

Controversia determinismo-caos

Determinism-chaos Controversy

Pedro M. Alcolado

Instituto de Oceanología, Ave. 1ª No. 18406. Reparto Flores, Playa, La Habana, Cuba.

Resumen

Un análisis sobre dos hipótesis, aparentemente antagónicas sobre la estructura de las comunidades, la del determinismo y la del caos, llevan a sugerir que ambas no son excluyentes, sino que la estructura de las comunidades está dada por una combinación de ambos mecanismos en proporción variable. Puede cometerse el error de considerarse que una comunidad está regida por el caos cuando la escala del muestreo no es representativa de la estructura de la comunidad.

Abstract

An analysis of two apparently antagonic hypotheses about community structure (those of determinism and chaos) leads to suggest that they do not exclude one to another, but that community structure is given by a combination of both mechanisms in a variable proportion. A mistake of considering a community as governed by chaos when really it is not, can be committed when sampling scale is not representative of its structure.

Palabras claves: Ecología, comunidades, determinismo, caos.

Key words: Ecology, communities, determinism, chaos.

DISCUSIÓN

Uno de los temas más controvertidos en la ecología actual es el relacionado con la importancia relativa del determinismo y el caos en la estructuración de las comunidades.

El determinismo está implícito y se deriva de la hipótesis de SLOBODKIN Y SANDERS (1969) que plantea que la complejidad de los sistemas de arrecifes coralinos está directamente relacionada con la pronosticabilidad del ambiente, porque los ambientes más predecibles permiten comunidades especializadas biológicamente acomodadas (organizadas).

La hipótesis del caos es propuesta por SALE (1974) y RUSSELL, TALBOT Y DOMM (1974), quienes sugieren que los arrecifes son ambientes impredecibles donde las especies con requerimientos similares pueden coexistir a través de la continua interacción de procesos estocásticos (estructuras casuales).

El término determinismo, según JACOBS (1975) hace referencia a la cantidad de orden (desviación de una situación aleatoria) que imprimen las interacciones biológicas y la estructura física del hábitat (como factores interactuantes) a la estructura de las comunidades. En otras palabras, se produce una estructura organizada, ya sea desde el punto de vista trófico o de la abundancia relativa de las especies (en muchos casos según su talla) o de otra unidad de interacción como, por ejemplo, los gremios ("guild") que son gru-

pos de especies con requerimientos y funciones similares.

El caos se refiere a las condiciones de no equilibrio donde los factores estocásticos (aleatorios) del ambiente rigen la estructura de las comunidades, con una acción desorganizadora, cuyo resultado es más bien casual.

Entre los factores determinísticos pueden enumerarse: la partición del alimento y de otros recursos, la estructura física del habitat y las interacciones biológicas (competición, depredación, exclusión, territorialidad, gregarismo o atracción, etc.).

Entre los factores estocásticos tenemos: llegada súbita de propágulos (reclutamiento), ciclones, producción de espacios habitables (vacíos ecológicos) de manera impredecible, que cambian las proporciones de abundancia de las especies o unidades interactivas de las comunidades, y propician la ocupación del hábitat por mecanismos de oportunidad ("chance").

Según SUTHERLAND (1974) diferentes eventos ambientales (entiéndase estocásticos) pueden determinar cursos y destinos distintos en la sucesión, de modo que la estructura y composición de una comunidad quedaría explicada más por esas eventualidades históricas que por el efecto supuestamente determinístico de los valores actuales de las variables abióticas.

Un fenómeno estocástico es el denominado lotería competitiva por los espacios libres. Los espacios disponibles que aparecen de manera azarosa y continua en el espacio y en el tiempo son ocupados indistintamente por especies que poseen determinadas características ("el primero que llega gana"). Estas características son: tienen las mismas posibilidades de invadir el espacio vacante; poseen igual tolerancia a las condiciones físicas existentes; pueden conservar durante su vida el espacio ocupado ante los invasores potenciales; y el número de juveniles o larvas no es proporcional a la abundancia de los reproductores. Esto se observa en especies sésiles y en algunas comunidades de peces de arrecifes (BEGON, HARPER Y TOWNSEND, 1990).

Estos espacios vacantes aparecen ya sea por disturbios físicos o por la acción de depredadores. En los espacios ocupados existen las alternativas de una minisucesión hacia un probable estado de equilibrio o, en el caso de que el espacio es abarcado completamente por un organismo individual, puede suceder que éste lo mantenga durante toda su vida (caso de la lotería competitiva), impidiendo tal minisucesión (BEGON ET AL., 1990). Así, dichos autores, refieren que el mosaico producido por la ocupación del conjunto de espacios vacantes que aparecen desfasados en el tiempo es más diverso en especies que un área extensa no expuesta a disturbios por largo tiempo y entonces monopolizada por unas pocas especies.

De acuerdo con HILDREW Y TOWNSEND (1987), lo más probable es que en la estructura de ninguna comunidad tengan primacía absoluta ni el caos ni el determinismo, sino que existe un "continuum" entre estos dos extremos, donde se manifiestan proporciones diversas de ambos agentes estructuradores. Por lo tanto, no consideran a ambas hipótesis como mutuamente excluyentes. Finalmente terminan diciendo; "nadie ha creado tanta controversia por cuanta agua o sal tiene la salmuera".

Disturbios estocásticos de pequeña escala espacial pueden promover la coexistencia de especies competitivamente antagónicas al impedir la monopolización del espacio por las

especies competitivamente dominantes, e interferir así el proceso organizativo de esta interacción biológica (MCAULIFF, 1984). Esto último parece tener gran incidencia en la estructuración de las comunidades de los arrecifes, y en su diversidad de especies.

Por otro lado, según la magnitud de la escala espacial con que se aborde una comunidad, pueden observarse diferentes proporciones en la acción del caos y del determinismo. De esta forma, en una escala espacial suficientemente grande, la comunidad puede presentar una estructura gobernada por la interacción de procesos estocásticos y de interacciones biológicas que operan a ese nivel de escala, y que le dan su "personalidad" a esa comunidad. A una escala más pequeña puede no encontrarse una estructura o patrón organizativo definido o estable, pues a ese nivel rige el caos (BRADBURY, 1977). En este caso el caos aparece como un artificio de muestreo o enfoque.

Así, por ejemplo, a nivel de un arrecife determinado, puede existir en la comunidad de peces una organización jerárquica, ya sea trófica o taxonómica, o de gremios; sin embargo, a nivel de un parche de arrecife o de un área reducida, puede existir cualquier combinación de proporciones de esas unidades interactuantes, por pura casualidad (BRADBURY, 1977).

Atendiendo a BRADBURY (1977), la estructura o patrón organizativo en los peces de arrecifes (estrategia de partición del hábitat) puede ser observada sólo por encima de un nivel jerárquico supraespecífico que denomina "unidad crítica" y en este caso, sólo por encima de este nivel, la estructura está dada por la pronosticabilidad del ambiente, y por lo tanto, se cumpliría la hipótesis de la pronosticabilidad de SLOBODKIN Y SANDERS (1969).

Esa "unidad crítica" es una agrupación supraespecífica que involucra a especies con requerimientos similares y que por lo tanto se comportan como si se tratara de una sola especie (gremios). Estas especies coexisten sin exclusión competitiva total, debido a que el hábitat no se satura completamente de especies, gracias a cierto nivel de disturbio estocástico. Por debajo de la "unidad crítica" la estructura está regida por caos y, por lo tanto, no es predecible ni interpretable. A nivel de la unidad crítica la comunidad es más informativa (BRADBURY, 1977). Atendiendo a la hipótesis de Bradbury, el empleo de los diferentes índices ecológicos utilizando el nivel de la unidad crítica reflejaría mejor las relaciones causales con el medio ambiente.

Según el mencionado autor, cuanto más compleja (diversa) es la comunidad, más elevada es la jerarquía de la unidad crítica. De esta manera, él refiere que en los peces de arrecifes, a diferencia de lo que ocurre en ecosistemas menos complejos, la especie no es la unidad sinecológica primaria, o sea que a este nivel no se observa organización alguna. En este caso plantea que el nivel adecuado es el de familia, aunque en su trabajo trasluce que el nivel de gremio puede ser también adecuado.

Todo esto parece explicar quizás el hecho de que GLADFELTER, OGDEN Y GLADFELTER (1980) no encontraran, en los arrecifes de Saint Croix, correlación alguna entre la diversidad de especies de peces y las variables ambientales. De cumplirse la hipótesis de BRADBURY (1977) un enfoque a nivel de familia o de gremios pudiera haberles dado mejores resultados.

En el contexto del tema que nos ocupa es conveniente abordar el concepto "conexidad" en el sentido que lo define BRADBURY (1977). Según él, conexidad es el grado de relación

que existe entre dos componentes; concretamente, entre especies, o entre especies y su ambiente. Así, el autor identifica dos tipos de conexidad:

- Conexidad sistema-ambiente, que refleja la medida o intensidad relativa en que un sistema (comunidad) está determinado por las condiciones abióticas del ambiente (luz, oleaje, sedimentación, etc.). Si domina este tipo de conexidad, se trata de una comunidad mayormente conectada con el ambiente.

- Conexidad interna o intra-sistémica, que refleja la medida en que la estructura de un sistema está regida por las interacciones biológicas de sus componentes. Si domina este tipo de conexidad, se trata de una comunidad altamente conectada dentro de sí, o que presenta una alta conexidad intra-sistémica.

Por su parte ALCOLADO (1984) precisa un tercer tipo de conexidad:

- Conexidad intersistémica, que se refiere a las relaciones biológicas que existen entre el taxoceno objeto de estudio y otros taxocenos externos. Así, si nuestra atención está dirigida a los moluscos, tenemos, por ejemplo, la acción depredadora sobre éstos de algunos crustáceos, o peces, y también a aquellos taxocenos que sirven de presa a algunos moluscos.

De la misma forma que el determinismo y el caos, y que las estrategias bionómicas de la *r* y de la *k*, ambos extremos de la conexidad delimitan un continuo dentro del cual pueden estar presentes en diferentes combinaciones de importancia relativa la influencia del ambiente abiótico y de las interacciones biológicas.

Sale (comunicación personal) sustenta el criterio de un gran predominio de la componente caótica en una gran variabilidad de la composición de especies y de gremios de peces a diferentes escalas de tiempo en sus estudios realizados en arrecifes coralinos. No obstante, si consideramos la relatividad de lo que podría considerarse una supuesta estabilidad de la estructura en el tiempo para decir que estamos ante un fenómeno determinístico, podríamos suponer que estas “grandes” variaciones observadas (*sensu lato*), no lo son en sí, si suponemos que lo observado por Sale es una variación relativamente estrecha al compararla con el enorme número de posibilidades de estructuras comunitarias que *a priori* podrían manifestarse al azar. Entonces sí podría haber una componente determinística importante, consistente con el criterio de MARGALEF (1980, 1993) de los sistemas maduros donde la variedad de estructuras comunitarias posibles (bajo las condiciones ecológicas específicas) se restringe en relación a las que aleatoriamente podrían existir.

Ejemplos de comunidades altamente conectadas con el ambiente son las de esponjas, corales y gorgonáceos (sésiles), las cuales, comparativamente, exhiben interacciones biológicas limitadas entre sus especies. Como comunidades mayormente conectadas dentro de sí están las de peces, los poliquetos y los moluscos (vágiles), los que despliegan un amplio abanico de interacciones (ALCOLADO, 1984).

Según BRADBURY (1977), cuanto mayor es la conexidad intra-sistémica, más fenómenos supraespecíficos (unidad crítica por encima del nivel de especie) exhibirá una comunidad, y además, según él, será más diversa en especies bajo condiciones ambientales equiparables. En ese sentido, tenemos que a diferencia de los peces, en las esponjas, los corales y los gorgonáceos, la unidad crítica es la especie tanto en los ecosistemas más simples como en los arrecifes. Igualmente es notoria la existencia de una mayor diversidad de peces que de taxa sésiles en los arrecifes.

Por lo antes dicho, el tipo de conexidad parece definir en gran medida la presencia de fenómenos supraespecíficos y la importancia relativa que tendrán los agentes estructuradores, caos y determinismo, en una comunidad dada.

La hipótesis de la unidad crítica de BRADBURY (1977) se aprecia no sólo como la conciliación de dos hipótesis aparentemente contrapuestas sino que las complementa y amplía, conduciendo a una hipótesis más completa.

BIBLIOGRAFÍA

- ALCOLADO, P. M. 1984. Utilidad de algunos índices ecológicos estructurales en el estudio de comunidades marinas de Cuba. *Cien. Biol.*, 11: 61-77.
- BEGON, M., HARPER, J. L. Y TOWNSEND, C. R. 1990. *Ecology: individuals, populations, and communities*. Blackwell Sci. Publ. Brookline Village, 945 pp.
- BRADBURY, R. H. 1977. Independent lies and holistic truths: towards a theory of coral reefs communities as complex systems. *Proc. Third Int. Coral Reef Symp. Miami, Florida*, 1: 2-17.
- GLADFELTER, W. D., OGDEN, J. C. Y GLADFELTER, E. H. 1980. Similarity and diversity among coral reef fish communities: A comparison between tropical Western Atlantic (Virgin Islands) and tropical Central Pacific (Marshall Islands) patch reefs. *Ecology*, 61: 1156-1168.
- HILDREW, A. G. Y TOWNSEND, C. R. 1977. Organization in freshwater benthic communities. En: *Organization of communities. Past and present*. (Gee, J. H. R. y P. S. Giller, eds.). Blackwell Sci. Publ. Oxford, London. pp. 347-371.
- JACOBS, J. 1975. Diversity, stability and maturity in ecosystems influenced by human activities. En: *Unifying Concepts in Ecology*. (van Dobben, W. H. & R. H. Lowe-McConnel, eds.). pp. 187-207. Junks. The Hague.
- MCAULIFF, J. R. 1984. Competition for space, disturbance, and the structure of a benthic stream community. *Ecology*, 65: 894-908.
- MARGALEF, R. 1980. *Perspectiva de la Teoría Ecológica*. Ed. Blume, Barcelona. 110 pp.
- MARGALEF, R. 1993. *Teoría de los Sistemas Ecológicos*. ESTUDI GENERAL, Universitat de Barcelona Publicacions. 290 pp.
- RUSSELL, B. C., TALBOT, F. H. Y DOMM, S. 1974. Great Barrier Reef Committee, Brisbane, Queensland, Australia. *Proc. Second Int. Coral Reef Symp.* (Cameron et al., eds.). 1: 207-215.
- SALE, P. F. 1974. Great Barrier Reef Committee, Brisbane, Queensland, Australia. *Proc. Second Int. Coral Reef Symp.* (Cameron et al., eds.). 1: 193-206.
- SLOBODKIN, L. B. Y SANDERS, H. L. 1969. On the distribution of environmental predictability to species diversity. *Brookhaven Symp. Biol.*, 22: 82-93.
- SUTHERLAND, J. P. 1974. Multiple stable points in natural communities. *Am. Nat.*, 108: 859-873.



Alcolado, Pedro M. 1998. "Determinism-chaos controversy." *Avicennia : revista de ecologi*
,
a,
oceanologi
,
a y biodiversidad tropical 8-9, 22-26.

View This Item Online: <https://www.biodiversitylibrary.org/item/151959>

Permalink: <https://www.biodiversitylibrary.org/partpdf/118771>

Holding Institution

Harvard University, Museum of Comparative Zoology, Ernst Mayr Library

Sponsored by

Harvard University, Museum of Comparative Zoology, Ernst Mayr Library

Copyright & Reuse

Copyright Status: In copyright. Digitized with the permission of the rights holder.

License: <http://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/3.0/>

Rights: <https://biodiversitylibrary.org/permissions>

This document was created from content at the **Biodiversity Heritage Library**, the world's largest open access digital library for biodiversity literature and archives. Visit BHL at <https://www.biodiversitylibrary.org>.