

Examen 3: Ecología de poblaciones**Información que puede serle útil:**

$$dN/dt = rN((K-N)/K)$$

$$dN_1/dt = r_1N_1((K_1 - N_1 - \alpha N_2)/K_1)$$

$$R_0 = \sum l_x b_x$$

$$T = T_s + T_h P_e$$

$$P_e = (a'NT)/(1+a'T_hN)$$

1. Una especie invasiva de algas, llamada milenrama, se está extendiendo por la región y ahogando a las poblaciones de algas autóctonas. Preocupado por los lagos de la zona, usted decide llevar a cabo un estudio de la competencia entre el alga invasora y las algas nativas, así como de las reacciones predatorias de los consumidores de algas.

Su primer paso consiste en cultivar una especie nativa de alga de agua dulce (*Spirogyra*) en un estanque de su laboratorio. El agua del estanque contiene 100 mM de nitrógeno, 15 mM de fósforo, y abundantes nutrientes de varias clases. Al cabo de un tiempo, ha recogido los siguientes datos:

Días	Células (x 10 ⁶)
0	40
1	110
2	299
3	785
4	2130
5	4252
6	6381
7	7029
8	7235
9	7302

- (a) ¿Cuál es la tasa de crecimiento intrínseco (r) de la *Spirogyra*? (no olvide indicar las unidades) (4 puntos)

Se puede responder mediante varios métodos. El más simple es suponer que la diferencia entre el día 0 y el día 1 sólo represente, muy probablemente, el crecimiento exponencial (no la competencia interespecífica), luego $dN/dt = rN$ describirá el crecimiento sin necesidad de recurrir a la ecuación logística.

Así, podemos emplear $N=N_0e^{rt}$ con $N=110$, $N_0=40$, $t = 1$ día

$$\ln(110/40) = r \cdot (1 \text{ día}) \implies \boxed{r = 1,0 \text{ día}^{-1}}$$

También podemos aplicar la ecuación logística empleando K_1 tal y como se calcula en el apartado (b), y después tomar dos puntos y resolver para r . La única complicación es qué valor usar para N . (Probablemente será una media entre ambos valores).

Nombre: Solucionario

(b) Calcule la capacidad de carga, K_1 , de la *Spirogyra* del estanque y explique el resultado. (6 pts)

Partiendo de los datos de la tabla, parece que el ritmo de crecimiento prácticamente se ha nivelado con la capacidad de carga. Su valor estaría aproximadamente entre $7300-7400 \times 10^6$ células.

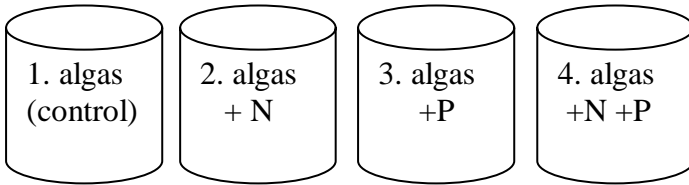
(c) ¿Cuál cree que es el factor limitante del crecimiento de la *Spirogyra*? Suponga que no es la luz. Razone su respuesta. (6 puntos)

La ratio N:P de la solución es aproximadamente de 6,6:1, mientras que, según la ratio de Redfield, los organismos precisan, por lo general, un suministro de N y P a una ratio de 16:1. El hecho de que la proporción N:P sea inferior a la de Redfield indica que N es el nutriente limitante.

(d) ¿Cómo probaría cuál es el factor limitante? Describa brevemente su experimento. (6 puntos)

Comenzamos usando nuevos estaques o estanques separados en compartimentos. Cultivamos algas en (1) la misma

solución (control), (2) una solución con más N, (3) una solución con más P, (4) una solución de N y P (opcional), y, si lo desea, (5) una solución que contenga Fe u otros nutrientes.



Si N es el limitante, deberá darse un crecimiento incrementado en 2 y 4 con respecto a 1, permaneciendo 1 y 3 invariables.

2. Para estudiar las interacciones entre *Spirogyra* y milefolio, utiliza un nuevo estanque de igual tamaño, con la misma solución inicial. A continuación, añade muestras de ambas clases de algas, dándoles el tiempo de equilibrio suficiente para que sus poblaciones se equilibren y observa que las dos especies coexisten.

(a) A la vista de esta coexistencia, ¿qué clase de competencia, interespecífica o intraespecífica, es más importante a la hora de limitar el tamaño de las dos poblaciones de algas? ¿Por qué? (6 puntos)

La intraespecífica, ya que supone que las poblaciones se limitan por sí mismas en vez de entrar en competencia las unas contra las otras. En cambio, la coexistencia no existe en aquellas situaciones en las que una o las dos especies actúan como competidores fuertes.

(b) Según su respuesta al apartado 1(c) sobre el factor limitante del crecimiento de la *Spirogyra*, ¿qué puede decir acerca del factor limitante del milefolio? (6 puntos)

El factor limitante del milefolio no puede ser N, ya que si lo fuera cualquier especie que fuera más eficiente con N eliminaría a la otra, conforme al principio de exclusión competitiva. Muy posiblemente, el factor limitante sea la luz, o quizás P u otro nutriente.

(c) Huffaker realizó ciertos experimentos a fin de determinar las condiciones necesarias para la coexistencia de dos especies. ¿Qué demostró en ellos? ¿Son los resultados que obtuvo aplicables a las interacciones entre la *Spirogyra* y el milefolio? Razone su respuesta. (6 puntos)

Huffaker demostró que un entorno heterogéneo es esencial, ya que proporciona a las presas refugios donde pueden reproducirse y ocultarse de los depredadores. En sus experimentos empleó pequeños herbívoros que se alimentaban de naranjas y pequeños carnívoros que se alimentaban de éstos. Únicamente en condiciones de cierta complejidad era posible la convivencia entre los herbívoros y los depredadores.

Estos resultados no guardan relación directa con las interacciones entre la *Spirogyra* y el milfolio, ya que éstas muestran un tipo de competencia interespecífica y los estudios de Huffaker se refieren a interacciones depredador-presa.

Nombre: Solucionario

Un experimento previo le ha permitido determinar que la capacidad de carga del milefolio, K_2 , en su estanque es de 5000×10^6 células.

En el estanque en el que coexisten ambas especies, las poblaciones se estabilizan en $N_1 = 4300 \times 10^6$ (*spirogyra*) y N_2 (mielfolio) = 2600×10^6 .

(d) Calcule α , el efecto de la competencia de N_2 sobre N_1 , y β , el efecto de la competencia de N_1 sobre N_2 . (7 puntos)

El punto de equilibrio se alcanzará cuando $dN_1/dt = dN_2/dt = 0$

$$dN_1/dt = 0 = r_1 N_1 ((K_1 - N_1 - \alpha N_2) / K_1) \rightarrow K_1 - N_1 - \alpha N_2 = 0$$

$$\alpha = (K_1 - N_1) / N_2 = (7350 - 4300) / 2600 = \boxed{1,2}$$

$$dN_2/dt = 0 = r_2 N_2 ((K_2 - N_2 - \beta N_1) / K_2) \rightarrow K_2 - N_2 - \beta N_1 = 0$$

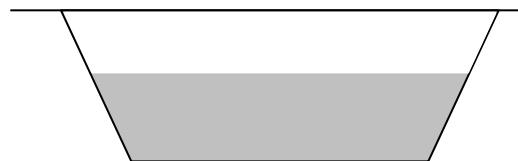
$$\beta = (K_2 - N_2) / N_1 = (5000 - 2600) / 4300 = \boxed{0,55}$$

3. Además de calcular la población total de ambas especies de algas, usted también observa su distribución espacial dentro del estanque. Cuando la *Spirogyra* crece en solitario, se reparte por todo el estanque, como muestra el área sombreada en gris del dibujo de la izquierda. En cambio, cuando crece en presencia de milefolio, su distribución varía y sólo se desarrolla en el fondo del estanque, en la zona sombreada en gris del dibujo de la derecha.

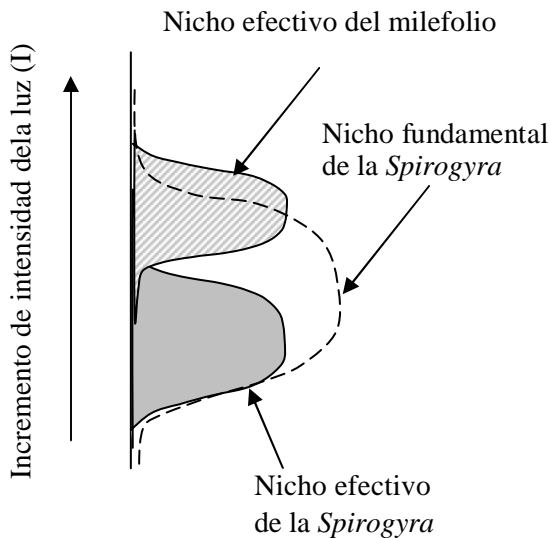
Spirogyra



***Spirogyra* con presencia de milefolio**



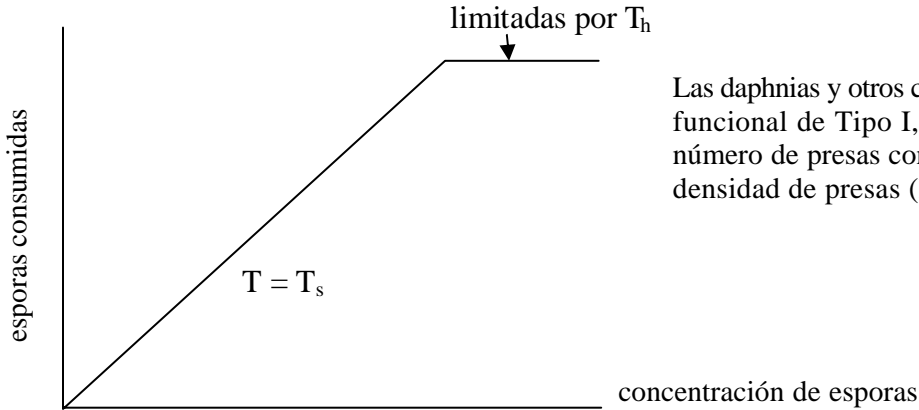
Sabemos que el milefolio sólo crece si la intensidad de la luz es alta. Comente la variación en la distribución de la *Spirogyra* en el contexto de los nichos y muestre gráficamente las causas de esta variación. (9 puntos)



El nicho fundamental de la *Spirogyra* se extiende por toda la columna de agua, en todas las intensidades de luz del estanque. En cambio, como el milefolio sólo puede crecer con intensidades de luz altas, el nicho efectivo de la *Spirogyra* sólo está donde la luz es menos intensa, en la mitad inferior del estanque, debido a la competencia interespecífica existente en la zona con más luz (la más próxima a la parte superior del estanque).

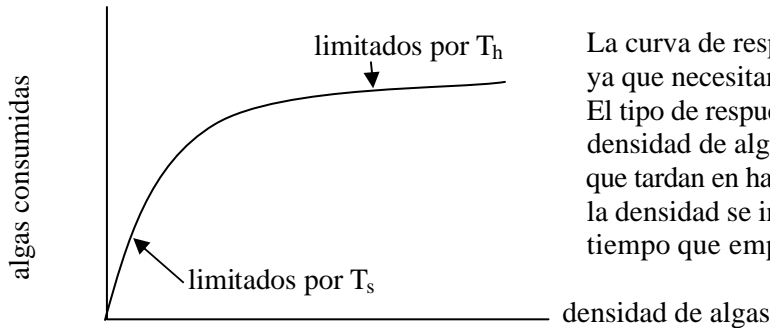
4. Veamos ahora cómo interaccionan dos poblaciones de herbívoros con las especies de algas. Para ello, elegimos dos depredadores: daphnias y caracoles. Ambas especies de algas se reproducen sexualmente mediante esporas. Las daphnias, que se alimentan filtrando la comida, sólo comen las esporas que flotan en el agua y no distinguen entre las de la *Spirogyra* y las del milefolio. En cambio, los caracoles no comen esporas, sino el tejido de las algas, preferiblemente el de la *Spirogyra*.

(a) Comience por estudiar el ritmo de consumo de esporas de *Spirogyra* por las daphnias. Trace una curva de respuesta funcional de Holling del número de esporas comidas como función de la densidad de esporas y explique los resultados. Nombre los ejes. ¿Qué tipo de respuesta funcional es? (Tipo I, II o III). Marque en el gráfico las zonas en las que las daphnias están limitadas por el tiempo de tratamiento o por el de búsqueda.



Las daphnias y otros crustáceos filtradores muestran curvas de respuesta funcional de Tipo I, en las que el tiempo de tratamiento $T_h=0$ y el número de presas consumidas se halla en relación lineal con la densidad de presas (hasta llegar a un determinado umbral).

(b) ¿Cabe esperar que el grafo de respuesta funcional del ritmo de consumo de tejidos de *Spirogyra* por el caracol sea diferente? ¿Será un mismo tipo de respuesta? Explique por qué. (6 puntos)



La curva de respuesta funcional de los caracoles será distinta, ya que necesitan tiempo para buscar su presa y para ingerirla. El tipo de respuesta será probablemente del Tipo II. Con una baja densidad de algas, los caracoles se verán limitados por el tiempo que tardan en hallar las presas (tiempo de búsqueda). A medida que la densidad se incrementa, estarán cada vez más limitados por el tiempo que emplean en comer las algas (tiempo de tratamiento).

El siguiente cuadro muestra la tabla de vida de la *Spirogyra* y del milefolio, basada en datos de laboratorio obtenidos en cultivos en los que cada especie crecía por separado.

l_x = proporción de organismos supervivientes desde el inicio de la tabla de vida hasta el inicio de cada fase de vida
 b_x = producción de esporas per cápita

	<i>Spirogyra</i>			milefolio		
	l_x	b_x		l_x	b_x	
esporas	1,0	0		1,0	0	
adultas	0,002	5000		0,005	10000	

- (c) Calcule R_o , (tasa de reproducción neta), de las dos especies de algas, indicando si las poblaciones están creciendo o disminuyendo. Explique qué variaciones reflejarían los datos de la tabla en un estudio de campo que incluyera la presencia de depredadores. (5 puntos)

Spirogyra: $R_o = \sum l_x b_x = 1,0*0 + 0,002*5000 = \boxed{10}$

milefolio: $R_o = \sum l_x b_x = 1,0*0 + 0,005*10000 = \boxed{50}$

Como $R_o > 1$ en ambos casos, ambas poblaciones se hallarán en expansión.

Si hay depredadores, el valor de l_x será menor tanto para esporas como para adultas, dependiendo del tipo de depredador.

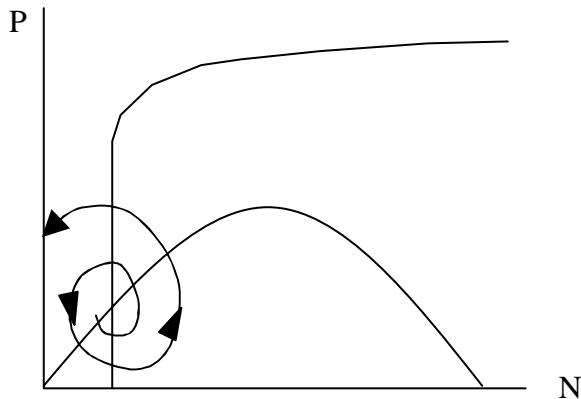
- (d) En dos nuevos estanques del laboratorio, vamos a estudiar la labor depredadora de los caracoles.

En el estanque 1 tenemos únicamente *Spirogyra* y caracoles. Observe que las dos poblaciones oscilan durante un periodo, y que después los caracoles acaban por comerse a la *Spirogyra*, provocando el declive de ambas poblaciones, primero la de *Spirogyra* y luego la de caracoles.

En el estanque 2 tenemos milefolio y caracoles. Sus observaciones le muestran que las poblaciones, tras un periodo de oscilación, llegan a un equilibrio y se estabilizan.

Utilizando diagramas de Rosenweig-MacArthur como los que vimos en clase, dibuje las isoclinas tanto del depredador como de la presa, marcando mediante una línea los cambios en las poblaciones a lo largo del tiempo. ¿Qué puede decir de las características del depredador en ambos casos? (8 puntos)

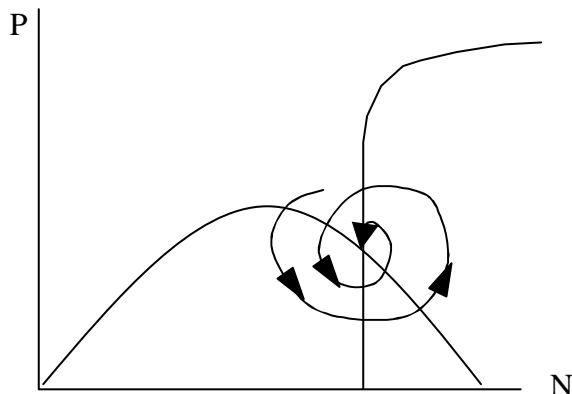
Estanque 1



N = *Spirogyra*
P = caracoles

Aquí los caracoles se comportan como depredadores eficientes, hasta el punto de que llevan a la *Spirogyra* a la extinción.

Estanque 2



N = milefolio
P = caracoles

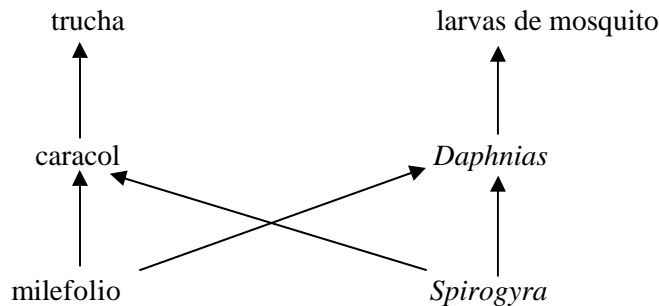
Los caracoles actúan en este caso como depredadores ineficientes, ya que no exterminan la población de milefolio y ambas especies coexisten de forma estable.

Nombre: Solucionario

- (e) A fin de mejorar la supervivencia de la *Spirogyra*, usted desea tomar medidas para que su población aumente con relación a la de milefolio. ¿Que sería mejor: limitar la depredación de esporas por las daphnias, o la depredación de algas adultas por los caracoles? ¿Por qué? (5 puntos)

Las daphnias comen esporas tanto de *Spirogyra* como de milefolio, luego limitar este tipo de depredación no ayudará a aumentar la población de la primera con relación a la segunda. En cambio, los caracoles prefieren alimentarse de tejidos de *Spirogyra*, y reducir la depredación de los caracoles sí que favorecerá a la población de esta especie de algas.

- (f) En un ecosistema natural, los caracoles sirven de alimento a las truchas, y las daphnias son comidas por las larvas de mosquito. Para simplificar el modelo, suponemos que no hay más depredadores en el sistema. Muestre la cadena alimenticia correspondiente a esta comunidad. (5 puntos)



- (g) Para fomentar la población de *Spirogyra*, usted dispone de las siguientes opciones: ajustar la población de truchas (introduciendo más individuos o aumentando la pesca), o bien ajustar la población de larvas (introduciendo más larvas o añadiendo un biocida que afecte únicamente a las larvas de mosquito). ¿Cuál de estas medidas sería más eficaz? (5 puntos)

Reducir la población de caracoles sería lo más ventajoso para la *Spirogyra*. Como el único depredador que amenaza al caracol es la trucha, la forma más eficaz de ayudar a aumentar la población de *Spirogyra* será introducir más truchas en el ecosistema.

- (h) Supongamos que junto a este estanque natural se construye un campo de golf, y que los fertilizantes utilizados en él hacen aumentar en un 50% la productividad primaria de ambas especies de algas. ¿En cuánto aumentaría la productividad de los caracoles? ¿Y la de las truchas? (4 puntos)

La productividad de caracoles y de truchas aumentaría en un 50% (no en un 5% y un 0,5%).

Suponiendo una eficiencia de transferencia de nivel trófico del 10%, podemos suponer las repercusiones del incremento de productividad a través de la cadena alimentaria.

P = productividad primaria total antes de la construcción del campo de golf; y 1,5*P = productividad primaria total después

productividad del caracol antes de la construcción del campo de golf = 0,1*P

productividad del caracol después de la construcción = 0,1*1,5*P

% incremento = $100 * (0,1 * 1,5 * P - 0,1 * P) / (0,1 * P) = 50\%$

n.b.: observe que es indiferente el valor que se elija para la eficiencia de transferencia de nivel trófico.