

Estocasticidad y exclusión competitiva en comunidades ecológicas

José A. Capitán, Sara Cuenda, José A. Cuesta y David Alonso
Centro de Astrobiología, INTA-CSIC y Grupo Interdisciplinar de Sistemas Complejos (GISC)
Ctra. de Ajalvir, km. 4. 28850 Torrejón de Ardoz, Madrid

¿Qué factores determinan la coexistencia de especies en comunidades ecológicas? Una regla clásica en ecología nos dice que la coexistencia estable de especies se mantiene gracias a que la competición por recursos *dentro* de la propia especie (competición intraespecífica) es siempre más fuerte que la competición entre especies distintas (competición interespecífica).¹ Este hecho se basa en el llamado principio de exclusión competitiva o ley de Gause,² que esencialmente establece que dos especies no pueden coexistir de forma estable si compiten por los mismos recursos. Por tanto, tener una coexistencia estable equivale a limitar la similitud entre especies. Si dos especies son ecológicamente muy similares, la selección natural actuará diferenciándolas de forma que consuman distintos recursos. Aunque bajo ciertas hipótesis este resultado clásico adquiere el rango de teorema matemático,³ múltiples estudios posteriores han demostrado que este principio no es válido en general.⁴ Entre ellos, destacan distintos resultados empíricos, así como modelos matemáticos que incluyen restricciones espaciales explícitamente.

Sin embargo, la mayoría de las excepciones al principio de exclusión competitiva están basadas en modelos dinámicos deterministas. En esta contribución mostraremos que, cuando la competición se formula en términos estocásticos, la exclusión competitiva surge de forma natural. Veremos que una nueva forma de exclusión competitiva aparece incluso en el caso más contrario a la intuición en el que las especies interactúan de forma equivalente (competición simétrica).⁵ En este caso, el cociente ρ entre la competición interespecífica y la intraespecífica debe ser menor que un cierto umbral para permitir la coexistencia estable de las especies (ver Fig. 1 y 2.) En la aproximación determinista, el umbral aparece solamente en el caso límite $\rho = 1$. Es precisamente la estocasticidad quien impone un umbral que limita la similitud entre especies. Por encima de este umbral, un colapso en la biodiversidad (es decir, en el número de especies que la comunidad es capaz de sostener) necesariamente tiene lugar.

Apoyando estos resultados encontramos una bifurcación estocástica que no tiene análogo en la aproximación determinista (ver Fig. 1.) Por otro lado, demostraremos que esta nueva forma de exclusión estocástica es aplicable a otros modelos de comunidades ecológicas en competición. Finalmente analizaremos la relevancia de estos resultados en comunidades ecológicas reales.⁶

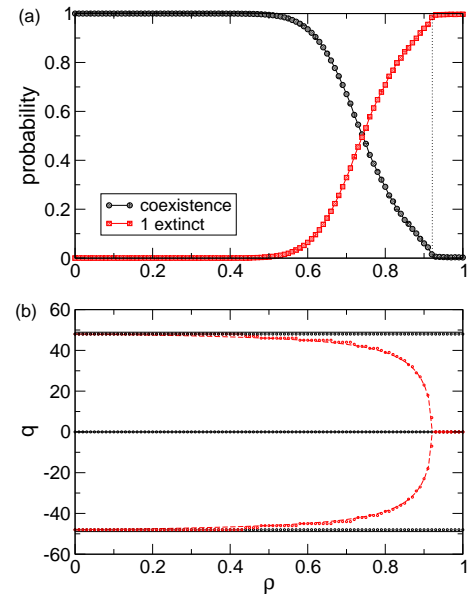


FIG. 1. (a) Probabilidades de coexistencia y extinción de una especie en función del cociente ρ entre competición interespecífica e intraespecífica, para una comunidad de dos especies. (b) Parámetro de orden de la transición, $q = n_1 - n_2$, siendo n_1 and n_2 las poblaciones de cada especie.

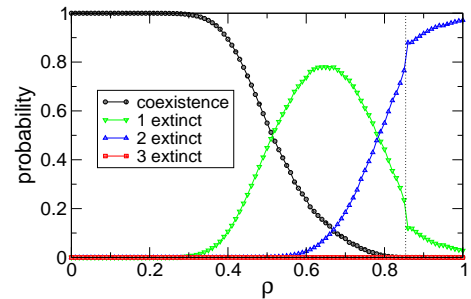


FIG. 2. Cascada de extinciones en una comunidad de 3 especies. En la aproximación determinista, la bifurcación tiene lugar en $\rho = 1$ y da lugar a la extinción simultánea de $S - 1$ especies en comunidades de S especies. De esta forma, la cascada de extinciones es propia del modelo estocástico.

* joseangel.capitan@cab.inta-csic.es

¹ P. L. Chesson. *Ann. Rev. of Ecol. and Syst.*, **31**:343, 2000.
² G. F. Gause. *The Struggle for Existence*. Hafner Press, 1934.
³ J. Hofbauer and K. Sigmund. *Evolutionary Games and Population Dynamics*. Cambridge University, 1998.
⁴ M. Gyllenberg y G. Meszna. *J. Math. Biol.*, **50**:133, 2005.
⁵ B. Haegeman and M. Loreau. *J. Theor. Biol.*, **269**:150, 2011.
⁶ J. A. Capitán et al. In preparation.