

## Ecología: Segundo parcial

22 de junio de 2015

1. Morford *et al.* (2011) cuantificaron el nitrógeno total en rocas, suelo y follaje para dos bosques del norte de California, Estados Unidos. La Fig. 1 resume los principales resultados del estudio. ¿Qué diferencias en el ciclo del nitrógeno entre los dos bosques pueden inferirse a partir de la figura?

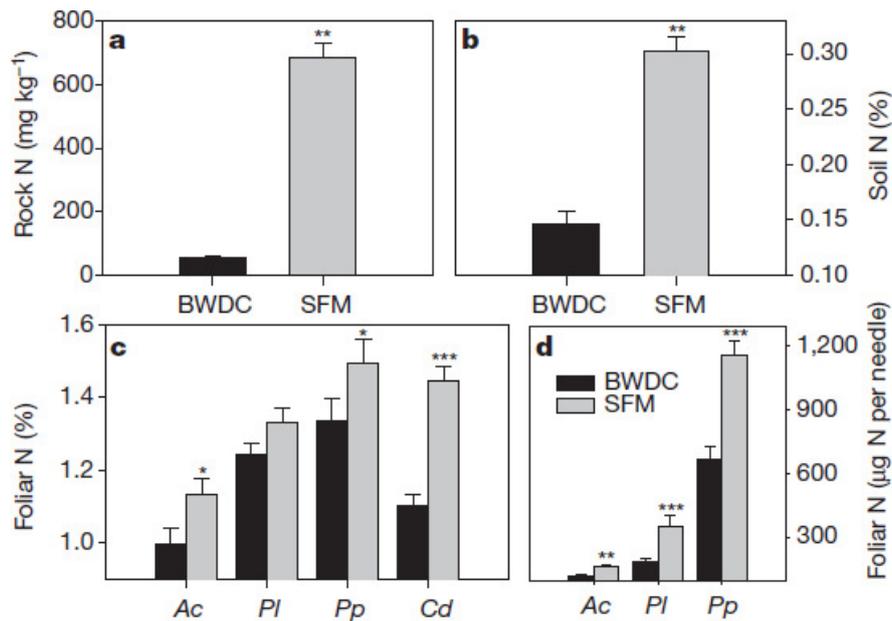


Figura 1: Nitrógeno total en rocas, suelo y follaje para dos bosques, SFM y BWDC. (a-c) Nitrógeno total en rocas ( $\text{mg N kg}^{-1}$ ,  $n = 18$ ) (a), suelo ( $\%N$ ,  $n = 34$ ) (b) y follaje ( $\%N$ ,  $n = 80$ ) (c) en los bosques BWDC (barras negras) y SFM (barras grises), (d) Nitrógeno foliar expresado como  $\mu\text{g N}$  por aguja de conífera, para tomar en cuenta el efecto de la dilución de la biomasa. *Calocedrus decurrens* no se muestra en d porque sus hojas no tienen morfología de aguja. Las barras de error representan el error estándar de la media. Especies muestreadas: *Ac*, *Abies concolor*; *Pl*, *Pinus lambertiana*; *Pp*, *Pinus ponderosa*; *Cd*, *Calocedrus decurrens*. \*:  $P < 0,05$ ; \*\*:  $P < 0,01$ ; \*\*\*:  $P < 0,001$ . Fuente: Morford *et al.* (2011).

2. Considere una enfermedad infecciosa con un ciclo susceptible-infectado-recuperado, en la que la enfermedad no afecta la supervivencia de los hospedadores y no hay pérdida de la inmunidad una vez adquirida. Suponga que la densidad poblacional del hospedador se mantiene constante. Marque las respuestas correctas:

- a) La posibilidad de que ocurra una epidemia depende de:  
 El número de individuos susceptibles – El número de individuos infectados – El número de individuos recuperados – Todos los individuos en la población – El cociente entre individuos susceptibles e individuos infectados
- b)  $R_0$  es:  
 La proporción de individuos susceptibles en la población – La tasa de crecimiento de la población de hospedadores – La proporción de individuos a vacunar para evitar una epidemia – Un número que es independiente del número de individuos infectados – Ninguna de las opciones anteriores

- c) El número de individuos susceptibles en la población determina:  
 El número reproductivo básico – La probabilidad de que ocurra una infección – La proporción de la población a vacunar para evitar una epidemia – Ninguna de las opciones anteriores – La tres primeras opciones
- d) Si ahora suponemos que la densidad de los hospedadores no se mantiene constante, la posibilidad de que ocurra una epidemia ahora depende de:  
 El número de individuos susceptibles – El número de individuos infectados – El número de individuos recuperados – Todos los individuos en la población – El cociente entre individuos susceptibles e individuos infectados

3. Topp *et al.* (2008) estudiaron los efectos de la invasión de dos especies hierbas invasoras *Reynoutria sachalinensis* y *Reynoutria japonica*, sobre la riqueza de escarabajos del suelo en Düsseldorf-Urdenbach, Alemania. Estos autores compararon comunidades invadidas por *Reynoutria* con comunidades no invadidas dominadas por una herbácea nativa, *Urtica dioica*, en dos tipos de hábitat: bosques seminaturales (“semi-natural softwood forest”) y terraplenes altamente perturbados (“ruderal embankment”). La Fig. 2 muestra los resultados de esta comparación. En base a estos resultados, explique cuál es el efecto de la invasión de *Reynoutria* sobre la fauna de escarabajos. En particular: (a) ¿hay un efecto sobre la abundancia de escarabajos?; y (b) ¿hay un efecto sobre la riqueza? (c) ¿Varía el efecto de *Reynoutria* entre tipos de hábitats? Explique y justifique sus respuestas.

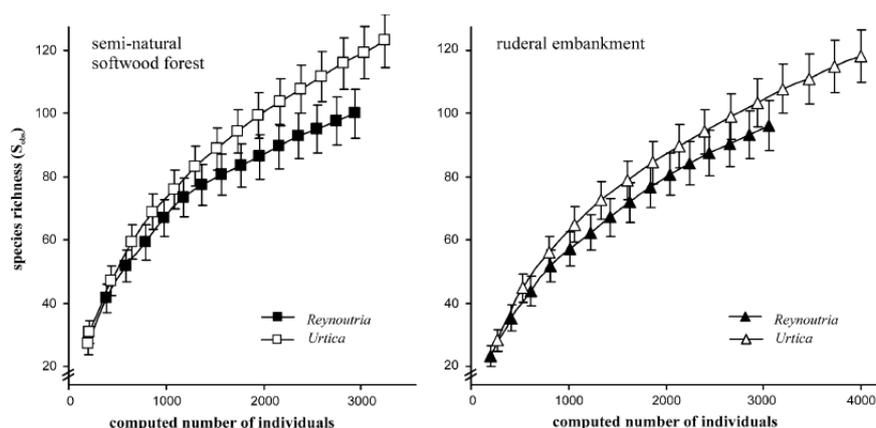


Figura 2: Análisis de rarefacción de la fauna de escarabajos del suelo en sitios dominados por *Urtica* y por *Reynoutria* en dos tipos de hábitats, bosques seminaturales (“semi-natural softwood forest”) y terraplenes altamente perturbados (“ruderal embankment”). Fuente: Topp *et al.* (2008).

4. La teoría postulada por Hubbell (2001) supone que los sistemas ecológicos dependen de procesos demográficos y evolutivos aleatorios, de modo que todos los individuos de cualquier especie tienen la misma probabilidad de dejar descendencia, de morir, de migrar a otro sitio y de que su descendencia se transforme en otra especie. (a) ¿Cuáles de los cuatro procesos esenciales de la ecología de comunidades propuestos por Vellend (2010) (selección, deriva, migración y especiación) están presentes en la teoría de Hubbell, y cuáles no? (b) Durante el curso de ecología usted ha visitado ecosistemas naturales en los alrededores de la ciudad de Mendoza, en Villavicencio y en Vallecitos. ¿Usted cree que la teoría propuesta por Hubbell puede explicar la estructura de las comunidades que usted vio en esos sitios? Justifique su respuesta.
5. ¿Usted cree sería buena idea introducir como agente de control biológico de una plaga de un cultivo a una población de predadores vertebrados insectívoros generalistas no nativos del lugar? Justifique su respuesta en términos de (a) lo que conviene para el control biológico y (b) lo que conviene para la conservación de la biodiversidad nativa que rodea a las áreas de cultivo.

Además, (c) ¿cree que en este caso podría haber un conflicto entre los objetivos de los puntos a y b? Justifique su respuesta.

6. Memmott *et al.* (2004) realizaron un estudio de simulación para evaluar los efectos en cascada de las extinciones de plantas en dos redes de interacciones planta-polinizador. Utilizaron tres tipos de reglas de extinción: las especies más conectadas se extinguen primero, las especies menos conectadas se extinguen primero y las especies se extinguen aleatoriamente. La Figura 3 muestra los resultados del estudio de Memmott *et al.* (2004). (a) ¿Qué tipo de regla de extinción genera la mayor proporción de extinciones secundarias? (b) ¿Cuál es la explicación de este resultado? (c) ¿Cree que suponer que una especie se extingue cuando se extinguen las especies con las que interactúa es razonable? ¿Por qué sí o por qué no? (d) ¿Cómo hubiera cambiado el resultado de Memmott *et al.* (2004) si las redes analizadas hubieran tenido mayor conectancia?

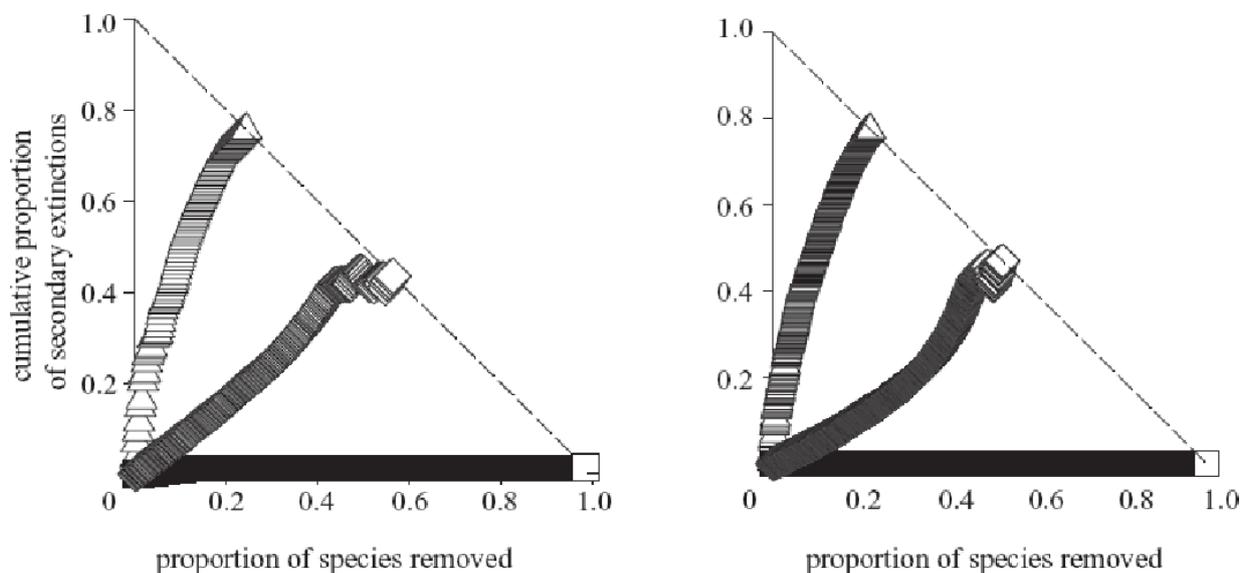


Figura 3: Proporción acumulada de especies extinguidas secundariamente en función de la proporción de especies de plantas removidas (extinciones primarias) en las redes planta-polinizador descritas por Clements & Long (1923, izquierda) y Robertson (1928, derecha). Las líneas diagonales conectan puntos en los que todas las especies se han extinguido. Se muestran los resultados para tres modos de secuencias de extinción: en orden decreciente de enlaces por especie (las más conectadas se extinguen primero; triángulos), en orden creciente de enlaces por especie (las menos conectadas primero; cuadrados) y en orden aleatorio (rombos). Fuente: Memmott *et al.* (2004).

7. Considere la relación entre la abundancia de las poblaciones y su probabilidad de extinción. (a) ¿La relación entre estas dos variables tiene pendiente negativa o positiva? (b) ¿Qué procesos biológicos pueden poner en riesgo a las poblaciones pequeñas? Y (c) ¿qué modificaciones en los ecosistemas derivadas de las actividades humanas son las más comunes como amenazas? (Mencione al menos cuatro, ordenándolas de más importante a menos importante.)
8. Desde un punto de vista epidemiológico, ¿cuáles son las consecuencias del uso de los métodos antipiréticos para el control de la fiebre resultante de las enfermedades infecciosas? Justifique su respuesta.
9. Marque las respuestas correctas.
- a) En una red trófica:  
 El número de enlaces en la red disminuye con el número de especies – El largo de las cadenas tróficas puede estar limitado por la productividad primaria – La omnivoría es

extremadamente rara – Muchas interacciones son fuertes y pocas débiles – Se conserva la mayor parte de la energía al pasar de un nivel trófico al siguiente

b) Una especie clave es:

Una especie dominante en términos de biomasa – La especie menos abundante de la comunidad – Una especie en peligro de extinción – Una especie cuyo impacto ecológico es grande relativo a su abundancia – Una especie cuya abundancia es grande relativa a su impacto

c) La teoría de biogeografía de islas predice que el número de especies en una isla:

Aumenta con la distancia al continente – Disminuye con el tamaño de la isla – Depende de las tasas de colonización y extinción – Depende del grado de contaminación ambiental – Ninguna de las opciones anteriores

d) La estabilidad de las comunidades ecológicas está favorecida cuando:

Hay muchas interacciones débiles y pocas fuertes – Los productores primarios son heterótrofos – Hay pocas interacciones débiles y muchas fuertes – El largo promedio de las cadenas tróficas es mayor que 15 – La fuerza de las interacciones es totalmente aleatoria

10. En las zonas montañosas suele haber fuertes gradientes ambientales que pueden afectar la riqueza de especies en las comunidades. (a) ¿Cómo espera que varíe la riqueza de especies con la elevación y por qué? (b) McCain (2004) estudió el gradiente altitudinal en la riqueza de micromamíferos en el valle del río Peñas Blancas, Costa Rica. Los datos del estudio de McCain sobre la riqueza total en cada piso altitudinal se presentan en la Tabla 1. La riqueza relativa de los sitios fue cualitativamente similar luego de un análisis de rarefacción. ¿Contradice el resultado de McCain lo que usted predijo en el punto a? ¿Por qué sí o por qué no?

Tabla 1. Número de especies de micromamíferos capturados por McCain (2004) en cinco pisos altitudinales del valle del río Peñas Blancas, Costa Rica.

Piso altitudinal:	1840–1760 m	1550–1500 m	1300–1250 m	1050–1000 m	800–750 m
Riqueza de micromamíferos:	7	11	11	13	8

## Referencias

- Clements, R. E. & Long, F. L. (1923). *Experimental pollination. An outline of the ecology of flowers and insects*. Carnegie Institute of Washington, Washington, DC.
- Hubbell, S. P. (2001). *The unified neutral theory of biodiversity and biogeography*. Princeton University Press, Princeton, NJ.
- McCain, C. M. (2004). The mid-domain effect applied to elevational gradients: species richness of small mammals in Costa Rica. *Journal of Biogeography*, **31**, 19–31.
- Memmott, J., Waser, N. M. & Price, M. V. (2004). Tolerance of pollination networks to species extinctions. *Proceedings of the Royal Society of London B*, **271**, 2605–2611.
- Morford, S. L., Houlton, B. Z. & Dahlgren, R. A. (2011). Increased forest ecosystem carbon and nitrogen storage from nitrogen rich bedrock. *Nature*, **477**, 78–81.
- Robertson, C. (1928). *Flowers and insects: lists of visitors to four hundred and fifty-three flowers*. C. Robertson, Carlinville, IL.
- Topp, W., Kappes, H. & Rogers, F. (2008). Response of ground-dwelling beetle (Coleoptera) assemblages to giant knotweed (*Reynoutria* spp.) invasion. *Biological Invasions*, **10**, 381–390.
- Vellend, M. (2010). Conceptual unification in community ecology. *Quarterly Review of Biology*, **85**, 185–206.

## Ecología: Segundo parcial

16 de junio de 2014

1. Considere la dinámica de transmisión de una enfermedad infecciosa, descrita por un modelo de compartimientos como el que se muestra en la Fig. 1. (a) Supongamos que  $b$ ,  $d$ ,  $\gamma$  y  $\nu$  son cero. ¿Cómo cambia la densidad de hospedadores en el tiempo: crece, decrece o se mantiene constante? (b) ¿Cómo se define, en términos matemáticos, el  $R_0$  de esta enfermedad infecciosa? (c) Suponga que  $\beta = 0,0001$ ,  $\gamma = 0,5$ , que el tamaño de la población es 10001 habitantes (una densidad bastante superior a la de la región donde está la casa de campo de Angélica), de los cuales uno está infectado y ninguno se ha recuperado de la infección. ¿Puede haber una epidemia? (d) ¿Cómo cambiaría la definición matemática de  $R_0$  si  $b$ ,  $d$ ,  $\gamma$  y  $\nu$  no fuesen cero, y qué consecuencias tendría este cambio para la dinámica de transmisión de la enfermedad?

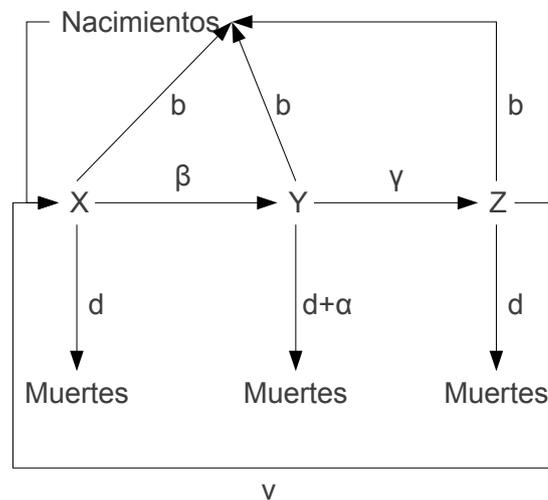


Figura 1: Modelo de transmisión de una enfermedad infecciosa de vías respiratorias.

2. Vellend (2010) postula cuatro procesos que regulan la estructura y la dinámica de las comunidades: selección, deriva, especiación y dispersión. (a) ¿En qué consiste cada uno de esos procesos? (b) El ecólogo ruso Gause propuso el principio de exclusión competitiva, que postula que “Como resultado de la competencia, dos especies ecológicamente similares no ocuparán nichos similares, sino que se desplazarán mutuamente de un modo tal que cada una tome posesión de ciertos tipos de recursos y formas de vida en las que tiene una ventaja sobre su competidor”. ¿A cuál de los procesos postulados por Vellend hace referencia el principio postulado por Gause? (c) Por otro lado, la teoría neutral de la biodiversidad y la biogeografía de Hubbell (2001) postula que la estructura de las comunidades está regulada por procesos aleatorios de nacimientos, muertes, migraciones y generación de nuevas especies. ¿Cuáles de los procesos postulados por Vellend hace referencia la teoría de Hubbell?
3. ¿Usted cree sería buena idea introducir como agente de control biológico de una plaga de un cultivo a una población de predadores vertebrados insectívoros generalistas no nativos del lugar? Justifique su respuesta en términos de (a) lo que conviene para el control biológico y (b) lo que conviene para la conservación de la biodiversidad nativa que rodea a las áreas de cultivo. Además, (c) ¿cree que en este caso podría haber un conflicto entre los objetivos de los puntos a y b? Justifique su respuesta.

4. Morford *et al.* (2011) cuantificaron el nitrógeno total en rocas, suelo y follaje para dos bosques del norte de California, Estados Unidos. La Fig. 2 resume los principales resultados del estudio. (a) ¿Qué diferencias en el ciclo del nitrógeno entre los dos bosques pueden inferirse a partir de la figura? (b) Si graficáramos la productividad de cada bosque según la disponibilidad de nitrógeno (y suponiendo que todo lo demás es igual entre los bosques), ¿cómo sería el gráfico? (Dibuje un gráfico hipotético.)

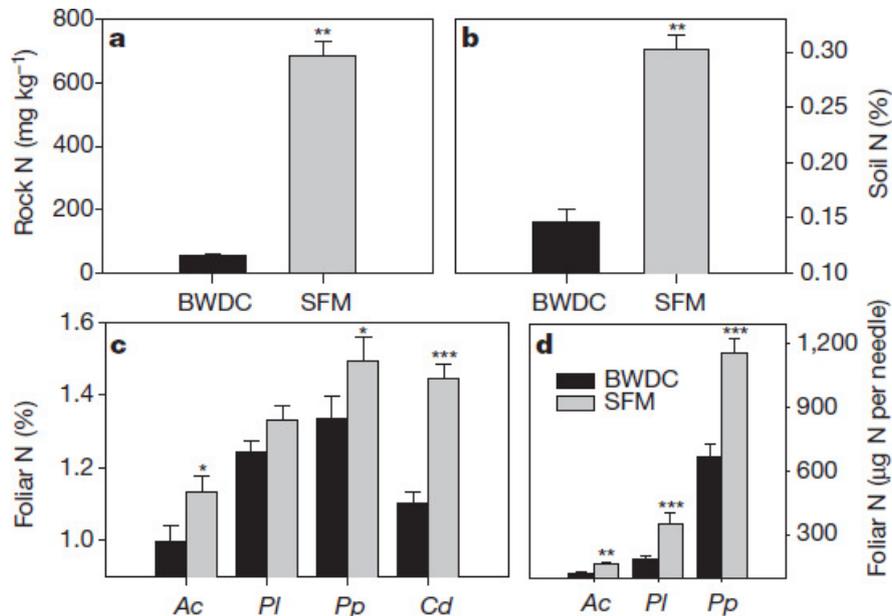


Figura 2: Nitrógeno total en rocas, suelo y follaje para dos bosques, SFM y BWDC. (a-c) Nitrógeno total en rocas ( $\text{mg N kg}^{-1}$ ,  $n = 18$ ) (a), suelo ( $\%N$ ,  $n = 34$ ) (b) y follaje ( $\%N$ ,  $n = 80$ ) (c) en los bosques BWDC (barras negras) y SFM (barras grises), (d) Nitrógeno foliar expresado como  $\mu\text{g N}$  por aguja de conífera, para tomar en cuenta el efecto de la dilución de la biomasa. *Calocedrus decurrens* no se muestra en d porque sus hojas no tienen morfología de aguja. Las barras de error representan el error estándar de la media. Especies muestreadas: *Ac*, *Abies concolor*; *Pl*, *Pinus lambertiana*; *Pp*, *Pinus ponderosa*; *Cd*, *Calocedrus decurrens*. \*:  $P < 0,05$ ; \*\*:  $P < 0,01$ ; \*\*\*:  $P < 0,001$ . Fuente: Morford *et al.* (2011).

5. Como usted sabe, la productividad primaria varía geográficamente. (a) Discuta cuáles son las principales limitantes de la productividad primaria en ambientes terrestres y en ambientes acuáticos marinos. (b) ¿Qué supone que sucedería con la productividad primaria en un ambiente polar húmedo si el cambio climático resultara en un aumento en la temperatura media anual, sin un cambio en otras variables ambientales? (c) ¿Y qué sucedería si la precipitación promedio anual disminuyera en una selva húmeda tropical, sin un cambio en otras variables ambientales? (d) ¿Y qué sucedería con la productividad primaria en un ambiente costero peruano, donde las corrientes marinas predominantes resultan en un surgimiento de los nutrientes del fondo marino, si las corrientes se invirtieran, dejando de aportar nutrientes? (Esto es justamente lo que sucede durante los años en que ocurre la oscilación de El Niño.)
6. Considere la relación entre la abundancia de las poblaciones y su probabilidad de extinción. (a) ¿La relación entre estas dos variables tiene pendiente negativa o positiva? (b) ¿Qué procesos biológicos pueden poner en riesgo a las poblaciones pequeñas? Y (c) ¿qué modificaciones en los ecosistemas derivadas de las actividades humanas son las más comunes como amenazas? (Mencione al menos cuatro, ordenándolas de más importante a menos importante.)
7. Post *et al.* (2000) evaluaron dos hipótesis propuestas para explicar los limitantes del largo de las cadenas tróficas en lagos: la hipótesis de la productividad, que predice que las redes tróficas en

lagos con alta productividad tendrán cadenas tróficas más largas que las redes de ambientes poco productivos; y la hipótesis del tamaño del ecosistema, que predice que las redes tróficas en lagos grandes tendrán cadenas más largas que las redes en lagos pequeños. El panel izquierdo de la Fig. 3 presenta las relaciones entre productividad y largo de la cadena esperadas según cada hipótesis. El panel derecho de la Fig. 3 presenta los resultados del análisis de Post *et al.* (2000). (a) Discuta los resultados de este análisis (i.e., explique el panel derecho de la Fig. 3). (b) Discuta si esta evidencia es más consistente con alguna de las dos hipótesis, y por qué.

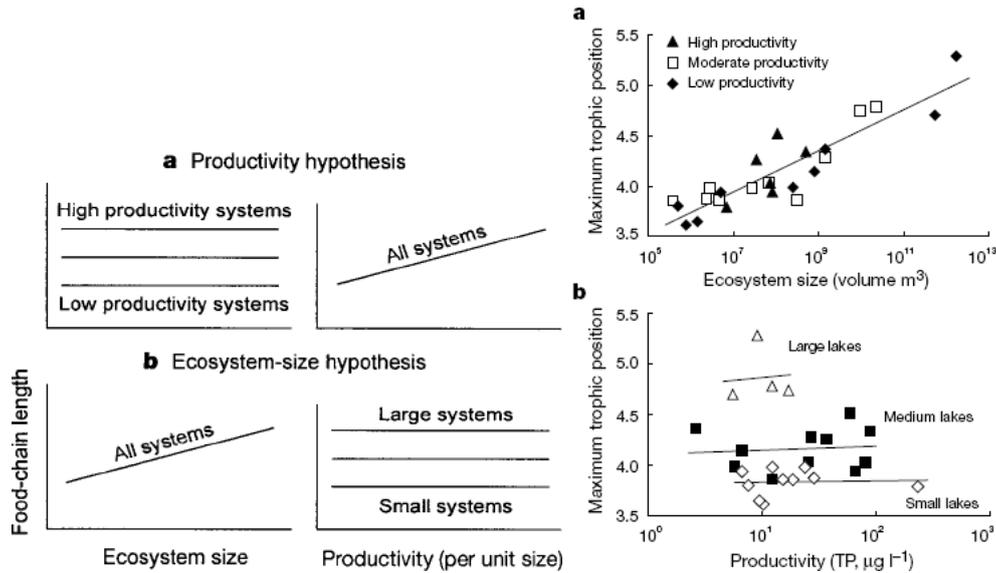


Figura 3: Panel izquierdo: Relaciones hipotéticas entre el largo de la cadena trófica y el tamaño y la productividad del ecosistema para (a) la hipótesis de la productividad y (b) la hipótesis del tamaño del ecosistema. Panel derecho: Relaciones entre la posición trófica máxima (el largo de la cadena) y el tamaño o la productividad del ecosistema. (a) Tamaño del ecosistema para lagos con baja, moderada y alta productividad. (b) Productividad para lagos pequeños, medianos y grandes. Los datos corresponden a 25 lagos del noreste de América del Norte. Fuente: Post *et al.* (2000).

8. En las zonas montañosas suele haber fuertes gradientes en las condiciones climáticas. (a) ¿Cómo espera que afecte este gradiente climático a la riqueza de especies? Justifique su respuesta. (b) McCain (2004) estudió el gradiente altitudinal en la riqueza de micromamíferos en el valle del río Peñas Blancas, Costa Rica. Los datos del estudio de McCain sobre la riqueza total en cada piso altitudinal se presentan en la Tabla 1. La riqueza relativa de los sitios fue cualitativamente similar luego de un análisis de rarefacción. ¿Contradice el resultado de McCain lo que usted predijo en el punto a? ¿Por qué sí o por qué no?

Tabla 1. Número de especies de micromamíferos capturados por McCain (2004) en cinco pisos altitudinales del valle del río Peñas Blancas, Costa Rica.

Piso altitudinal:	1840–1760 m	1550–1500 m	1300–1250 m	1050–1000 m	800–750 m
Riqueza de micromamíferos:	7	11	11	13	8

9. Numerosos estudios muestran que suele haber una relación positiva entre el funcionamiento de los ecosistemas y la riqueza de especies. (a) ¿Qué mecanismos pueden determinar que ocurra esta relación? (b) ¿Usted cree que esta relación puede servir como argumento a favor o en contra de la importancia de la conservación de la biodiversidad para la población humana mundial? ¿Por qué?

10. La Figura 4 muestra las curvas de rarefacción de un sitio con bosque maduro (old growth) y

bosque secundario (second growth), una en función del número de muestras (samples) y otra en función del número de individuos (individuals). (a) En base a estas curvas, ¿qué podemos concluir sobre la riqueza de especies en estos bosques?; específicamente, ¿cuál de los dos bosques tiene mayor riqueza? (b) ¿Si en las ordenadas (eje  $y$ ) estuviera graficado el índice de diversidad de Shannon en lugar de la riqueza de especies, sería necesario utilizar rarefacción? ¿Por qué?

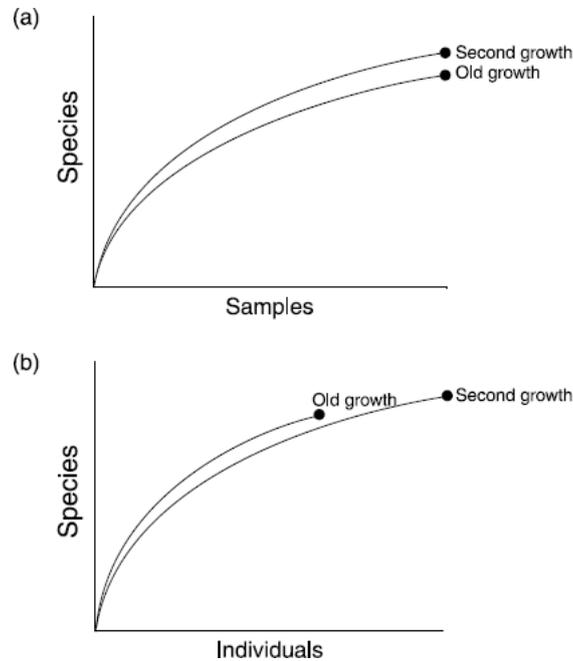


Figura 4: Curvas de rarefacción para dos comunidades boscosas hipotéticas, bosque maduro (old growth) y bosque secundario (second growth). (a) Curvas de rarefacción en función del número acumulado de muestras. (b) Curvas de rarefacción reescaladas al número de individuos. Fuente: Gotelli & Colwell (2001).

## Referencias

- Gotelli, N. J. & Colwell, R. K. (2001). Quantifying biodiversity: procedures and pitfalls in the measurement and comparison of species richness. *Ecology Letters*, **4**, 379–391.
- Hubbell, S. P. (2001). *The unified neutral theory of biodiversity and biogeography*. Princeton University Press, Princeton, NJ.
- McCain, C. M. (2004). The mid-domain effect applied to elevational gradients: species richness of small mammals in Costa Rica. *Journal of Biogeography*, **31**, 19–31.
- Morford, S. L., Houlton, B. Z. & Dahlgren, R. A. (2011). Increased forest ecosystem carbon and nitrogen storage from nitrogen rich bedrock. *Nature*, **477**, 78–81.
- Post, D. M., Pace, M. L. & Hairston, J., N. G. (2000). Ecosystem size determines food-chain length in lakes. *Nature*, **405**, 1047–1049.
- Vellend, M. (2010). Conceptual unification in community ecology. *Quarterly Review of Biology*, **85**, 185–206.

## Ecología: Segundo parcial (Historias de Angélica, segunda parte)

17 de junio de 2013

- Después de varias semanas sin verla, usted se encuentra en la calle con su amiga Angélica. Siempre acosada por sus obsesiones, le cuenta que está preocupada por un posible brote epidémico de alguna enfermedad infecciosa letal. Para tranquilizarla, usted le dice que en la zona donde ella vive en su casa de campo la densidad de la población es demasiado baja para que ocurran epidemias de la mayoría de las enfermedades infecciosas conocidas. Para convencerla, usted le explica los fundamentos de la dinámica de transmisión de las enfermedades infecciosas, utilizando un modelo de compartimientos como el que se muestra en la Fig. 1. (a) Supongamos que  $b$ ,  $d$ ,  $\gamma$  y  $\nu$  son cero. Explíqueme a Angélica cómo cambia la densidad de hospedadores en el tiempo: ¿crece, decrece o se mantiene constante? (b) Cuénteles a Angélica cómo se define, en términos matemáticos, el  $R_0$  de esta enfermedad infecciosa. (c) Suponga que  $\beta = 0,0001$ ,  $\gamma = 0,5$ , que el tamaño de la población es 10001 habitantes (una densidad bastante superior a la de la región donde está la casa de campo de Angélica), de los cuales uno está infectado y ninguno se ha recuperado de la infección. ¿Puede haber una epidemia? (d) Cuénteles a Angélica cómo cambiaría la definición matemática de  $R_0$  si  $b$ ,  $d$ ,  $\gamma$  y  $\nu$  no fuesen cero, y qué consecuencias tendría este cambio para la dinámica de transmisión de la enfermedad.

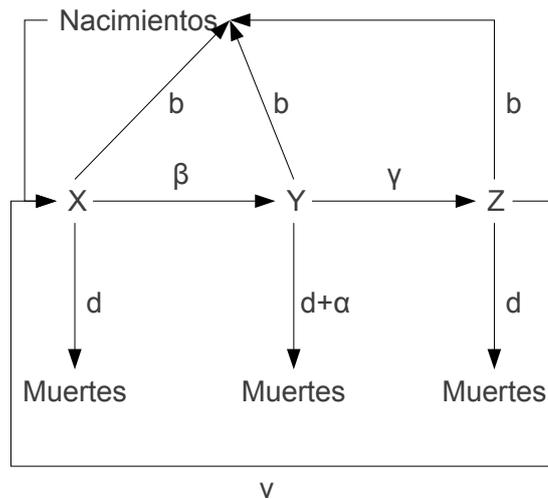


Figura 1: Modelo de transmisión de una enfermedad infecciosa de vías respiratorias.

- Una noche a las tres de la mañana suena su teléfono. Es Angélica. Te llamaba para hacerte una pregunta ecológica, vos que sabés tanto del tema, le dice sin más explicación, como si llamar a esas horas para hacer este tipo de preguntas fuese lo más normal del mundo. ¿Cómo se regula la estructura de las comunidades?, le pregunta. Usted, todavía intentando despertarse, le cuenta sobre un artículo de Vellend (2010), que postula cuatro procesos que regulan la estructura y la dinámica de las comunidades: selección, deriva, especiación y dispersión. (a) Cuénteles a Angélica en qué consiste cada uno de esos procesos. (b) Angélica le recuerda sobre el ecólogo ruso Gause y su famoso principio de exclusión competitiva, que postula que “Como resultado de la competencia, dos especies ecológicamente similares no ocuparán nichos similares, sino que se desplazarán mutuamente de un modo tal que cada una tome posesión de ciertos tipos de recursos y formas de vida en las que tiene una ventaja sobre su competidor”. Angélica le pregunta a cuál de los procesos postulados por Vellend hace referencia el principio postulado por Gause. Contéstele. (c) Angélica también le pregunta sobre la teoría neutral de la biodiversidad y biogeografía de Hubbell

(2001), que postula que la estructura de las comunidades está regulada por procesos aleatorios de nacimientos, muertes, migraciones y generación de nuevas especies. Cuénteles a Angélica a cuáles de los procesos postulados por Vellend hace referencia la teoría de Hubbell.

3. Evacuando una emergencia fisiológica en un baño de un bar del centro, Angélica se encuentra con un artículo científico olvidado por alguna usuaria previa del sórdido recinto. El artículo presenta los resultados de un estudio realizado por Morford *et al.* (2011) cuantificando el nitrógeno total en rocas, suelo y follaje para dos bosques del norte de California, Estados Unidos. La Fig. 2 resume los principales resultados del estudio. (a) ¿Qué diferencias en el ciclo del nitrógeno entre los dos bosques pueden inferirse a partir de la figura? (b) Si graficáramos la productividad de cada bosque según la disponibilidad de nitrógeno (y suponiendo que todo lo demás es igual entre los bosques), ¿cómo sería el gráfico? (Dibuje un gráfico hipotético.)

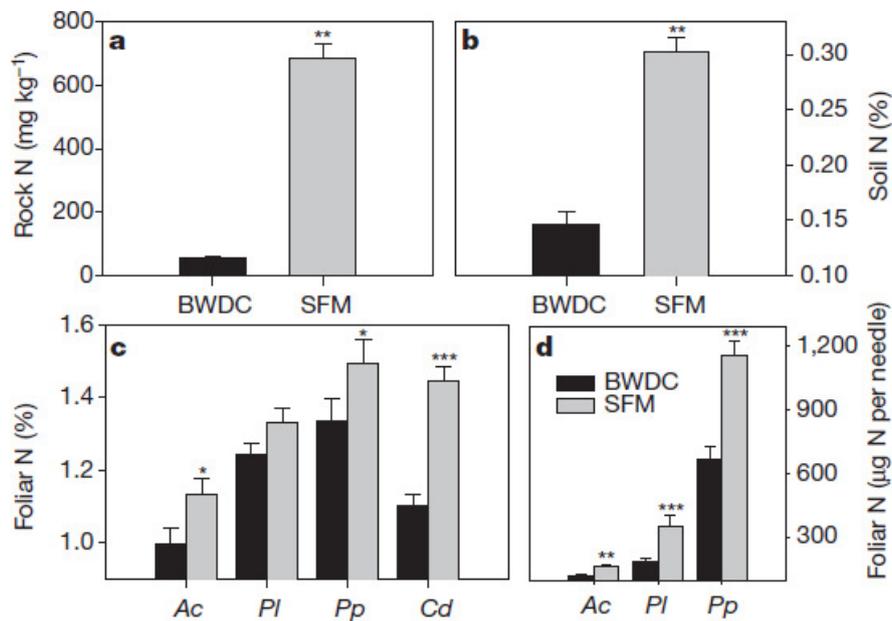


Figura 2: Nitrógeno total en rocas, suelo y follaje para dos bosques, SFM y BWDC. (a-c) Nitrógeno total en rocas ( $\text{mg N kg}^{-1}$ ,  $n = 18$ ) (a), suelo ( $\%N$ ,  $n = 34$ ) (b) y follaje ( $\%N$ ,  $n = 80$ ) (c) en los bosques BWDC (barras negras) y SFM (barras grises), (d) Nitrógeno foliar expresado como  $\mu\text{g N}$  por aguja de conífera, para tomar en cuenta el efecto de la dilución de la biomasa. *Calocedrus decurrens* no se muestra en d porque sus hojas no tienen morfología de aguja. Las barras de error representan el error estándar de la media. Especies muestreadas: *Ac*, *Abies concolor*; *Pl*, *Pinus lambertiana*; *Pp*, *Pinus ponderosa*; *Cd*, *Calocedrus decurrens*. \*:  $P < 0,05$ ; \*\*:  $P < 0,01$ ; \*\*\*:  $P < 0,001$ . Fuente: Morford *et al.* (2011).

4. Cuando, hastiada de estudiar para el segundo parcial de ecología, usted revisa su cuenta de Facebook por vigésimo cuarta vez en el día, encuentra el siguiente mensaje de Angélica: “Te quería contar que ayer vi en la tele una entrevista súper interesante a un ecólogo español. El tipo contaba que las especies que interactúan en una comunidad forman redes de interacción de estructura compleja. Comentó que estas redes tienen varias características bastante generales, por ejemplo que muchas especies suelen tener pocas interacciones y pocas especies muchas interacciones, muchas interacciones suelen ser débiles y pocas fuertes, las interacciones suelen ser asimétricas en el sentido de que las especies con pocas interacciones (especialistas) suelen interactuar con especies con muchas interacciones (generalistas), y las interacciones suelen estar organizadas en módulos de modo que las especies interactúan principalmente con otras especies dentro del módulo al que pertenecen. Me pregunto sobre las consecuencias ecológicas y evolutivas de estas propiedades de las redes de interacción... Cariños, A.” Contéstele a Angélica.

5. Café de por medio, Angélica le cuenta que por casualidad encontró un artículo de la Wikipedia que hablaba sobre un método para estudiar la diversidad de especies en las comunidades, llamado rarefacción (nombre raro si los hay, dice ella sonriente, jactándose de su ingenioso juego de palabras). Le muestra una figura (Fig. 3), en la que se ven las curvas de rarefacción de un sitio con bosque maduro (old growth) y bosque secundario (second growth), una en función del número de muestras (samples) y otra en función del número de individuos (individuals). Para poner a prueba sus conocimientos sobre ecología de comunidades, Angélica le pregunta: (a) En base a estas curvas, ¿qué podemos concluir sobre la riqueza de especies en estos bosques?; específicamente, ¿cuál de los dos bosques tiene mayor riqueza? (b) ¿La respuesta a la pregunta a sería diferente si en las ordenadas (eje *y*) estuviera graficado el índice de diversidad de Shannon en lugar de la riqueza de especies? (c) ¿Me alcanzás el azúcar, por favor?

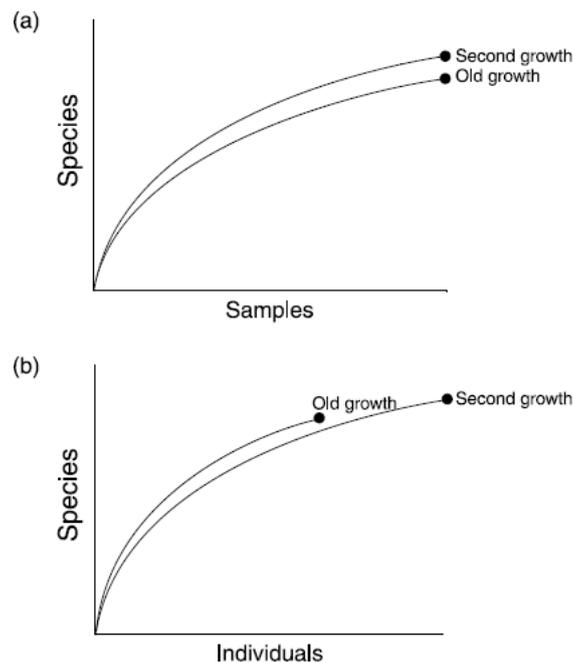


Figura 3: Curvas de rarefacción para dos comunidades boscosas hipotéticas, bosque maduro (old growth) y bosque secundario (second growth). (a) Curvas de rarefacción en función del número acumulado de muestras. (b) Curvas de rarefacción reescaladas al número de individuos. Fuente: Gotelli & Colwell (2001).

6. Durante la misma charla de café, Angélica le cuenta que en la estancia de su tío Braulio hay un insecto plaga que ataca los cultivos. Le pregunta si cree que sería buena idea introducir como agente de control biológico de estos insectos plaga a una población de predadores vertebrados insectívoros generalistas importados de Europa. Contéstele a Angélica, justificando su respuesta en términos de (a) lo que conviene para el control biológico y (b) lo que conviene para la conservación de la biodiversidad nativa que rodea a las áreas de cultivo en la estancia del tío Braulio. Además, (c) ¿cree que en este caso podría haber un conflicto entre los objetivos de los puntos a y b? Justifique su respuesta.
7. Cuando estaba a punto de llamar al mozo para pagar la cuenta, Angélica cambia nuevamente de tema para contarle que estuvo leyendo sobre la productividad primaria en los ecosistemas. Sabe que en la Tierra hay zonas muy productivas y otras muy poco productivas, pero le confiesa que después de tantas lecturas está bastante confundida y que no recuerda qué zonas son más o menos productivas. Le pide ayuda para ordenar los siguientes tipos de ecosistemas según su productividad: océanos (sin considerar las plataformas continentales), selvas tropicales, plataformas continentales, desiertos cálidos. (a) Ayude a Angélica a ordenar estos tipos de ecosistemas

- de más productivo a menos productivo. (b) Explíqueme a Angélica las razones de estas diferencias en la productividad de estos ecosistemas.
8. Un día usted llega a la casa de Angélica para cenar; ella le abre la puerta chorreando lágrimas y moco. ¿Qué pasa?, pregunta usted con preocupación. ¡Mirá, pobre pajarito!, responde ella, mostrándole una revista con la foto de un ave amazónica en peligro de extinción inminente. ¿Por qué suceden estas cosas?, pregunta Angélica angustiada. En base a lo que se sabe sobre las causas de amenaza de extinción de las especies, explíqueme a Angélica (a) ¿qué procesos biológicos pueden poner en riesgo a las poblaciones pequeñas? Y (b) ¿qué modificaciones en los ecosistemas derivadas de las actividades humanas son las más comunes como amenazas? (Mencione al menos cuatro, ordenándolas de más importante a menos importante.)
  9. En otro mensaje de Facebook, Angélica le comenta que vio un documental en la tele que hablaba sobre biogeografía. Mencionaban que uno de los patrones ecológicos más generales es el aumento del número de especies con el área (relación especies-área). Por ejemplo, las islas grandes suelen tener más especies que las islas pequeñas. El documental mencionaban la teoría de biogeografía de islas (MacArthur & Wilson, 1967), que fue un intento de explicar este patrón. Describa brevemente el mecanismo supuesto por esta teoría para explicar la relación especies-área en archipiélagos.
  10. En el mismo documental mostraban cómo la riqueza y la diversidad de especies varían enormemente a nivel global. Angélica le pregunta sobre las causas de esa variación. Específicamente, ella quiere saber lo siguiente: (a) A nivel global, ¿qué factores influyen más fuertemente la riqueza de especies en ambientes terrestres? (b) En las zonas montañosas suele haber fuertes gradientes en las condiciones climáticas. ¿Cómo espera que afecte este gradiente climático a la riqueza de especies? Justifique su respuesta. (c) En el documental mencionaban un estudio de McCain (2004) sobre el gradiente altitudinal en la riqueza de micromamíferos en el valle del río Peñas Blancas, Costa Rica. Los datos del estudio de McCain sobre la riqueza total en cada piso altitudinal se presentan en la Tabla 1. La riqueza relativa de los sitios fue cualitativamente similar luego de un análisis de rarefacción. ¿Contradice el resultado de McCain lo que usted predijo en el punto b? ¿Por qué sí o por qué no?

Tabla 1. Número de especies de micromamíferos capturados por McCain (2004) en cinco pisos altitudinales del valle del río Peñas Blancas, Costa Rica.

Piso altitudinal:	1840–1760 m	1550–1500 m	1300–1250 m	1050–1000 m	800–750 m
Riqueza de micromamíferos:	7	11	11	13	8

## Referencias

- Gotelli, N. J. & Colwell, R. K. (2001). Quantifying biodiversity: procedures and pitfalls in the measurement and comparison of species richness. *Ecology Letters*, **4**, 379–391.
- Hubbell, S. P. (2001). *The unified neutral theory of biodiversity and biogeography*. Princeton University Press, Princeton, NJ.
- MacArthur, R. H. & Wilson, E. O. (1967). *The theory of island biogeography*. Princeton University Press, Princeton, New Jersey.
- McCain, C. M. (2004). The mid-domain effect applied to elevational gradients: species richness of small mammals in Costa Rica. *Journal of Biogeography*, **31**, 19–31.
- Morford, S. L., Houlton, B. Z. & Dahlgren, R. A. (2011). Increased forest ecosystem carbon and nitrogen storage from nitrogen rich bedrock. *Nature*, **477**, 78–81.
- Vellend, M. (2010). Conceptual unification in community ecology. *Quarterly Review of Biology*, **85**, 185–206.