

Interacciones ecológicas y estabilidad de comunidades

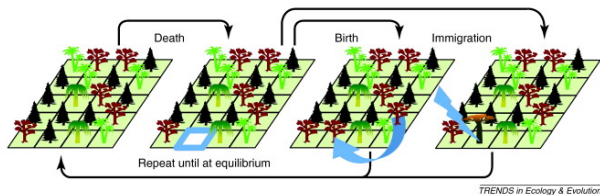
David García Callejas

Programa de doctorado en Ecología Terrestre. CREAM



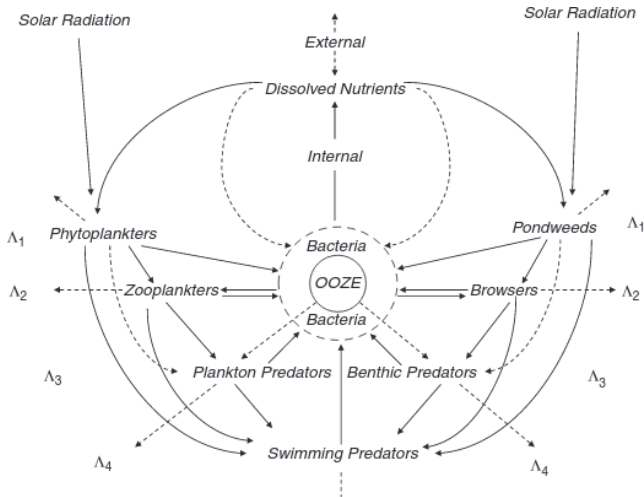
Ecología de Comunidades

- Escala espacio-temporal
- Cuatro tipos de procesos ecológicos: Selección, deriva, especiación, dispersión
- Múltiples hipótesis no contradictorias: teorías neutrales y basadas en el nicho ecológico.



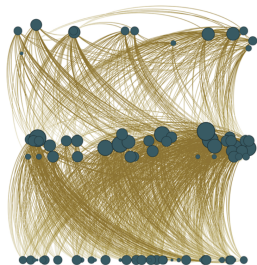
Rosindell, J. et al. (2011) *Trends Ecol. Evol.*, 26
Vellend, M. (2010) *Quart. Rev. Biol.*, 85

Ecología de Comunidades: redes de interacciones

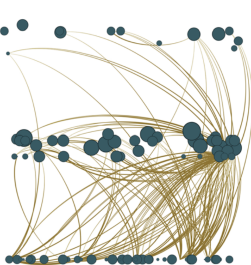


Redes de interacciones: tipos de redes

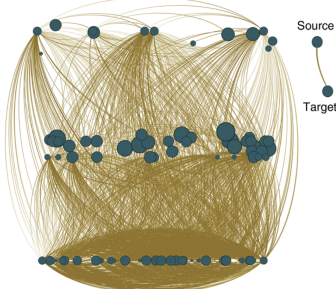
A) Trophic



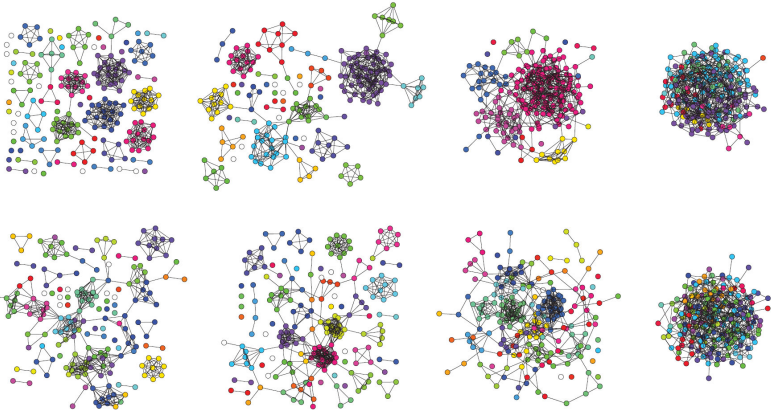
B) Positive non-trophic



C) Negative non-trophic



Redes de interacciones: topología



Redes de interacciones

Pero...

- las comunidades reales pueden mantener un gran número de especies con diferentes tipos de interacciones

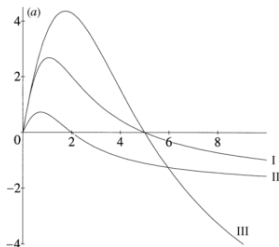
Effect on species A	Effect on species B	Denomination
+	+	mutualism
+	-	antagonism
+	0	commensalism
-	-	competition
-	0	amensalism



Redes de interacciones

Pero...

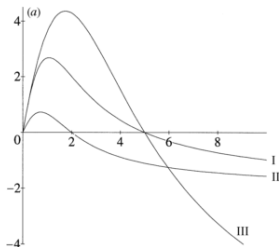
- las interacciones ecológicas son dinámicas: el efecto total de una especie sobre otra puede variar en función de (al menos):
 - las abundancias relativas de ambas especies
 - los atributos funcionales relacionados con la interacción
 - influencia de terceras especies
 - factores ambientales



Redes de interacciones

Pero...

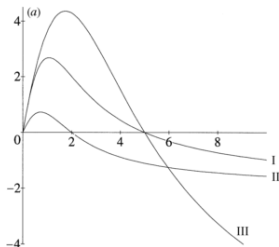
- las interacciones ecológicas son dinámicas: el efecto total de una especie sobre otra puede variar en función de (al menos):
 - las abundancias relativas de ambas especies
 - los atributos funcionales relacionados con la interacción
 - influencia de terceras especies
 - factores ambientales



Redes de interacciones

Pero...

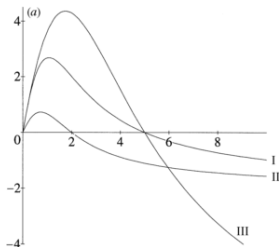
- las interacciones ecológicas son dinámicas: el efecto total de una especie sobre otra puede variar en función de (al menos):
 - las abundancias relativas de ambas especies
 - los atributos funcionales relacionados con la interacción
 - influencia de terceras especies
 - factores ambientales



Redes de interacciones

Pero...

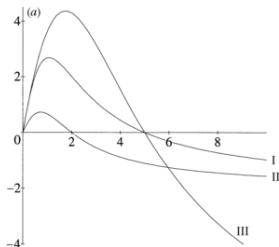
- las interacciones ecológicas son dinámicas: el efecto total de una especie sobre otra puede variar en función de (al menos):
 - las abundancias relativas de ambas especies
 - los atributos funcionales relacionados con la interacción
 - influencia de terceras especies
 - factores ambientales



Redes de interacciones

Pero...

- las interacciones ecológicas son dinámicas: el efecto total de una especie sobre otra puede variar en función de (al menos):
 - las abundancias relativas de ambas especies
 - los atributos funcionales relacionados con la interacción
 - influencia de terceras especies
 - factores ambientales



- Los resultados obtenidos con redes ecológicas de un solo tipo de interacción, ¿son extrapolables a la red global de la comunidad?
- ¿Cómo varía la frecuencia relativa de cada tipo de interacción con parámetros climáticos, tipo de hábitat, o estacionalidad?
- ¿Existe una distribución óptima de tipos de interacción que, de manera general, favorezca la estabilidad de las comunidades?
- ¿Hasta qué punto se puede estimar la magnitud de las interacciones ecológicas a partir de las abundancias relativas de las especies?

- Los resultados obtenidos con redes ecológicas de un solo tipo de interacción, ¿son extrapolables a la red global de la comunidad?
- ¿Cómo varía la frecuencia relativa de cada tipo de interacción con parámetros climáticos, tipo de hábitat, o estacionalidad?
- ¿Existe una distribución óptima de tipos de interacción que, de manera general, favorezca la estabilidad de las comunidades?
- ¿Hasta qué punto se puede estimar la magnitud de las interacciones ecológicas a partir de las abundancias relativas de las especies?

- Los resultados obtenidos con redes ecológicas de un solo tipo de interacción, ¿son extrapolables a la red global de la comunidad?
- ¿Cómo varía la frecuencia relativa de cada tipo de interacción con parámetros climáticos, tipo de hábitat, o estacionalidad?
- ¿Existe una distribución óptima de tipos de interacción que, de manera general, favorezca la estabilidad de las comunidades?
- ¿Hasta qué punto se puede estimar la magnitud de las interacciones ecológicas a partir de las abundancias relativas de las especies?

- Los resultados obtenidos con redes ecológicas de un solo tipo de interacción, ¿son extrapolables a la red global de la comunidad?
- ¿Cómo varía la frecuencia relativa de cada tipo de interacción con parámetros climáticos, tipo de hábitat, o estacionalidad?
- ¿Existe una distribución óptima de tipos de interacción que, de manera general, favorezca la estabilidad de las comunidades?
- ¿Hasta qué punto se puede estimar la magnitud de las interacciones ecológicas a partir de las abundancias relativas de las especies?

¿Cómo responder a estas preguntas?

- ¿Series temporales de datos sobre magnitud de diferentes interacciones y abundancia de especies para varios tipos de comunidades? ... mejor buscar una solución más realista
- A falta de datos empíricos: desarrollar un modelo matemático que permita estudiar la dinámica de comunidades con diferentes tipos de interacciones
- Considerando la magnitud de interacción como una variable de la frecuencia de interacción y los atributos funcionales de las especies implicadas

Modelo matemático

Modelo exponencial:

$$\frac{dN}{dt} = r_0 N \quad (1)$$

Introduciendo límites intrínsecos (capacidad de carga):

$$r_0 = r - \alpha N \quad (2)$$

$$\frac{dN}{dt} = rN - \alpha N^2 \quad (3)$$

Modelo matemático

Modelo exponencial:

$$\frac{dN}{dt} = r_0 N \quad (1)$$

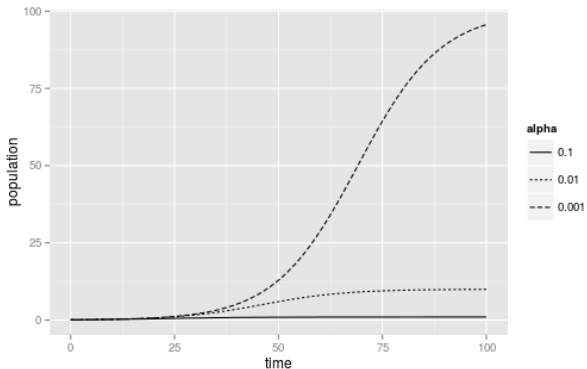
Introduciendo límites intrínsecos (capacidad de carga):

$$r_0 = r - \alpha N \quad (2)$$

$$\frac{dN}{dt} = rN - \alpha N^2 \quad (3)$$

Modelo matemático

$$\frac{dN}{dt} = rN - \alpha N^2 \quad (4)$$



Modelo matemático

De manera general, las interacciones específicas pueden influir sobre la tasa de crecimiento poblacional:

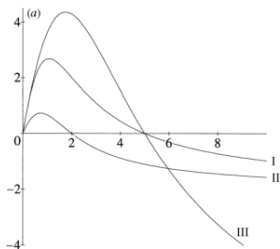
$$\frac{dN_i}{dt} = r_i N_i - \alpha N_i^2 \quad (5)$$

$$r_i = r_i^0 + \sum_{j=1}^n l_{i,j} \quad (6)$$

donde $l_{i,j}$ es una medida del impacto total de la especie j sobre la especie i

Recordando...

- las interacciones ecológicas son dinámicas: el efecto total de una especie sobre otra puede variar en función de (al menos):
 - las abundancias relativas de ambas especies
 - los atributos funcionales relacionados con la interacción
 - influencia de terceras especies
 - factores ambientales



Modelo matemático

El término $I_{i,j}$ presenta, entonces, varios componentes:

$$I_{i,j} = IF(N_i, N_j, \epsilon) * IS(N_i, t_i, N_j, t_j, \epsilon)$$

- $IF(N_i, N_j, \epsilon)$ es la frecuencia de interacción, dependiente de las frecuencias relativas de ambas especies
- $IS(N_i, t_i, N_j, t_j, \epsilon)$ es la magnitud *per capita* de la interacción, dependiente de las frecuencias relativas y los atributos funcionales implicados (t_i, t_j)
- el término ϵ incluye efectos indirectos de terceras especies, influencias ambientales, etc.

Modelo matemático: estabilidad

¿Qué quiere decir que una comunidad es “estable”?

La estabilidad a nivel de comunidad se refiere a una o varias de las siguientes propiedades:

- **Constancia:** mantenerse en un estado de referencia o dinámica sin cambios esenciales
- **Flexibilidad:** capacidad para retornar a un estado de referencia tras una perturbación temporal
- **Persistencia:** Persistencia temporal de un sistema ecológico como entidad definible

Modelo matemático: estabilidad

¿Qué quiere decir que una comunidad es “estable”?

La estabilidad a nivel de comunidad se refiere a una o varias de las siguientes propiedades:

- **Constancia:** mantenerse en un estado de referencia o dinámica sin cambios esenciales
- **Flexibilidad:** capacidad para retornar a un estado de referencia tras una perturbación temporal
- **Persistencia:** Persistencia temporal de un sistema ecológico como entidad definible

Modelo matemático: estabilidad

¿Qué quiere decir que una comunidad es “estable”?

La estabilidad a nivel de comunidad se refiere a una o varias de las siguientes propiedades:

- **Constancia:** mantenerse en un estado de referencia o dinámica sin cambios esenciales
- **Flexibilidad:** capacidad para retornar a un estado de referencia tras una perturbación temporal
- **Persistencia:** Persistencia temporal de un sistema ecológico como entidad definible

Estabilidad

¿Cómo medir la estabilidad de una comunidad?

En **comunidades empíricas**, de menor a mayor grado de intervención:

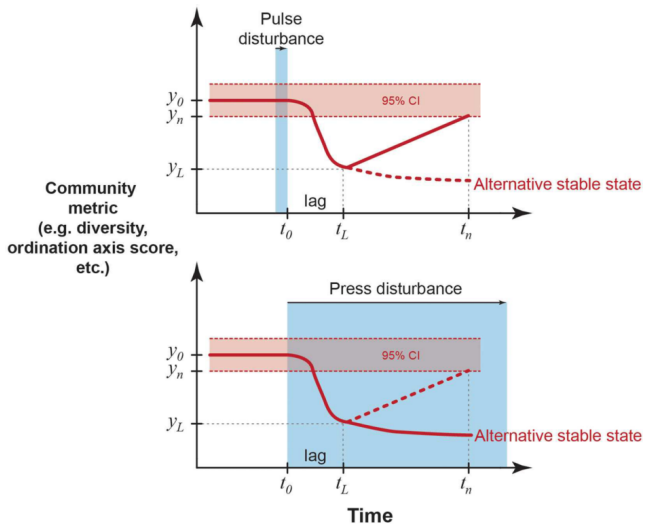
- Observaciones tras perturbaciones naturales (e.g. invasiones)
- Manipulaciones de tipo “press” o “pulse” en sistemas naturales
- Experimentos en microcosmos

Clavero et al. (2009) *Biol. Cons.*, 142

Ogaya and Peñuelas (2007), *Plant Ecol.*, 189

Fox, J. and McGrady-Steed, J. (2002) *J. Animal Ecol.*, 71

Estabilidad



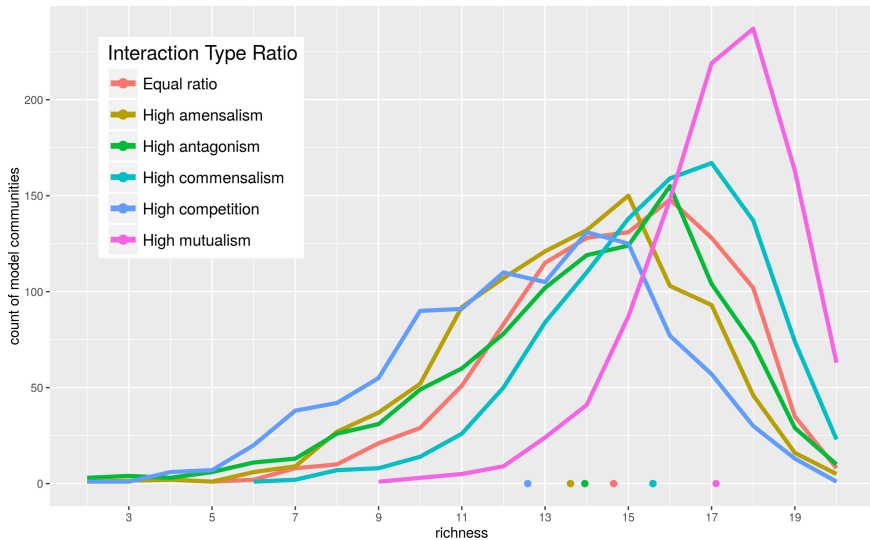
Estabilidad

¿Cómo medir la estabilidad de una comunidad?

En **modelos matemáticos**:

- Persistencia: riqueza de especies, patrones de abundancia, estructura de la red
- Flexibilidad: análisis de estabilidad local

Estabilidad



Ventajas y desventajas



- integra todos los tipos de interacción
- número indeterminado de especies
- estructura en niveles tróficos
- Variación dinámica de la magnitud de interacción



- sistema cerrado: no hay emigración o inmigración
- no hay creación de nuevas interacciones
- no se consideran factores externos (influencia ambiental, dinámica espacial)

¿Y las comunidades reales?

- ¿Qué tipo de datos son necesarios?
 1. medición (no sólo conteo) de los cinco tipos de interacciones para una misma comunidad
 2. réplicas para el mismo tipo de comunidad en diferentes periodos
 3. réplicas en diferentes tipos de comunidades
- ¿Con qué datos contamos?
 1. datos incompletos sobre uno, o como mucho dos, tipos de interacciones para comunidades concretas
 2. muy pocas veces replicados espacial o temporalmente
 3. magnitudes de interacción no comparables entre sí
- ¿Cómo integramos datos de campo y modelos teóricos?
 1. diseñando programas específicos de recogida de datos en base a hipótesis teóricas contrastables
 2. diseñando modelos matemáticos en base a datos empíricos

Conclusiones

Un modelo matemático predictivo debería...

- Partir de hipótesis empíricas
- Tener un grado de complejidad adecuado: balance complejidad-generalidad
- Ser contrastable con datos empíricos, o al menos, ser capaz de integrarlos

Datos de contacto

- Despacho C5b/148
- david.garcia.callejas@gmail.com

Conclusiones

Un modelo matemático predictivo debería...

- Partir de hipótesis empíricas
- Tener un grado de complejidad adecuado: balance complejidad-generalidad
- Ser contrastable con datos empíricos, o al menos, ser capaz de integrarlos

Datos de contacto

- Despacho C5b/148
- david.garcia.callejas@gmail.com