

1.018/7.30J
Fundamentos de ecología

Examen 1: Energía, productividad primaria y factores limitantes

30 de septiembre de 2003

1. Suponga que ya se ha graduado y que, gracias a los conocimientos adquiridos sobre ecología, acaba por encontrar trabajo como investigador en la Agencia Estatal de Protección del Medio Ambiente. Le piden que elabore un informe sobre un lago cercano, el lago Yucco, que tiene un alto nivel de eutrofización y se halla cubierto de espuma durante casi todo el año.

(a). ¿Qué clase de organismos es probable encontrar en la espuma? ¿Por qué se les considera tan nocivos? (6 ptos)

Cianobacterias, o algas verdeazules (3 ptos) (puntuación parcial si la respuesta es algas o fitoplancton). Las cianobacterias tienden a ser filamentosas y dificultan que el zooplancton se alimente de ellas (1 pto). Al ser difícil su consumo alimenticio, las cianobacterias mueren y se descomponen por la acción bacteriana. La degradación bacteriana de las cianobacterias consume oxígeno, lo que resulta fatal para organismos heterótrofos aeróbicos, como los peces (2 ptos). Además, la descomposición de las colonias de cianobacterias suele ir acompañada de malos olores y de disminución de la claridad del agua.

El informe prosigue citando a un científico que afirma que, como la eutrofización es causada por las altas concentraciones de nutrientes y el nitrógeno es uno de los principales nutrientes, la solución al problema pasaría por eliminar el nitrógeno de las aguas del lago. Para ello, el científico citado propone utilizar bacterias desnitrificantes.

(b). ¿Qué reacción, con relación al nitrógeno, provocan estas bacterias? ¿Se trata de oxidación o de reducción? ¿Qué clase de organismos son (¿heterótrofos, autótrofos, qué sub-grupo)? ¿Servirían para eliminar el nitrógeno del lago? Explique por qué. (6 ptos)

$\text{NO}_3^- \rightarrow \text{N}_2$ (1,5 ptos). Se trata de una reducción realizada por heterótrofos de respiración anaeróbica (1,5 ptos).

Tal vez. Si bien la desnitrificación eliminaría nitrógeno del lago, al transformarlo a estado gaseoso las bacterias desnitrificantes sólo podrían vivir en condiciones anaeróbicas, por lo que el lago tendría que estar estratificado. En cualquier caso, como estas bacterias no viven en los mismos lugares que las cianobacterias, no se puede asegurar que puedan reducir la cantidad de nitrógeno a la que pueden acceder éstas. (3 ptos por respuestas que desarrollen un argumento similar a éste).

(c). ¿Está de acuerdo con la conclusión que propone el científico (reducir el nivel de nitrógeno del lago para controlar el problema de las algas)? ¿Por qué? ¿Qué tipo de análisis llevaría a cabo para apoyar su argumentación? (6 pts)

No. En la mayoría de los lagos el factor limitante es el fósforo, no el nitrógeno. (2 ptos). La presencia de cianobacterias indica que la ratio N:P es ya demasiado baja para el desarrollo de algas eucariotas. Reducir aún más la ratio no afectaría probablemente a la productividad de las cianobacterias, que son capaces de fijar el nitrógeno por sí mismas. (2 ptos). Podríamos apoyar este argumento con una medición de la ratio N:P, o mediante un experimento de enriquecimiento de nutrientes (añadir N y P a distintos frascos y ver en cuál se produce mayor crecimiento); o bien comprobar que los autótrofos son en efecto cianobacterias. (2 ptos. por describir cualquiera de estos métodos de análisis).

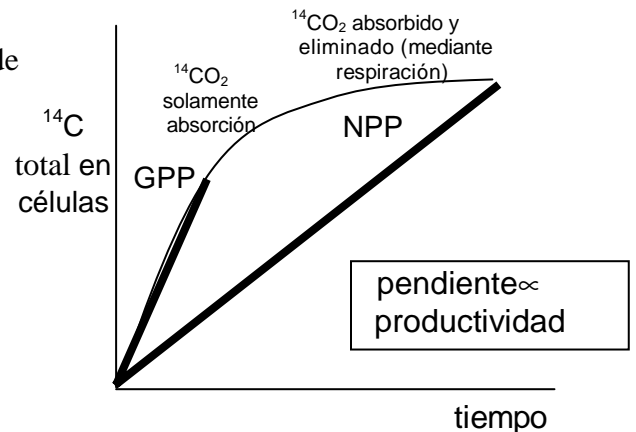
2. La Agencia para la que usted trabaja recibe el encargo de establecer las condiciones básicas del lago antes de poner en marcha medidas de recuperación. Se le pone al frente de un equipo de científicos con la misión de medir la NPP en las aguas del lago. A fin de verificar la exactitud de las mediciones divide el equipo en dos grupos, uno encargado de medir la productividad mediante la absorción de $^{14}\text{CO}_2$, y el otro, de medir la producción de O_2 . En las muestras tomadas cerca de la superficie e incubadas durante el día en la superficie del lago se obtienen los siguientes datos, expresados en unidades de $\text{g C m}^{-2} \text{hr}^{-1}$, con una media de 2 y 6 horas.

<u>tiempo (hrs)</u>	<u>método $^{14}\text{CO}_2$</u>	<u>método O_2</u>
2	$1,3 \pm 0,1$	$1,0 \pm 0,1$
6	$0,8 \pm 0,1$	$1,1 \pm 0,1$

(a). ¿Cómo explicaría que la productividad calculada según los datos de absorción de $^{14}\text{CO}_2$ disminuya con el paso del tiempo? (Un esquema puede resultarle útil). (6 pts).

Al comienzo del experimento, el fitoplancton incorpora el $^{14}\text{CO}_2$ al azúcar y a los azúcares para respiración que no contienen ^{14}C (producido antes de la exposición). Hay un lapso de tiempo entre la producción de $^{14}\text{CH}_2\text{O}$ en el cloroplasto y la respiración de estos azúcares radiomarcados en el mitocondrio.

Así, el primer punto temporal representaría la GPP, y el segundo representaría la NPP (o NCP). O, al contrario, el primer punto podría ser la NPP y el segundo la NCP.



La pendiente de la curva (absorción de C por tiempo) representa la productividad. Como en el primer punto temporal estamos midiendo sólo la absorción de $^{14}\text{CO}_2$, y en el segundo punto medimos la absorción y la eliminación (por respiración), la tasa media de absorción de $^{14}\text{CO}_2$ disminuirá a lo largo del tiempo.

(b). ¿Qué método de medición de la NPP le parece más apropiado en este caso? ¿Por qué? Indique una de las principales fuentes de error de medición del método que haya elegido. (6 pts)

El método del O_2 , porque la productividad medida no varía con el tiempo, y no hace falta calcular el punto de la curva en que nos encontramos. (Hay otras respuestas válidas). (3 pts).

Fuentes de error: (3 pts).

- la presencia de heterótrofos indica que estamos midiendo la NCP en vez de la NPP.
- muestras no representativas.
- efectos de la falta de mezcla, o de la acumulación de O_2 , o de la disminución de CO_2 en el agua.

3. Tras haber elegido el método para medir la NPP, su equipo aprovecha un día caluroso para recoger un perfil de la NPP en profundidad:

(a). Dados los datos de NPP que se muestran, calcule el coeficiente de absorción del lago. Exponga los supuestos que ha aplicado e indique claramente las unidades. (6 pts).

Supongamos que $NPP=0$ en el punto de compensación z_c , donde $I_c = 0,01 \cdot I_0$ (3 pts)

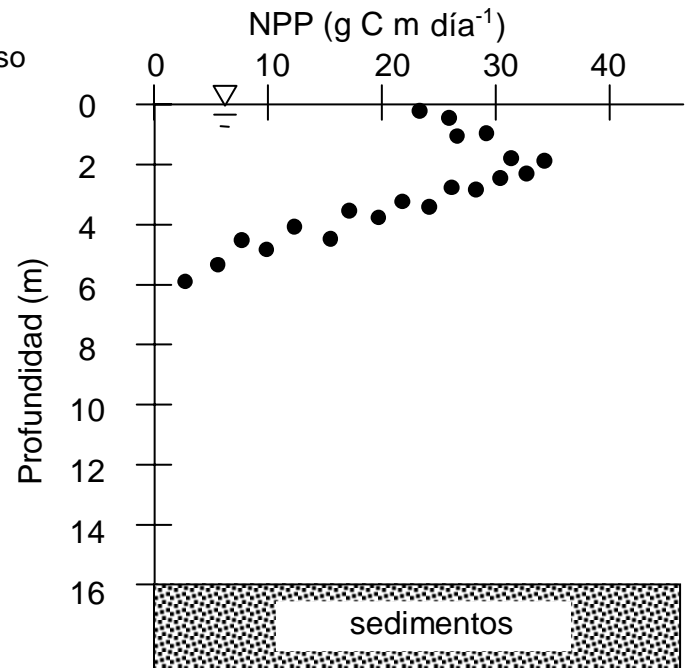
Según el gráfico, $NPP = 0$ a 6 m (z_c)

$$I = I_0 e^{-kz}, \text{ o } I_c = I_0 e^{-kz_c} \text{ (2 pts)}$$

$$0,01 \cdot I_0 = I_0 \cdot e^{-(k \cdot 6m)}$$

$$\ln(0,01) = -k \cdot (6 \text{ m})$$

$$k = 0,76 \text{ m}^{-1} \text{ (1 pto, sólo si las unidades están correctamente expresadas)}$$



(b). Explique por qué la NPP máxima no se da en la superficie del lago. (6 pts)

Debido a la fotoinhibición que la alta intensidad de luz provoca en la superficie.

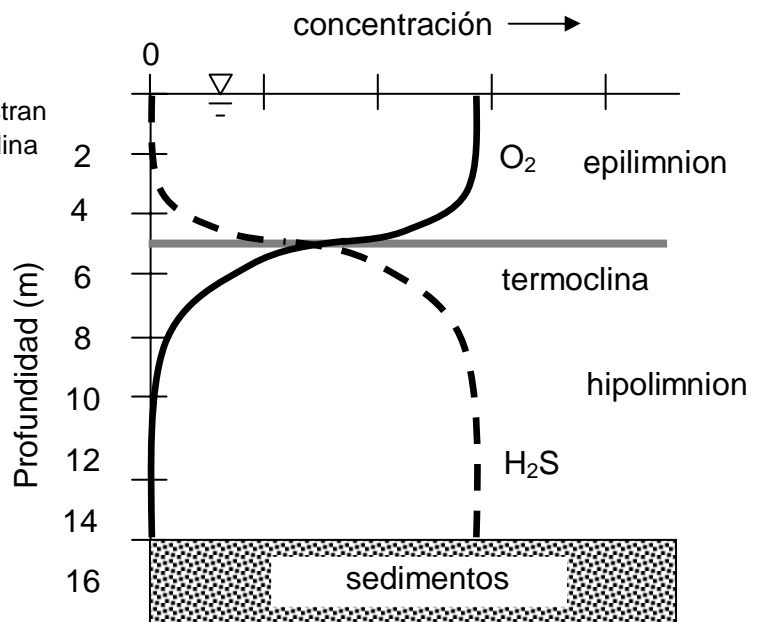
(c). Las mediciones de temperatura en el lago muestran que está estratificado térmicamente y que la termoclina se encuentra a 5 m. Represente gráficamente los perfiles de profundidad de concentración de O_2 y H_2S en el lago. (No se preocupe por la magnitud relativa de O_2 con relación al H_2S , sólo interesa la pendiente de las curvas). (6 pts).

Hay más O_2 en la capa mixta de la superficie (en equilibrio con la atm) que en la capa más profunda, donde las bacterias reducen el O_2 . El H_2S sólo se produce en condiciones anaeróbicas, por lo que únicamente se halla presente en la capa más profunda.

El valor de H_2S debería ser 0 en agua oxidada.

Al hablar de "magnitud relativa de O_2 con relación al H_2S ",

pretendemos decir que no es necesario que compare el $[O_2]$ del epilimnion con el $[H_2S]$ del hipolimnion. Pero tal vez el enunciado resulte un tanto confuso, de modo que si se le calificó con dos puntos menos por no dar a H_2S el valor 0, venga a consultarnos.



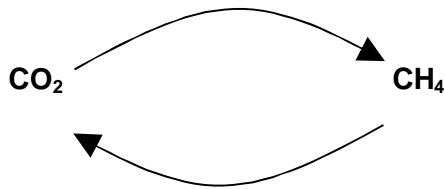
4. Parte de su tarea de establecer las condiciones básicas del lago consiste en saber qué otras clases de microorganismos viven en sus aguas.

(a). Rellene cada espacio en blanco (i)-(v) con el nombre del organismo (ponga, p. ej., "bacterias fijadoras de nitrógeno, no el nombre en latín) que lleva a cabo la transformación. (5 pts).

1 pto cada uno; -0,5 si sólo indica el tipo genérico (p. ej., quimioautótrofos)

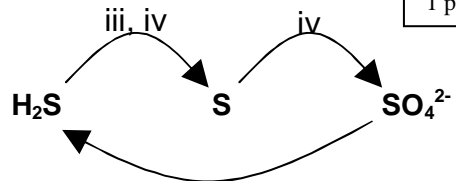
(iii). bacterias rojas (o verdes) del azufre

(i). metanógenas



(ii). methanótrofas

(iv). bacterias oxidantes del S



(v). bacterias reductoras del azufre

el cambio de orden o poner "bacterias rojas" en una línea y "bacterias verdes" en otra no afectará a su puntuación, pero si da dos veces la misma respuesta, sólo obtendrá 1 pto

(b). Indique, para cada reacción:

- el tipo de organismo (fotosintetizador con o sin oxígeno, quimioautótrofo, de respiración aeróbica o anaeróbica o fermentador)
- en qué parte del lago sería más probable encontrar a cada uno de ellos (tenga en cuenta las columnas de Winogradsky)

(5 pts)

	<u>Tipo</u>	<u>Lugar</u>
(i)	de respiración anaeróbica	capa de sedimentos/hipolimnion
(ii)	quimioautótrofos	sedimentos/hipolimnion, o junto a la termoclina
(iii)	fotosintetizadores, sin oxígeno	termoclina
(iv)	quimioautótrofos	capa de sedimentos/hipolimnion
(v)	de respiración anaeróbica	sedimentos/hipolimnion, o junto a la termoclina

obtendrá puntos si da la respuesta correcta en la columna "lugar" para el tipo de organismo, o si indica correctamente el lugar aunque el tipo de organismo no sea el correcto.

5. (a). Ya ha contribuido a la mejora de las condiciones del lago Yucco y ahora piensa afrontar tareas más ambiciosas. Así que decide dedicarse a la oceanografía y estudiar la productividad de los grandes océanos, tan importantes desde el punto de vista global. Cuando comenta sus proyectos a su compañero de habitación, éste (que completó el curso 1.018 el año pasado y sólo recuerda algunas cosas) le pregunta, intrigado: “Pero, ¿no tienen los océanos la misma productividad que los desiertos? ¿Cómo es posible que tengan tanta importancia a escala global?” Explique por qué los dos están en lo cierto. (6 pts).

Es cierto que la productividad de los océanos es baja considerada por área, pero como el porcentaje de la superficie terrestre que ocupan es tan amplio ($\cong 2/3$), resulta que aportan casi la mitad de la NPP global.

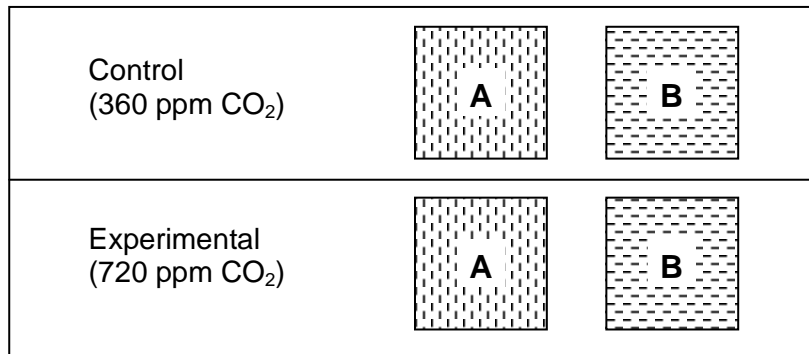
(Muchos alumnos, al responder a esta pregunta, hablan de tasas de renovación, o de ratios P:B (¡y, algunos, además, haciendo afirmaciones erróneas!). La tasa de renovación se refiere al tiempo que un átomo de C permanece en el sistema, no a la cantidad de C que entra en él. Y, aunque las ratios P:B sean mucho más altas en los océanos que en los ecosistemas terrestres, la biomasa que hay en ellos es tan escasa que este dato, por sí sólo, no sirve para explicar la importancia de la aportación de los océanos a la productividad global.

(b). A lo largo del curso hemos visto diferentes formas en que los organismos vivos, mediante sus procesos metabólicos, han provocado en su entorno cambios significativos de alcance global. En la década de 1930, Redfield observó un dato interesante sobre la relación entre la vida marina y las concentraciones relativas de los principales nutrientes en océanos de distintas partes del mundo. Explique en qué consistió la observación de Redfield y la principal conclusión que extrajo de ella. (6 pts).

Redfield observó que existía cierta proporción de C:N:P en los organismos vivos (2 pts) y que esa ratio era la misma en la superficie y en las aguas profundas de distintos océanos del planeta (2 pts). (Aunque no haya respondido exactamente que lo que descubrió fue que los seres vivos presentaban esa ratio, obtendrá la puntuación completa si ello se desprende de su respuesta). También halló que la cantidad de oxígeno que se perdía en aguas profundas guardaba una relación muy estrecha con las concentraciones de los principales elementos.

Así pues, a través de los procesos de fotosíntesis y de degradación de los compuestos orgánicos, las concentraciones relativas de los principales elementos en los océanos del planeta acaban reflejando los requisitos de la vida orgánica. Si ésta no existiera, la composición química de los océanos sería, casi con total seguridad, muy diferente a la actual. (2 pts).

6. Después de participar en varias expediciones oceanográficas, los mares en barco le deciden a reorientar su carrera y a enfocarla hacia la ecología terrestre. Como mantiene su interés por las cuestiones globales, opta por estudiar los efectos del incremento de los niveles de CO_2 sobre la productividad de dos especies herbóreas: la planta C_3 (especie A) y la planta C_4 (especie B). Para ello dispone de pequeños terrenos en su invernadero para cada especie, tanto a concentración ambiente de CO_2 (360 ppm) como a concentración doble (720 ppm). Planta las semillas de hierba en primavera, riega el terreno periódicamente, cosecha la hierba en otoño, la seca y registra los pesos y medidas.



(a). ¿Estamos midiendo la GPP, la NPP o la NCP? ¿Por qué? (6 pts).

La NPP. (3 pts).

La biomasa producida representa la cantidad de carbono (o de energía) fijada por las plantas, menos la cantidad de carbono (o de energía) que las plantas expulsan al respirar. (3 pts).

La NCP sería también una respuesta aceptable, siempre que se mencione que existe respiración heterótrofa a la vez que autótrofa.

(b). ¿En qué cambiaría su respuesta si la hierba hubiera crecido en un campo al aire libre? (6 pts).

Habría que tener en cuenta la pérdida de biomasa por el consumo de los herbívoros (3 pts), por lo que lo que en realidad estaríamos midiendo sería la NCP (3 pts).

(c). Al comparar las plantas en terreno controlado y en terreno experimental de cada especie, observa que ambas muestran mayor crecimiento con concentraciones altas de CO_2 , pero que ese crecimiento es más marcado en una de ellas. ¿Qué especie es y por qué crece más? (6 pts)

La especie A. Las plantas C_4 (especie B) tienen un mecanismo que concentra el CO_2 en sus células, por lo que su uso del CO_2 es más eficaz y tienden a estar menos limitadas por el CO_2 que las plantas C_3 . Así pues, cabe esperar que las plantas C_3 (la especie A) se beneficien de la mayor concentración de CO_2 porque así pueden mantener sus estomas más cerrados y utilizar el agua de un modo más eficiente. Véase el capítulo 28 del libro de texto.

(n.b: este argumento no nos dice nada acerca del crecimiento relativo de las especies A y B).

(Algunos alumnos mencionan la intensidad de la luz, y el hecho de que las plantas C_3 alcanzan la saturación con respecto a la luz (a un 25-33% de intensidad de luz solar plena), mientras que las C_4

siguen creciendo con el aumento de luz. Con iluminación parcial, las plantas C_3 quedarán saturadas con respecto a la luz, por lo que una mayor exposición a la luz solar no hará que crezcan más. Pero esto no quiere decir que no podamos añadirles algo que mejore su crecimiento, simplemente indica que no son capaces de aprovechar el exceso de luz solar. Por tanto, es posible que a las plantas C_3 las limite primariamente algún otro factor, y dado que su uso de agua es poco eficaz, ese factor podría ser el agua o el CO_2 . Por el contrario, el principal factor limitante de las plantas C_4 es la intensidad de la luz, y son menos propensas que las C_3 a estar limitadas por el CO_2 . En definitiva, a plena luz, cuando las plantas C_3 alcanzan saturación de luz y las C_4 no, las C_3 son más propensas a mostrar un mayor crecimiento si se les proporciona una cantidad adicional de CO_2).

(d). Al siguiente año decide proseguir el experimento, empleando el mismo sistema: plantar las semillas en primavera, regar el terreno periódicamente y cosechar las hierbas en otoño para medir su productividad. Sin embargo, en esta ocasión no observa ningún incremento de productividad entre los dos tratamientos. Explique los resultados. (6 pts).

Lo más probable es que los nutrientes de los suelos (especialmente el nitrógeno) se hayan agotado tras cosechar y retirar los cultivos del año anterior, y el CO_2 adicional no haya bastado para aumentar el crecimiento, ya que para ambas especies los nutrientes son un factor limitativo.

(e). Los expertos en cambio global prevén que, además del creciente incremento de la concentración de CO_2 , en ciertas regiones subirán las temperaturas y habrá menos lluvias. Comente brevemente cómo afectarán estos cambios a las distribuciones relativas de las plantas C_3 y C_4 . (6 pts).

El aumento de temperatura y la disminución de las lluvias tendrán el mismo efecto: las plantas C_4 superan en rendimiento a las C_3 en condiciones de más calor y menos lluvia (3 pts), por lo que la tendencia al aumento de las zonas secas y áridas supondrá un predominio de las plantas C_4 . (3 pts). (Este fenómeno ya se viene observando: las zonas de predominio de las plantas C_3 se hallan cada vez más restringidas al norte del Hemisferio Norte y más al sur del Hemisferio Sur.