

Examen 2: Productividad secundaria y ciclos biogeoquímicos

1. Paseando por una región montañosa, se encuentra usted un precioso lago glacial en las faldas del impresionante monte de Oikos-logia. Sediento, se detiene a beber de sus aguas. Grave error. Antes de que pueda darse cuenta, se halla prisionero de la tribu de los academios, acusado de profanar el lago sagrado. Sus captores le llevan al desagüe del lago, una cascada de 200 metros de caída, y allí el Gran Jefe Professus le da a elegir entre saltar o resolver el enigma del lago. Si no lo hace, sólo habrá un medio de aplacar a Oikos-logia: arrojarle a usted a la cascada.

El enigma es el siguiente: el lago, perfectamente circular y con concentraciones uniformes, tiene 10 m de profundidad y 100 de radio. El flujo de entrada es de 2 metros cúbicos de agua/segundo, que contienen 4 mg de $\text{NO}_3^- \text{L}^{-1}$ provenientes de las nieves de las laderas de Oikos-logia. Los academios extraen del lago 20kg de nitrógeno diariamente en sus capturas de peces y, según análisis del aire realizados por un estudiante del MIT que anda deambulando por la zona, el lago emite 500 moles de N_2O y 1000 moles de N_2 cada día, sin que existan otras fuentes ni pérdidas de nitrógeno. A la vista de ello, el Gran Jefe Professus le plantea cuatro cuestiones:

(a) ¿Qué seres vivos harían que el lago produjera gases, y donde vivirían?
(3 puntos)

Bacterias desnitrificantes, probablemente *pseudomonas*, que vivirían en condiciones anóxicas, bien en el barro o en los sedimentos, o bien en el hipolimnion, con oxígeno reducido.

(b) ¿Cuál es la masa de estado estacionario de N en el lago? (7 puntos)

$\Sigma\text{Entradas} - \Sigma\text{Salidas} + \Sigma\text{Fuentes} - \Sigma\text{Pérdidas} = 0$ (podríamos calcular las salidas y las pérdidas de varias formas, obteniendo idéntico resultado – suponiendo siempre que las salidas equivalen al flujo saliente).

Aplicando la ecuación de balance de masa:

$$\Sigma\text{Entradas} = (4\text{mg NO}_3^-/\text{L}) \cdot (1000\text{L}/\text{m}^3) \cdot (2\text{m}^3/\text{s}) \cdot (86400\text{s}/\text{día}) \cdot (10^{-6}\text{kg}/\text{mg}) =$$

$$\Sigma\text{Entradas} = \boxed{691,2 \text{ kg NO}_3^-/\text{día}} \text{ o } 156 \text{ kg N}/\text{día}$$

$$\text{Salidas} = \text{incógnita}$$

$$\Sigma\text{Fuentes} = 0$$

$$\Sigma\text{Pérdidas} = (20\text{kg N}/\text{día}) +$$

$$(500 \text{ mol N}_2\text{O}/\text{día} = 1000 \text{ mol N}/\text{día}) \cdot (14\text{g}/\text{mol}) \cdot (10^{-3}\text{kg}/\text{g}) +$$

$$(1000 \text{ mol N}_2/\text{día} = 2000 \text{ mol N}/\text{día}) \cdot (14\text{g}/\text{mol}) \cdot (10^{-3}\text{kg}/\text{g}) =$$

$$20 + 14 + 28 = \boxed{62 \text{ kg}/\text{día}}$$

$$\text{Balance de masa: } 0 = 156\text{kg N} - x + 0 - 62 \text{ kg}/\text{día}$$

$$X = 94\text{kg N}/\text{día}$$

continúa →

SUPONGA Que el estado estacionario $Q_{in} = Q_{out} = 2\text{m}^3/\text{s} \cdot (86400\text{s}/\text{día}) = 172800 \text{ m}^3/\text{día}$

$$\text{Luego } 94\text{kg N día}^{-1} / 172800 \text{ m}^3 \text{ día}^{-1} = 5,43 \times 10^{-4} \text{ kg N/m}^3$$

Como las concentraciones del lago son uniformes, flujo de salida de $C = C$ presente en el lago

$$\begin{aligned} \text{Volumen del lago: } 10\text{m} \cdot \pi \cdot 100\text{m}^2 &= V = 314159 \text{ m}^3 \\ \text{Masa de N del lago} &= 5,43 \times 10^{-4} \text{ kg N/m}^3 \cdot 314159 \text{ m}^3 = \boxed{170,6 \text{ Kg N}} \end{aligned}$$

(c) ¿Qué concentración de NO_3^- hay en el agua que cae por la cascada (la misma a la que pueden arrojarle de un momento a otro)? (5 puntos)

Sabemos que la concentración en el flujo de salida es $5,43 \times 10^{-4} \text{ kg N/m}^3$, por tanto:

$$5,43 \times 10^{-4} \text{ kg N/m}^3 \cdot (62\text{kg NO}_3^- / 14\text{kg N}) \cdot (1000\text{L/m}^3) \cdot (10^6 \text{ mg/kg}) = \boxed{2,4\text{mg NO}_3^-/\text{L}}$$

Nota: en el cálculo anterior se supone que el N presente en el lago se halla principalmente en forma de NO_3^- . Aunque la mayor parte se halle en forma de NO_3^- , el cálculo se complica debido a que el nitrógeno puede presentarse también en forma de N orgánico o en otras formas.

(d) ¿Cuáles son los tiempos medios de residencia (MRT) del agua y del nitrógeno del lago? ¿Por qué son diferentes? (5 puntos)

$$\text{agua: MRT} = \text{masa/flujo} = (314159 \text{ m}^3) / (2\text{m}^3/\text{s}) = 1,6 \times 10^5 \text{ seg} = \boxed{1,8 \text{ días}}$$

$$\text{N: MRT} = \text{masa/flujo} = (170,6 \text{ kg N}) / (156\text{kg N}/\text{día}) = \boxed{1,1 \text{ días}}$$

El N y el agua entran al sistema al mismo ritmo; pero mientras que el agua sale de él únicamente a través de la cascada, el nitrógeno puede salir por la cascada, como N_2O , como N_2 o como N (en los peces), por lo que cabe esperar que el tiempo de residencia del nitrógeno sea menor.

2. Impresionado por sus respuestas, el Gran Jefe decide perdonarle la vida y, además, nombrarle CEO (Consejero Ecológico Oficial) de la tribu. Resulta que el reino de los academios se enfrenta a unos cuantos problemas medioambientales que afectan a sus bosques.

(a) Se trata de un reino bastante extenso, en el que hay bosques de coníferas, bosques templados de caducifolios y selvas tropicales. Se le pide que compare el MRT del nitrógeno en cada uno de los tres sistemas, mostrándolos en orden ascendente y razonando sus respuestas. (5 puntos)

selva < bosque de caducifolios < bosque de coníferas

La materia orgánica se renueva rápidamente en las selvas tropicales, debido a que la temperatura es cálida durante todo el año.

Los árboles de hoja caduca cambian de hojas cada año, luego la biomasa de hojas se renueva rápidamente. Las coníferas mantienen más tiempo sus hojas, y su ciclo de renovación es más lento. Además, las hojas de los árboles de hoja caduca se degradan antes que las de las coníferas.

- (b) Bandidos de la vecina tribu de los lobos grises han talado recientemente uno de los bosques caducifolios. Las observaciones del estudiante aficionado a las mediciones de nitrógeno indican una pérdida de nitrógeno en los residuos de aguas subterráneas que impregnan el suelo de la zona talada. Explique por qué. (4 puntos)

El nitrógeno presente en estas soluciones es inmediatamente absorbido por los árboles. Al talar éstos, el N del suelo no puede ser absorbido y acaba por desaparecer del ecosistema.

Hay otros factores, como la actividad bacteriana, que pueden afectar a la disponibilidad de nitrógeno, pero la principal causa es la ausencia de árboles que lo absorban.

- (c) El nitrato (NO_3^-) y el amonio (NH_4^+) son las dos principales formas inorgánicas en las que se halla el nitrógeno del suelo. Tras la tala, uno de estos dos iones se pierde con mayor rapidez que el otro. ¿Cuál de ellos? Razone su respuesta. (4 puntos)

El NO_3^- es más propenso a desaparecer antes. Los suelos tienden a tener carga negativa (proveniente de las arcillas y la materia orgánica), expresada como CEC ó CIC (capacidad de intercambio catiónico). Por tanto, el NH_4^+ , de carga positiva, tenderá a fijarse al suelo, mientras que el NO_3^- no se retendrá en él y será más fácil que se pierda al disolverse en las aguas subterráneas.

- (d) La tribu ha sido multada recientemente por sus excesivas emisiones de N_2O , y el Gran Jefe quiere saber a qué viene tanta preocupación por estas emisiones. Él siempre había creído que el N_2O era un gas que provocaba la risa. (4 puntos)

El N_2O es causante del efecto invernadero, con una capacidad de atrapar calor 200 veces mayor que la del CO_2 .

- (e) ¿Qué significa Oikos-logia? (2 puntos extra)

Oikos = "Hogar" o "Casa"

Logia = "Estudio"

La raíz griega de la palabra "ecología"...

3. Una vez cumplida su misión como CEO, decide que es hora de cambiar de aires. Al continuar viaje, encuentra una tribu que habita una zona costera y cuyos miembros están, por razones obvias, preocupados por las causas y los efectos del cambio climático. Usted ya goza de cierta fama en la región como experto en ecología, de modo que le piden que les explique ciertas informaciones que han oído y que valore algunas iniciativas que la tribu está considerando aplicar para reducir los niveles de dióxido de carbono en la atmósfera.

- (a) ¿Cuáles son los dos principales flujos de emisión de CO_2 a la atmósfera? ¿Y los tres principales depósitos en los que se fijan esas emisiones? (6 puntos)

Flujos: emisiones provenientes de combustibles fósiles, destrucción de la vegetación

Depósitos: el océano, la biomasa (el carbono "perdido") y la atmósfera

(no olvide que una reserva puede convertirse en un depósito)

- (b) Las emisiones de CO₂ alcanzan 6,1 Pg C/año en el Hemisferio Norte y 0,8 Pg C/año en el Hemisferio Sur. Sin embargo, la cantidad total de CO₂ presente en la atmósfera en el Hemisferio Norte no es muy superior a la del Hemisferio Sur (376 y 374 Pg C, respectivamente). ¿A qué se debe la gran diferencia existente entre las emisiones de uno y otro hemisferio? ¿Por qué esa diferencia no queda reflejada en las concentraciones atmosféricas de dióxido de carbono? (4 pts)

El Hemisferio Norte emite más CO₂ porque su masa terrestre es mayor → más habitantes → mayor consumo de combustibles fósiles

La concentración atmosférica es similar porque el aire de ambos hemisferios circula y se mezcla, y también porque la productividad primaria es mayor en el Hemisferio Norte

- (c) Valore brevemente si las siguientes propuestas servirían para reducir la concentración atmosférica de CO₂ (indicando, en su caso, en qué escala temporal) y mencione un efecto negativo de cada una de ellas. (3 puntos por cada respuesta).

(La calificación de esta pregunta es flexible; las siguientes respuestas son meramente indicativas)

- (i) Aumentar la cantidad de bacterias metanogénicas heterótrofas, que transforman el CO₂ en CH₄ en sus procesos de respiración anaeróbica.

En teoría, se absorbería más CO₂, aunque el proceso respiratorio de estos seres produciría cantidades de CO₂ mayores de las que pueden absorber.

Incluso en el caso de que los niveles de CO₂ se redujeran, se emitiría más CH₄, lo que no es nada deseable, al tratarse de un gas causante del efecto invernadero (25 veces más poderoso que el CO₂).

- (ii) Introducir herbivoricias en aguas profundas de alta mar para reducir las poblaciones de zooplancton, lo que a su vez haría disminuir la predación de fitoplancton.

Es posible que una mayor fijación de fitoplancton en aguas profundas, evitando que sea consumido, redujera temporalmente los niveles de CO₂ (el tiempo de residencia en este tipo de ecosistema es de 350 años, aproximadamente).

Sin embargo, esta iniciativa provocaría graves alteraciones en el conjunto de la cadena alimentaria marina, causando escasez de alimento en los niveles tróficos superiores.

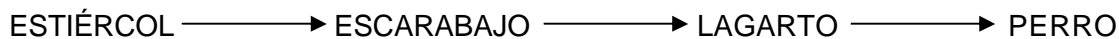
- (iii) Talar árboles de las selvas tropicales y usar la madera y la celulosa para dotar de casas, muebles y libros a personas de todo el mundo con escasos recursos. Los árboles que se planten para sustituir a los talados reducirían el CO₂ de la atmósfera.

Este método podría incrementar el secuestro de CO₂, ya que el carbono almacenado en esos libros, muebles o casas tendría tiempos de residencia que oscilarían entre unas décadas y uno o dos siglos.

Pero, por otra parte, la tala de árboles ocasionaría erosión y pérdida de nutrientes en las selvas impidiendo la replantación y obligando a los seres que las habitan a abandonarlas.

4. Tras su estancia con las tribus de la costa, supongamos que es usted seleccionado para participar en un concurso televisivo llamado *Supervivientes: la aventura ecológica*, en el que deberá demostrar sus conocimientos de ecología y redes alimentarias para poder sobrevivir.

Tenemos el siguiente ejemplo de cadena alimentaria del detritus:

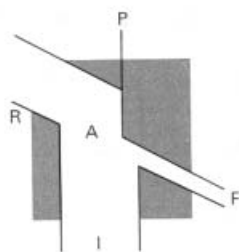


- (a) Las eficiencias de asimilación y producción de los tres consumidores son distintas. Indique la identidad de cada uno de los siguientes organismos, razonando su respuestas. (6 puntos)

I = cantidad de energía ingerida
A = cantidad de energía asimilada
P = producción del nivel trófico

F = cantidad de energía perdida como materia fecal
R = cantidad de energía usada en la respiración

(i)



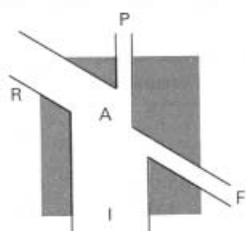
$$A/I = 80\%$$

$$P/A = 2\%$$

organismo: PERRO

El proceso respiratorio hace perder a los animales de sangre caliente gran parte de la energía que asimilan, ya que necesitan ésta para mantener constante su temperatura corporal. Por tanto, la ratio P/A más baja correspondería al perro.

(ii)



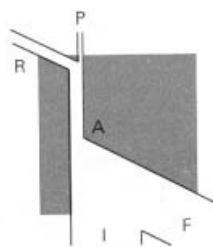
$$A/I = 80\%$$

$$P/A = 30\%$$

organismo: LAGARTO

Las eficiencias de asimilación y producción relativamente altas indican que se trata de un animal carnívoro de sangre fría. La eficiencia de asimilación es mucho más alta en los carnívoros que en los herbívoros y detritívoros.

(iii)



$$A/I = 20\%$$

$$P/A = 40\%$$

organismo: ESCARABAJO

Eficiencia de asimilación relativamente baja y alta eficiencia de producción: debe tratarse de un animal de sangre fría que no es carnívoro. La eficiencia de asimilación es mayor cuanto más parecido sea el consumidor al alimento que ingiere.

- (b) Suponiendo unas eficiencias de consumo (ingestión) del 100%, ¿qué eficiencias ecológicas o de transferencia trófica) corresponderían al escarabajo, al lagarto y al perro? (6 puntos)

Escarabajo: Eficiencia ecológica = $(P/A) \cdot (A/I) \cdot (I/P_{n-1})$. Aquí $I/P_{n-1}=1$

$$EE = 0,2 * 0,4 = \boxed{0,08}$$

Lagarto: $EE = 0,8 * 0,3 = \boxed{0,24}$

Perro: $EE = 0,8 * 0,02 = \boxed{0,016}$

- (c) En el último programa, usted debe elegir entre comer escarabajos y comer lagartos (aunque esto sería más propio de concursos como *Factor Miedo*), y dispone de dos horas para aprovisionarse de comida. En ese tiempo, y empleando el mismo esfuerzo, puede conseguir 1 kg de escarabajos o medio de lagartos. Dejando aparte sus gustos culinarios, ¿qué datos necesita conocer para decidir qué alimento le proporcionaría más energía? ¿Cuál de los dos animales cree usted que constituiría una comida más completa? (4 puntos)

Necesitaría saber su eficiencia de asimilación de lagartos y escarabajos. Si asimila más del doble de energía comiendo lagartos, coma lagartos. Y, al contrario, asimila menos del doble de energía, le será más conveniente comer escarabajos.

El cuerpo humano no digiere la quitina, sustancia abundante en los escarabajos, luego hay más energía asimilable para los humanos en los lagartos que en los escarabajos.

- (d) Supongamos que los perros no siempre pueden cazar suficientes lagartos y que a veces deben recurrir a comer escarabajos para alimentarse. Si los perros obtienen, como media, un 20% de su energía de los escarabajos, calcule su nivel trófico. (Partimos de que el estiércol es el nivel trófico 1, aunque no sea siempre cierto). (4 puntos)

80% de las veces, su nivel trófico es 4

20% de las veces, su nivel trófico es 3

Como media, TL (nivel trófico) = $0,8 \cdot 4 + 0,2 \cdot 3 = 3,8$. (se da como válida cualquier respuesta entre 3 y 4).

- (e) Por regla general, la eficiencia ecológica es mayor en los ecosistemas acuáticos que en los terrestres. Exponga un motivo que explique este dato. (4 puntos)

En los sistemas terrestres hay más animales de sangre caliente.

En los terrestres hay más biomasa no digerible (madera, plumas, piel) que en los acuáticos.

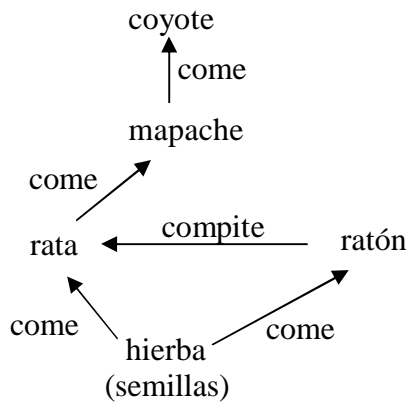
También son posibles otras respuestas.

5. Terminada su participación en el programa (los demás concursantes votaron por eliminarle porque sabía usted demasiado), se dirige ahora al país de Suburbia, donde pasa un tiempo recorriendo sus bosques y observando el comportamiento diario de cuatro especies animales.

Presupuesto de tiempo diario (% de tiempo empleado en las siguientes actividades):

	Descanso	Compitiendo con otras especies	Comiendo	Apareándose
Rata	20%	15% cazando ratones	55% comiendo semillas	10%
Ratón	20%	25% huyendo de las ratas	45% comiendo semillas	10%
Mapache	75%	--	15% comiendo ratas	10%
Coyote	75%	--	20% comiendo mapaches	5%

- (a) Dibuje un diagrama que muestre las interacciones entre las especies del sistema (incluyendo la hierba). Marque cada interacción. (6 puntos)



- (b) Partiendo de los datos de sus observaciones, indique el nivel trófico de cada especie (4 puntos)

rata: 2

ratón: 2

mapache: 3

coyote: 4

- (c) A continuación, provisto del práctico espectrómetro de masa que lleva en su mochila, usted recoge datos del $\text{N}\delta^{15}$ de la biomasa de cada especie.

Espece	$\text{N}\delta^{15}$ (‰)
Hierba	$9 \pm 0,1$
Rata	$12,4 \pm 0,1$
Ratón	$12,3 \pm 0,1$
Mapache	$13,8 \pm 0,1$
Coyote	$17,2 \pm 0,1$

¿Le hacen estos datos cambiar su respuesta al apartado (b)? En caso afirmativo, ¿qué cambiaría? En caso negativo, explique de qué modo estos datos corroboran su respuesta. (4 puntos)

Entre niveles tróficos, el $\text{N}\delta^{15}$ suele incrementarse en cantidades constantes. Así, entre la hierba y las ratas, la hierba y los ratones, y los mapaches y los coyotes se da un incremento constante del 3,4‰, lo que concuerda con el hecho de que haya una diferencia de un nivel trófico entre estas parejas de organismos. En general, los datos corroboran la respuesta al apartado (b).

Entre ratas y mapaches, la diferencia es apenas del 1,5‰, lo que indica que la diferencia entre ambas especies no alcanza un nivel trófico completo. También indica que el mapache come además hierba (u otro productor primario), bien de noche o bien cuando usted no estaba observándole.

- (d) Supongamos ahora que los coyotes se convierten en una amenaza para los gatos de los habitantes de la zona, y que estos ponen trampas con veneno, lo que lleva a una merma en la población de coyotes. Realice un pronóstico de lo que ocurrirá con las poblaciones de las demás especies. En caso de que no sea posible realizarlo, explique por qué. Razone brevemente cada una de sus respuestas. (6 puntos)

hierba: no se puede predecir. Habrá más ratones y menos ratas, pero no es posible saber cómo afectará esto a la cantidad de hierba sin tener datos relativos sobre cuánto consume cada una de estas dos especies.

ratas: disminuirán, debido al aumento de la población de su principal depredador.

ratones: aumento de la población. La disminución de las poblaciones de ratas implica menos depredación por parte de éstas y menor competencia por la hierba.

mapaches: aumentarán, al disminuir la población de su principal depredador.