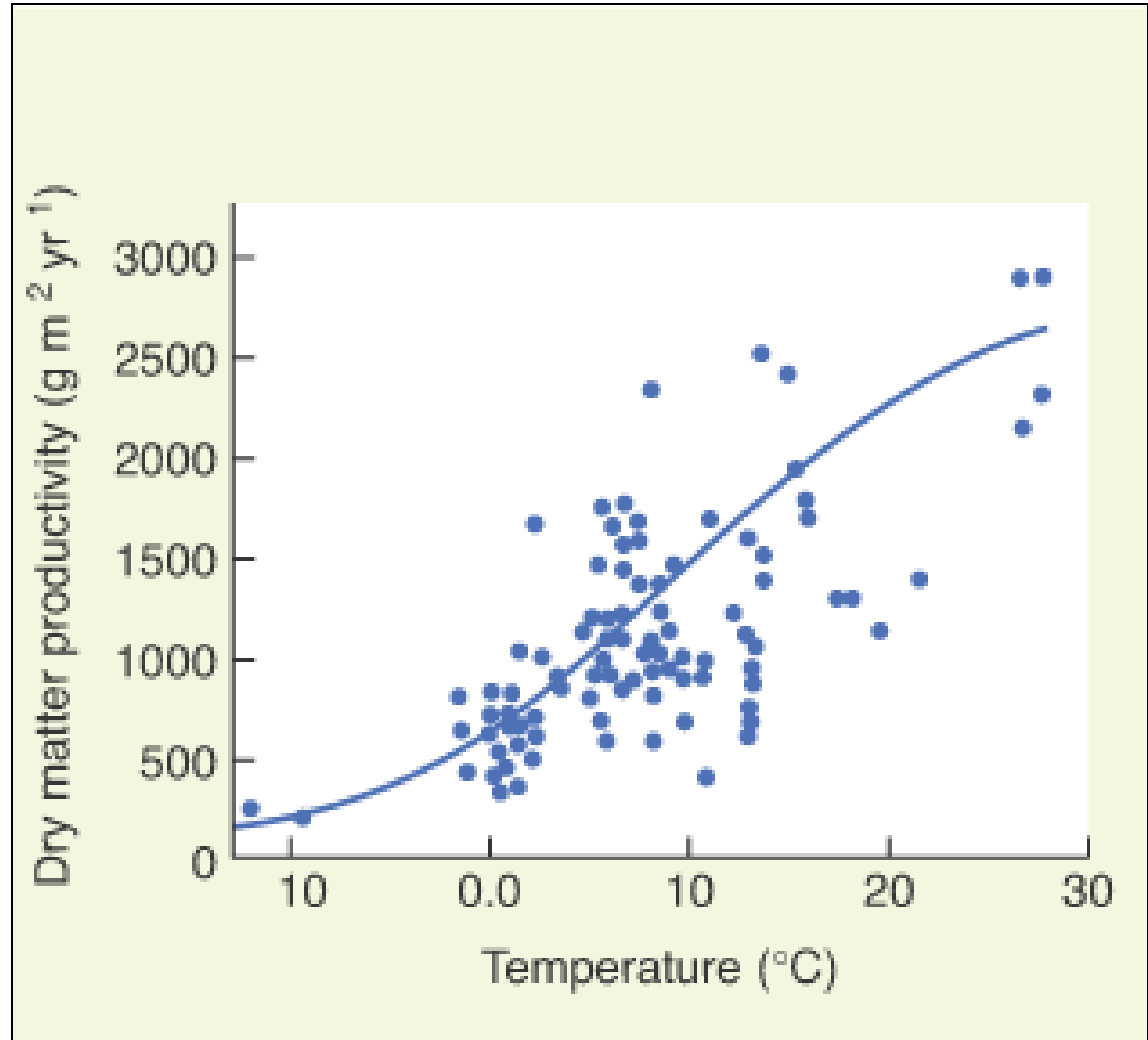


(www.minci.gob.ve/img/lemna_en_el_lago.jpg)

La temperatura

El incremento de la T_a aumenta las tasas de producción primaria hasta un determinado límite, a partir del cual esta disminuye hasta hacerse = 0. Este punto se alcanza en el momento en que la respiración se iguala a la fotosíntesis (= producción primaria bruta) ya que $PPN = PPB - R$.

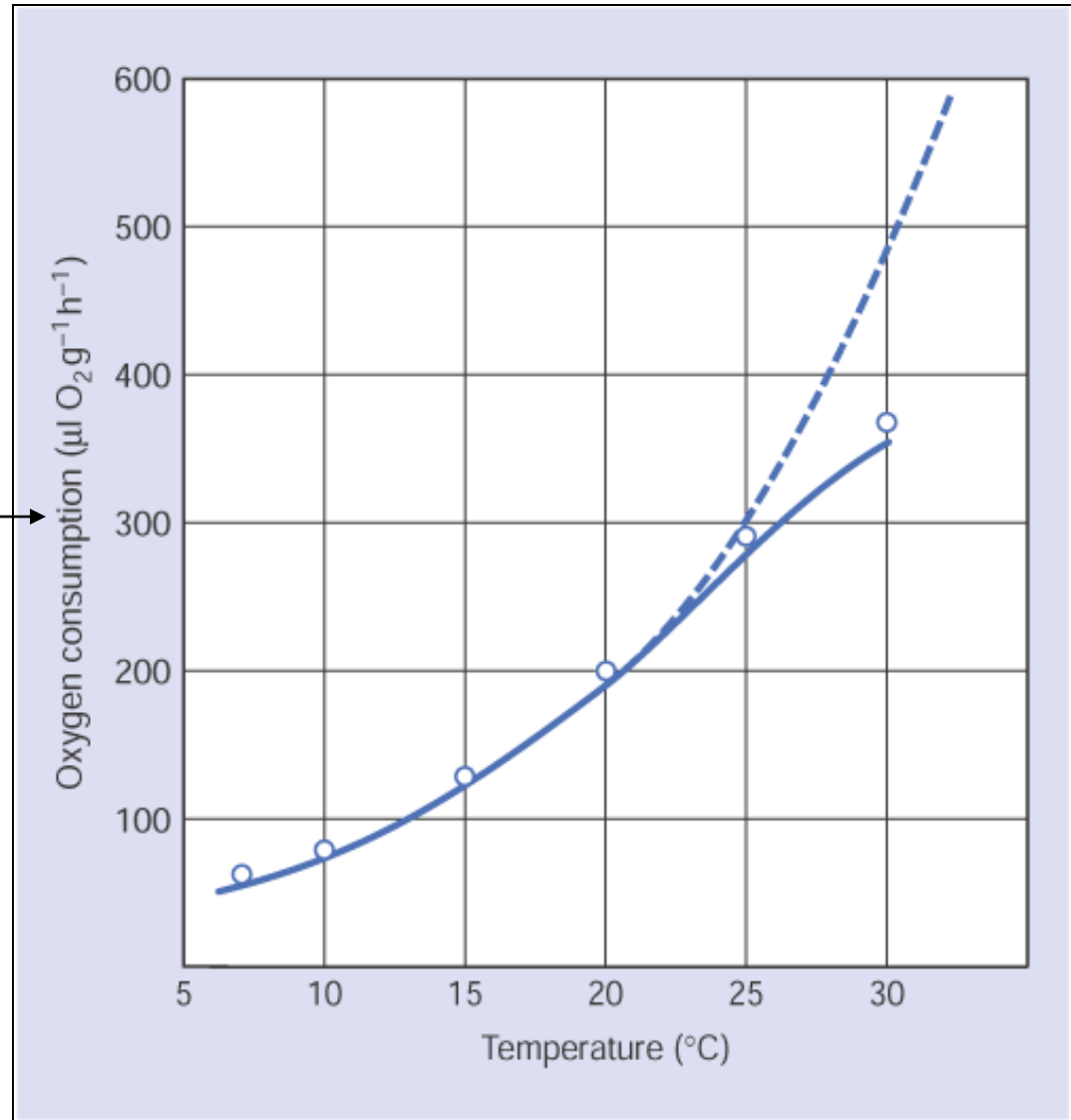
(Extraído de Begon, M; Harper J.L., and Townsend C.R. 1999. *Ecología. Individuos, Poblaciones y Comunidades*. Ed. Omega)



3. Factores que afectan a la producción primaria en los ecosistemas acuáticos

Para entender el efecto de la T^a sobre la producción primaria hay que considerar a su vez, el efecto de ésta sobre la respiración.

Tasa de respiración



(Extraído de Begon, M; Harper J.L., and Townsend C.R. 1999. *Ecología. Individuos, Poblaciones y Comunidades*. Ed. Omega)

Disponibilidad de carbono inorgánico (CO₂)

-El CO₂ es la fuente de carbono asimilable más simple.

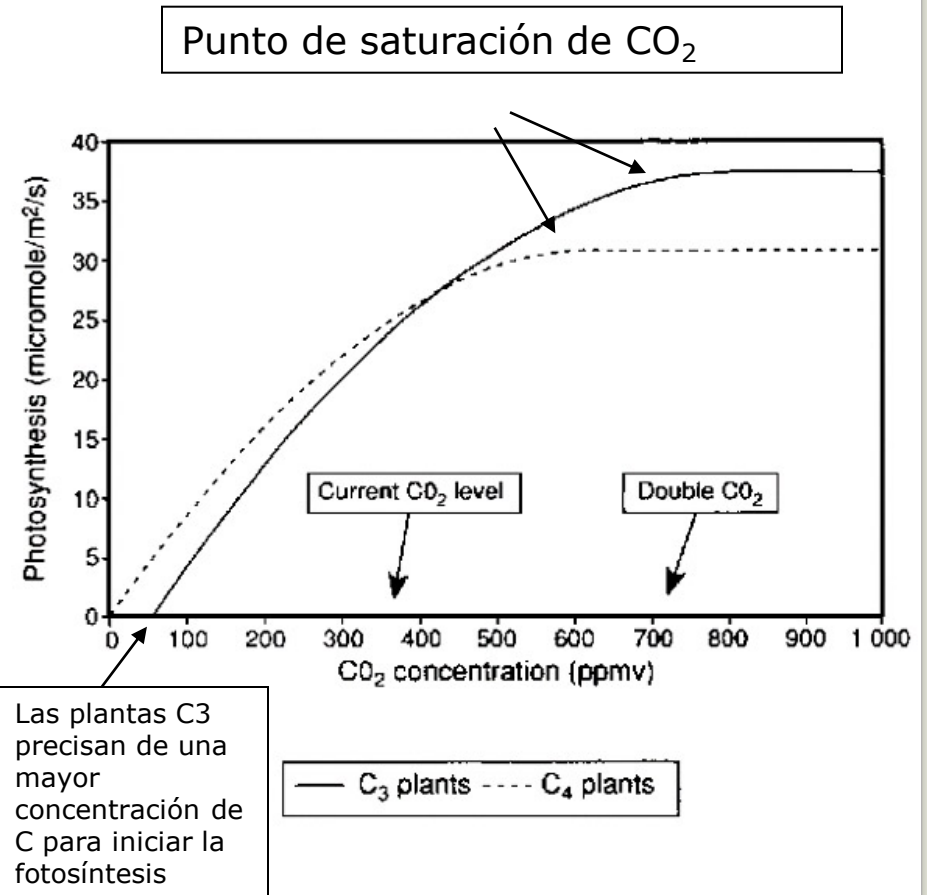
-La difusión del CO₂ en el agua es 10⁴ veces más baja que en el aire.

-La distribución de las tres formas de carbono dominantes en las aguas continentales (CO₂, HCO₃⁻, CO₃⁼) está regulada por el pH, T^a y la concentración de iones.

-La baja concentración de CO₂ disuelto y su baja difusión pueden limitar la fotosíntesis.

-En aguas calcáreas los carbonatos son la principal fuente de carbono. En aguas no calcáreas el CO₂ puede ser el factor limitante de la producción primaria.

-Las plantas acuáticas sumergidas pueden usar el CO₂ disuelto, algunas los bicarbonatos y ninguna los carbonatos directamente. Así, en condiciones naturales, la fotosíntesis puede estar limitada por la velocidad en la que el carbono inorgánico pasa a la célula. Sin embargo, la limitación por carbono inorgánico se encuentra entre las más raras.

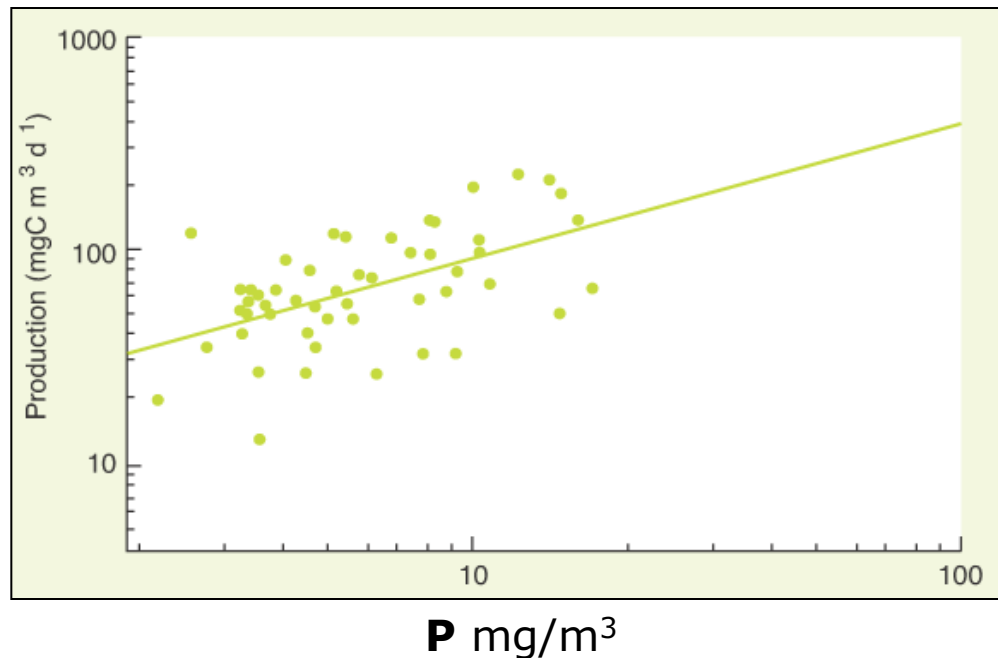


(www.jrscience.wcp.muohio.edu/.../images/c3c4.jpg)

3. Factores que afectan a la producción primaria en los ecosistemas acuáticos

Disponibilidad de nutrientes

- En los ecosistemas acuáticos, el nitrógeno y fundamentalmente, el fósforo son los nutrientes limitantes de la producción primaria. A escala global, los nutrientes controlan la cantidad de fotosíntesis en todos los medios acuáticos.
- El nutrientes limitante de la producción primaria en un sistema puede variar en el tiempo (p.e dependiendo de la estación del año) y con el tipo de organismo considerado. Así el nutriente que limita la producción primaria del fitoplancton de un lago, puede ser diferente del que limita la del perifiton de la orilla (p.e Rodusky et al., 2001, lectura básica).
- El estudio del nutriente limitante de la PPN en sistemas acuáticos es vital para entender el funcionamiento de estos sistemas; el porqué de la distribución espacial y temporal de la biomasa de algas y plantas, e indirectamente, el de la producción secundaria del sistema.



Ejemplo típico que muestra el efecto, en la producción primaria de un lago, de la adición de fósforo

(Extraído de Begon, M; Harper J.L., and Townsend C.R. 1999. *Ecología. Individuos, Poblaciones y Comunidades*. Ed. Omega)

3. Factores que afectan a la producción primaria en los ecosistemas acuáticos.

Otros factores: El herbivorismo

La presión de los consumidores (zooplancton ó metazoos ramoneadores) puede ser en ocasiones un factor clave en el control de la producción primaria de los sistemas acuáticos



En Camarga (Francia), introdujeron caballos marismeños para el control del incremento de la biomasa del carrizo

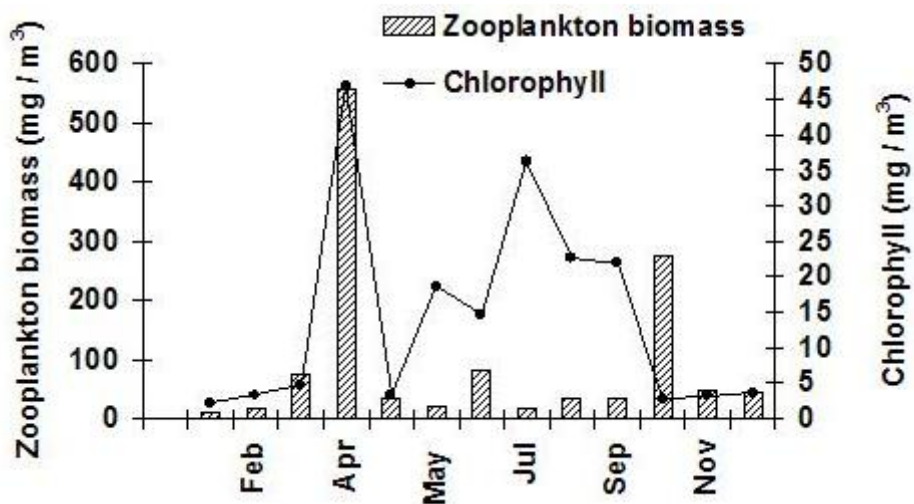
(www.flickr.com)_

Ejemplar de *Daphnia sp*



En los sistemas leníticos el zooplancton es el gran controlador de la producción primaria. En la imagen una pulga de agua

(www.caudata.org)_



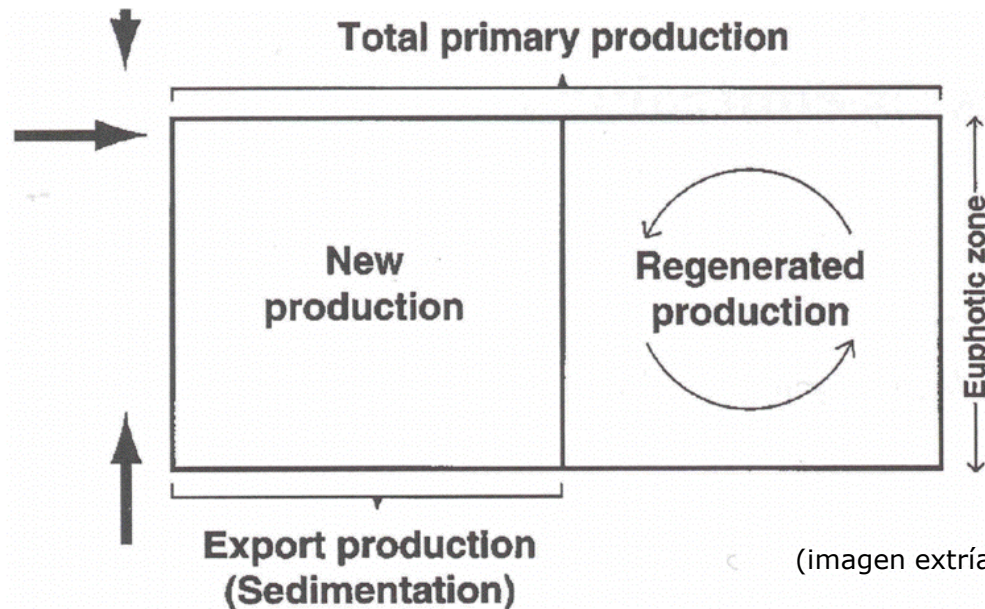
En esta figura se observa la relación entre los picos de clorofila, (medida de la biomasa fitoplanctónica) y la biomasa de zooplancton en un lago de Georgia (EE:UU)

(extraída de scielo.org.mx)

3. Factores que afectan a la producción primaria en los ecosistemas acuáticos.

Producción del ecosistema

En los sistemas acuáticos la producción neta la podemos diferenciar en nueva producción (NP), aquella que se realiza a expensas del aporte externo de nutrientes al sistema y producción regenerada (RP), aquella que se realiza a expensas de los nutrientes que son regenerados (reciclados) dentro del mismo sistema. Así, la producción primaria total es la suma de ambas (NP + RP). La cantidad de carbono (materia orgánica producida) que es transportada aguas abajo (en sistemas lóticos) o entra en la zona afótica (zona profunda en sistemas leníticos), es denominada producción exportada



(imagen extraída de <http://lepo.it.da.ut.ee>)

En los lagos y lagunas la sedimentación de parte del C generado por producción primaria constituye una exportación de su producción. En ríos y arroyos, ésta se exporta aguas abajo a favor de la corriente.

4. Análisis del metabolismo en sistemas acuáticos. Variación espacial y temporal.

Análisis del metabolismo del sistema

El estudio del metabolismo de los sistemas acuáticos nos ofrece una medida de ambos procesos metabólicos: **la producción y la respiración.**

La producción y los organismos en ella implicados ha sido el objeto de estudio en las diapositivas anteriores. **La respiración** de la comunidad acuática (CR), incluye el consumo de oxígeno por los organismos heterótrofos tales como microorganismos e insectos y la respiración de los organismos autótrofos (algas, macrófitos, briófitos y cianobacterias).

Se conoce como metabolismo neto diario, (NDM) a la variación de oxígeno diario resultado de la actividad biológica global del sistema y medida como la diferencia entre :

Producción primaria bruta (GPP) y respiración diaria (CR₂₄)

$$\mathbf{NDM = GPP + CR_{24}}$$

NDM ha sido definido por algunos autores como la **productividad neta del sistema o productividad neta de la comunidad**

4. Análisis del metabolismo en sistemas acuáticos. Variación espacial y temporal.

La relación entre la producción (**P**) y la respiración (**R**) (GPP/CR_{24}) expresa el balance de estos procesos metabólicos en términos relativos.

Si, la P excede a la R durante un ciclo diario (**$P/R > 1$ y NDM es positivo**) existe una entrada neta de energía al sistema y a éste se le denomina **sistema autótrofo**.

Si por el contrario P es menor que R (**$P/R < 1$ y NDM es negativo**) existe una pérdida neta de energía del sistema y a éste se le denomina **sistema heterótrofo**.

En los sistemas heterótrofos la principal fuente de energía proviene del material orgánico generado fuera del sistema: **material alóctono, mientras que en los sistemas autótrofos** la energía procede, fundamentalmente del material orgánico generado dentro del sistema acuático a través de la fotosíntesis por los productores primarios: **material autóctono**

(A) Sistema heterótrofo



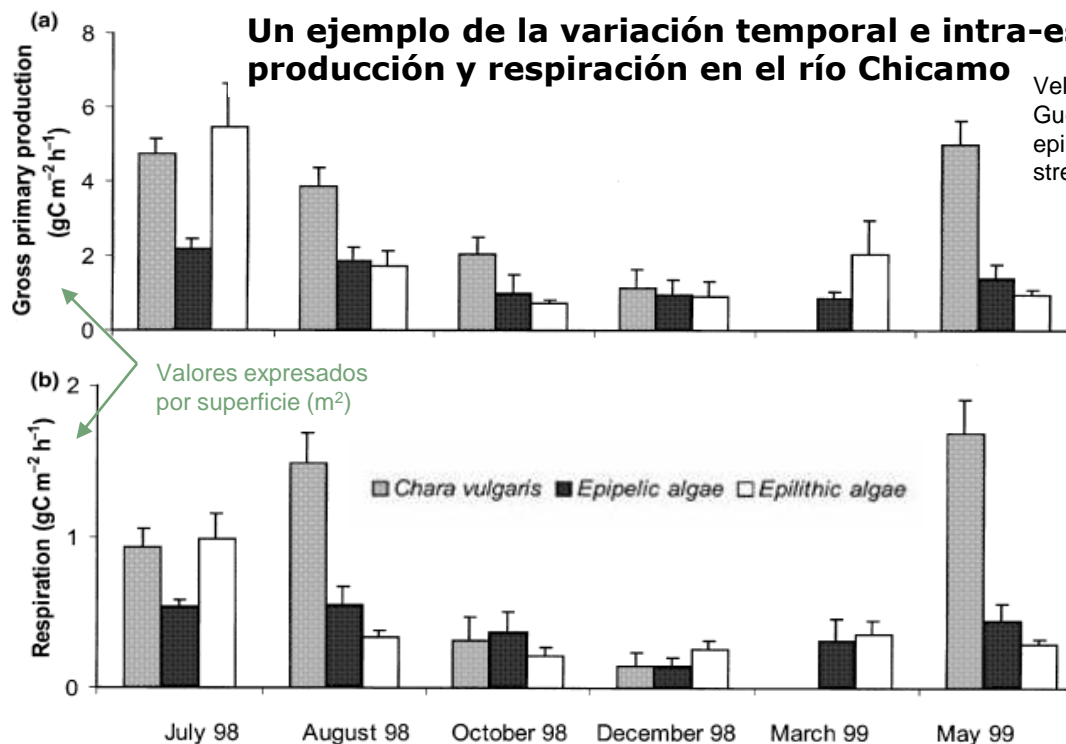
En este caso, la limitación por la luz, disminuye la producción primaria del sistema, mientras que el aporte de hojas, ramas, etc. de la zona de ribera (material alóctono) supone la principal fuente de energía

(B) Sistema autótrofo

En este sistema la producción primaria es elevada, mientras que el aporte de materia orgánica alóctona es mínimo (no hay ribera). Por tanto, la principal fuente de energía es autóctona.



4. Análisis del metabolismo en sistemas acuáticos. Variación espacial y temporal.



Velaso J., A. Millán, M.R. Vidal-Abarca, M.L. Suárez, C. Guerrero & M. Ortega. 2003. Macrophytic, epipellic and epilithic primary production in a semiarid Mediterranean stream. *Freshwater Biology* 48: 1408-1420.

Los valores más altos, tanto de producción (PPB) como de respiración, se dan en primavera y verano para todas las comunidades, lo que refleja la dinámica estacional de las comunidades vegetales. Las diferencias entre *Chara vulgaris* y las comunidades de algas epipélicas (crecimiento sobre sedimentos) y epilíticas (crecimiento sobre rocas) son especialmente claras en determinados meses del año. Sin embargo, dada la mayor cobertura de la comunidad epipélica, ésta contribuye más tanto en la producción, como a la respiración del sistema.

Tabla: Valores de P y R extrapolados al tramo de estudio en función de la cobertura de cada tipo de alga

Table 2 Summary of area covered in the reach, and of biomass and metabolism measurements for algal assemblages (*Chara vulgaris*, epipellic and epilithic algae) in the chambers and extrapolated to reach scale. Gross primary production (GPP), community respiration (CR) and net daily metabolism (NDM)

Date	Assemblage	Cobertura en el tramo	Biomass (gC m ⁻²)	Reach biomass (%)	GPP (gC m ⁻² h ⁻¹)	Reach GPP (%)	CR (gC m ⁻² h ⁻¹)	Reach CR (%)	NDM (gC m ⁻² d ⁻¹)	GPP : CR ₂₄
		Coverage (%)								
Mean	<i>C. vulgaris</i>	5.65	25 ± 7	21.80	2.80 ± 0.83	8.96	0.76 ± 0.29	8.05	7.03	1.9
	Epipellic	87.67	5.05 ± 1.12	74.08	1.37 ± 0.22	84	0.39 ± 0.06	85.91		
	Epilithon	6.68	4.62 ± 1.78	4.12	1.96 ± 0.73	7.05	0.41 ± 0.12	6.03		

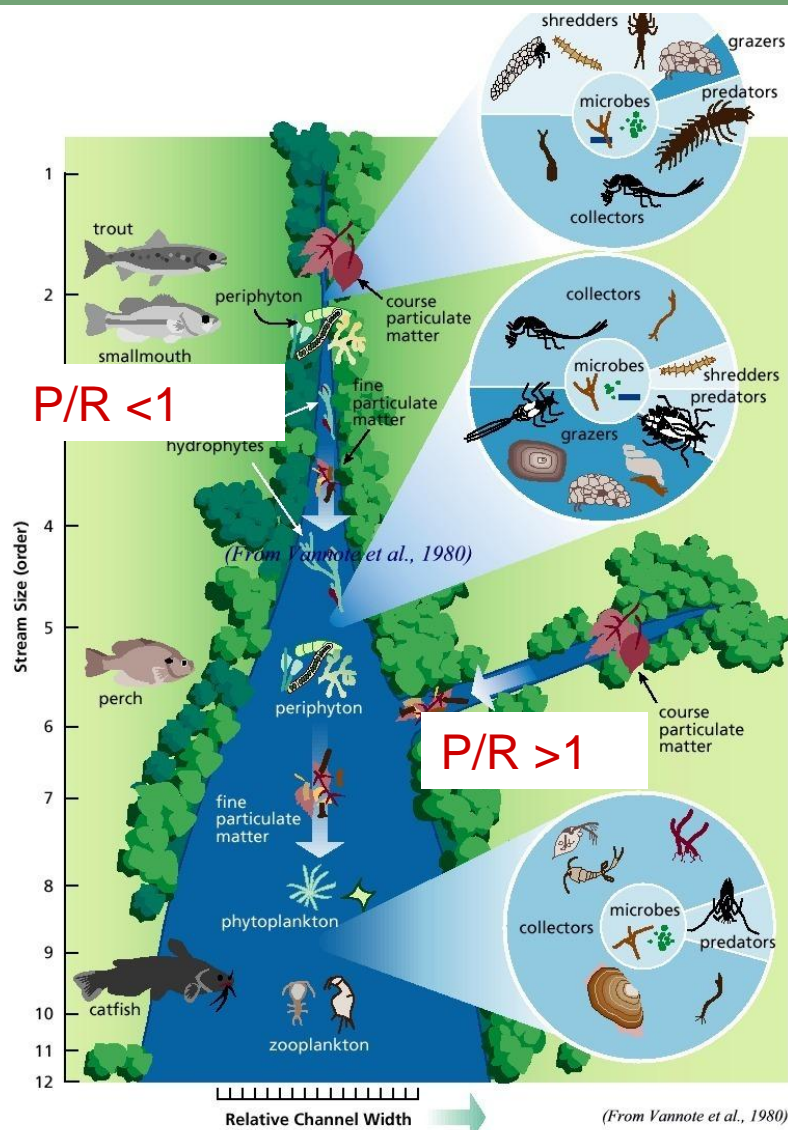
4. Análisis del metabolismo en sistemas acuáticos. Variación espacial y temporal.

Variación espacial de la relación P/R en sistemas lóticos

Los lagos, lagunas, ríos y arroyos pueden cambiar de un estado metabólico a otro tanto en el espacio como en el tiempo (cambio de estaciones, efecto de perturbaciones... etc.)

El RCC (ver Lección 1) asume que en ríos y arroyos el índice cambia según el gradiente cabecera-desembocadura. En cabecera dada los bajos valores de PPN, la respiración supera la producción de ahí el valor del índice.

Conforme la producción aumenta en los tramos medios-bajos, la producción del sistema supera a la respiración de la comunidad y el sistema pasa de heterótrofo (precisa de un aporte externo de energía) a autótrofo (produce su propia energía). **En los tramos bajos de aguas turbias por la entrada de sólidos la situación vuelve a $P/R < 1$**



(Modificado de : www.tcnj.edu)

4. Análisis del metabolismo en sistemas acuáticos. Variación espacial y temporal.

Frente al modelo anteriormente expuesto:

- tramos de cabecera (cauces de orden 1-3) y tramos bajos de ríos (orden >6) con valores de $P/R < 1$
- tramos medios (orden de cauce 3-6) con valores $P/R > 1$,

existen varias excepciones. Por ejemplo, las imágenes representan dos arroyos de cabecera de características muy distintas, ¿cómo serán los valores esperados del índice P/R para estos sistemas?



4. Análisis del metabolismo en sistemas acuáticos. Variación espacial y temporal.

Irregularidades del modelo RCC

La ausencia de vegetación de ribera, la calidad de la materia orgánica (no biodisponible) o los flujos de agua intermitentes constituyen excepciones al modelo anteriormente expuesto

	Orden cauce			
		P	R	P/R
Walker Branch (US Tennessee)	1	0,14	1,45	0,1
Hugh White Creek (US, North Carolina)	2	0,07	3,4	0,02
Little Sandy Creek (US New York)	3	0,9	5,0	0,2
Black Creek (US,Georgia)	4	0,5	3,0	<0,2
Sycamore Creek (US,Idaho)	4	9,4	10,1	0,9
Baker River (US, New Hampshire)	4	0,4	1,9	0,2
Necker River (CH)	6	2,5	3,5	0,7

(medidas de P y R en 24h, expresadas en $\text{gO}_2\text{m}^{-2} \text{d}^{-1}$.
Datos extraídos de Kalff 2002)

Ausencia de vegetación de ribera



Calidad de la materia orgánica alóctona



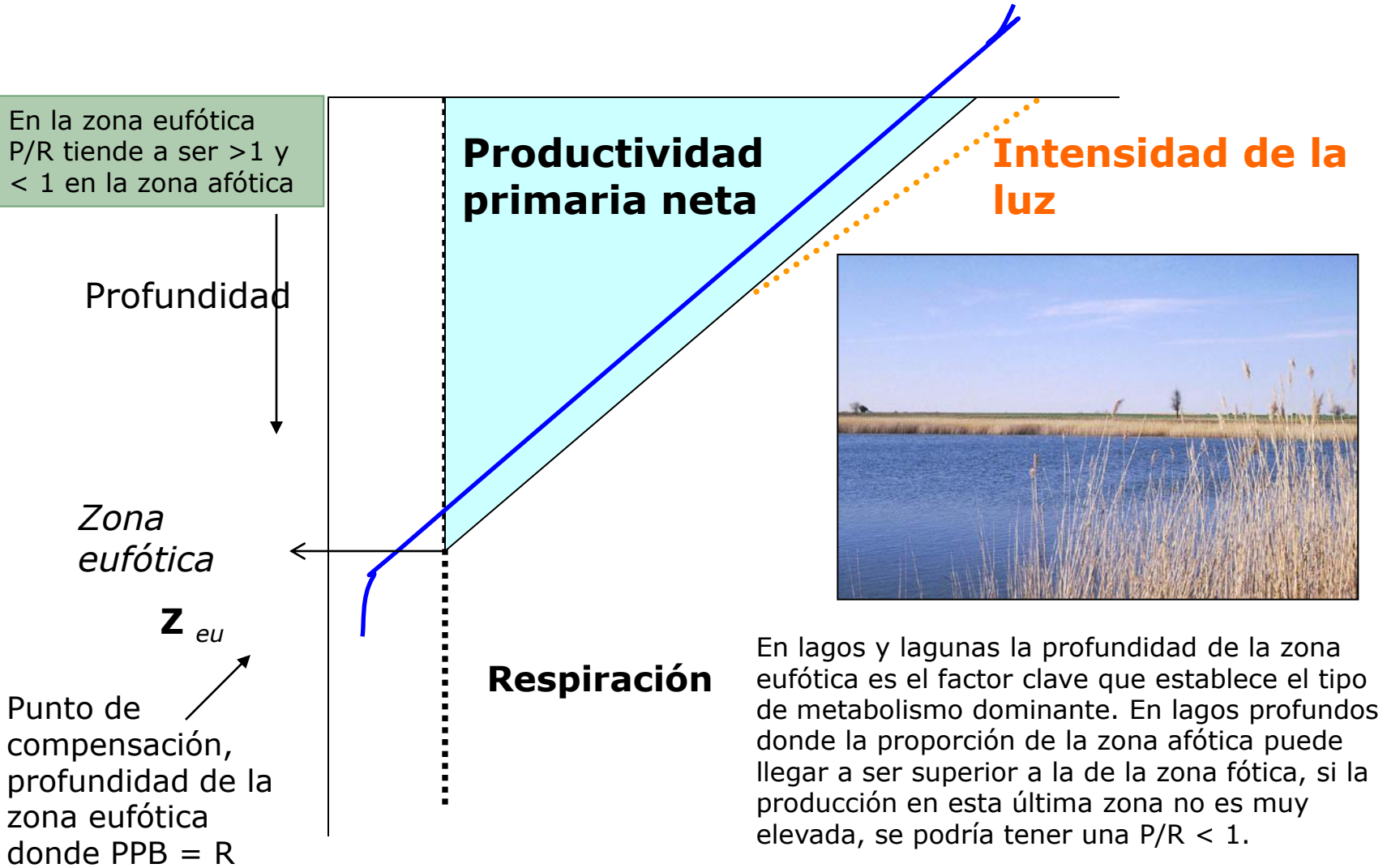
A pesar de la abundancia de MO alóctona en los ríos australianos, las hojas de eucalipto no son biodegradables y por tanto no suponen un aporte de energía útil al sistema.

Flujo de agua intermitente



4. Análisis del metabolismo en sistemas acuáticos. Variación espacial y temporal.

Variación espacial de la relación P/R en sistemas leníticos



4. Análisis del metabolismo en sistemas acuáticos. Variación espacial y temporal.

Estimas de metabolismo

Ya que las medidas de productividad del ecosistema, engloba a toda la comunidad acuática, las estimas de producción y respiración deben de hacerse de manera que engloben a toda la comunidad. Entre éstas se encuentran las medidas "in situ" de cambio en las concentraciones de oxígeno (curvas diarias de oxígeno), a partir de las cuales se estima tanto la producción diaria como la respiración.

En ríos y arroyos de pequeño tamaño, la biomasa de la comunidad es mucho mayor en el bentos que en la columna de agua y el metabolismo bentónico dominará en el sistema. Bajo estas condiciones, la estima de la producción y respiración del bentos puede aproximarse a la totalidad del sistema. Para ello se pueden utilizar cámaras de incubación claras y oscuras donde se introduce una representación de la comunidad bentónica. En lagos, es el caso opuesto, la comunidad planctónica domina a la bentónica y las estimas de metabolismo pueden hacerse incubando muestras de la columna de agua en claridad y oscuridad.

En la actualidad existen diferentes métodos para la estima del metabolismo tanto en sistemas lóticos como leníticos, que pueden ser fácilmente consultadas. En sistemas lóticos, la realización de curvas de oxígeno diarias (24 h) "in situ", son de los métodos mas ampliamente utilizados.

(consultar p.e

Elosegui A & S. Sabater (eds). 2009. Conceptos y técnicas en ecología fluvial. Fundación BBVA, 444 pp .

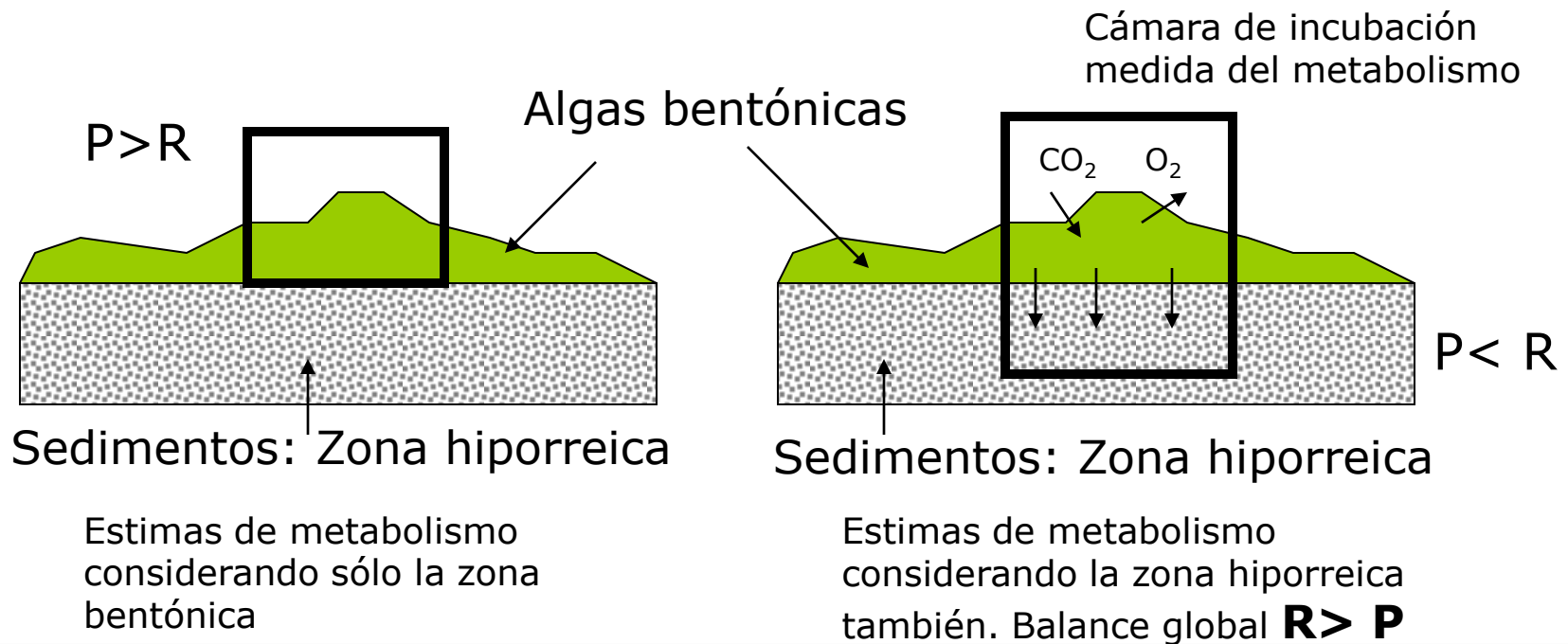
Hauer F.R & G.A. Lamberti. 2006. Methods in Stream Ecology. Elsevier, second edition)



Un ejemplo del empleo de cámaras de incubación para la estima de la producción y respiración de la comunidad bentónica

4. Análisis del metabolismo en sistemas acuáticos. Variación espacial y temporal.

Los primeros estudios realizados sobre metabolismo en ríos, mostraban como aquellos tramos despejados (sin vegetación de ribera) y por tanto con elevada radiación solar y con disponibilidad en nutrientes, presentaban elevados valores de PPN, y se comportaban de acuerdo con el modelo anteriormente comentado (RCC). Estos estudios se basaban todos ellos en medidas de respiración y producción del bentos. Sin embargo, si realizamos medidas más globales e incluimos los sedimentos del río o arroyo, junto con las comunidades del bentos, los resultados son bastante diferentes. Incluso tramos de río de elevada PPN pueden presentar un metabolismo heterótrofo dado que los sedimentos son hábitats que registran elevadas tasas de respiración (respiración microbiana de la materia orgánica en ellos contenidos) y los valores de R pueden llegar a superar a los de P, de tal manera que el índice $P/R < 1$, (ver Jones et al, 1995, lectura básica).



5. Destino final de la producción primaria en los ecosistemas acuáticos.

¿ Cual es el destino final de la PPN del sistema ?,

¿es consumida dentro del sistema por los consumidores acuáticos? o

¿es exportada y consumida fuera del sistema?,

esto último podría producirse en arroyos y ríos que sufran riadas en los que la biomasa vegetal, tras la crecida, queda depositada en la llanura aluvial y procesada por los organismos terrestres (organismos detritívoros y descomponedores) o arrastrada aguas abajo y procesada por los propios organismos acuáticos (detritívoros y descomponedores).

También en sistemas que sufren sequía, la biomasa vegetal es procesada por los organismos terrestres que colonizan los lechos secos de los ríos o las cubetas de las charcas y lagunas.

Otra vía importante de "consumo" de la PPN es la utilización del carbono orgánico disuelto (COD) excretado y liberado por los productores primarios vivos al medio acuático. El COD es principalmente consumido por las bacterias. La liberación del COD también se produce durante la senescencia y muerte de la biomasa vegetal.

A continuación veremos la dominancia de uno u otro proceso según la comunidad considerada.

Destino de la PPN del perifiton de ríos y arroyos

Consumo por "herbívoros" (↑)

Muerte y transporte aguas abajo (exportación)

Enterramiento bajo los sedimentos (crecidas)

Liberación de COD de células vivas
(17-28 % de PB)

vía del detrito

pool del COD



**Ejemplo: Sycamore Creek 56 %
de la PN no es utilizada en el
lugar de producción:**

transporte aguas abajo ↑

procesada durante el estiaje

Está bien documentada la existencia de ciclos diarios y estacionales de COD relacionados con las variaciones de biomasa del perifiton

En general, se desconoce la importancia relativa de cada una de las diferentes destinos de la PPN, dada la escasez de estudios al respecto.

5. Destino final de la producción primaria en los ecosistemas acuáticos.

Estimas de la producción primaria de los macrófitos

Plantas con flor, musgos, hepáticas y algas y algunos líquenes incrustantes

Valores max :

3 g C m⁻² d⁻¹ m. sumergidos

10- 20 g C m⁻² d⁻¹ m. emergentes

Suponen, dada su escasa cobertura en general, una pequeña parte de la energía del sistema

Destino de la PPN

Consumo por "herbívoros" (↓)

Muerte y descomposición (vía del detrito, >50%)

Liberación de COD (pool del COD, 4%)



(www.sierradelasnieves.es/.../RA_Musgos_Album.jpg)



(www.iec.es/.../Imatges%20grans/ranunc2.jpg)

5. Destino final de la producción primaria en los ecosistemas acuáticos.

Estimas de la producción primaria del fitoplancton

PNN en ríos muy inferior a la registrada en lagos/embalses de condiciones ambientales similares

Destino de la PP en Ríos

Consumo por "herbívoros" (↓)

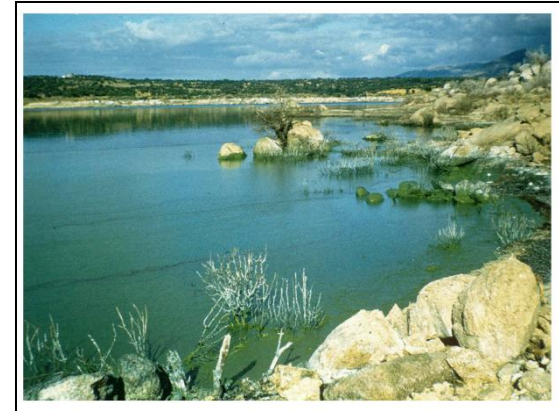
Transporte aguas abajo (destino final ?). Muerte y descomposición/mezcla comunidades

Destino de la PP en Lagos/Embalses

Consumo por "herbívoros" (zooplancton) (↑)

Liberación de COD

Deposición en fondos



(www.hercules.cedex.es/ecosistemas/images/eutro2.gif)



(www.mda.cinvestav.mx)

6. Aplicaciones del estudio de la producción primaria y la respiración en ecología acuática.

Los estudios sobre metabolismo nos informan de los flujos de materia y energía a través del ecosistema, por lo que proporcionan una de las visiones más integradoras de su funcionamiento

El funcionamiento de los sistemas acuáticos puede verse alterado, por un elevado número de factores tanto naturales como antrópicos (variación hidrológica, estacionalidad, alteración de las condiciones morfológicas de los cauces (y cubetas) y riberas, incremento de las concentraciones de nutrientes, efecto de pesticidas, metales pesados, etc.).

Así, analizar el efecto que ciertas alteraciones tienen sobre el metabolismo; tasas de respiración y producción bruta nos ofrece información sobre su efecto en el funcionamiento de los sistemas acuáticos. Decimos que el metabolismo es un indicador funcional y su empleo como tal permite avanzar en el conocimiento del efecto de las alteraciones sobre los sistemas acuáticos.

Actualmente la calidad ecológica de los sistemas acuáticos se entiende como una expresión de su calidad estructural y funcional (Directiva Marco del Agua, ver lección 12). Entendiendo como calidad estructural la referente a los parámetros químicos, físicos (incluidos los hidromorfológicos) y biológicos. En este sentido la idea asumida por la DMA sobre que la calidad biológica esta directamente relacionada con la funcionalidad es demasiado simple. La realidad es que un impacto puede alterar la estructura y no la función o la función y no la estructura, o ambas. De tal manera que recientemente, se ha sugerido utilizar el funcionamiento como una medida de la integridad y salud de los ecosistemas para así completar la información ofrecida sobre su estructura (medida mediante indicadores físico-químicos y biológicos), que es la habitualmente monitoreada en los planes de seguimiento de la calidad ecológica de los sistemas acuáticos.

En la actualidad, el estudio de los indicadores funcionales (metabolismo, retención de nutrientes, y descomposición de hojarasca, entre los más empleados) para evaluar el estado ecológico de los sistemas acuáticos ha experimentado un importante auge en las investigaciones ecológicas (ver lecturas complementarias).