



## El problema de la escala en la investigación de ecosistemas marinos y dulceacuícolas

La Ecología estudia fenómenos que ocurren en muy diferentes magnitudes de tiempo, espacio y complejidad organizativa. En este sentido, es posible considerar que los problemas conceptuales asociados a las diferentes escalas en las que ocurren los fenómenos ecológicos, son obstáculos significativos para el desarrollo de la Ecología como ciencia.

En primer término, es importante advertir que la escala en la que se estudian los fenómenos se vincula estrechamente a los patrones que se perciben en la naturaleza. Entender los patrones en términos de los procesos que los producen es la esencia de la ciencia y es la clave para el desarrollo de principios de manejo. Sin una comprensión cabal de los mecanismos operantes en cierto fenómeno, es necesario evaluar cada nuevo cambio que afecta al sistema, sin ninguna base científica para realizar extrapolaciones. Al comprender los mecanismos, en cambio, se dispone de los fundamentos necesarios para entender y manejar el sistema problema. Esto pone de manifiesto la gran importancia aplicada de los problemas de escala (Levin, 1992).

Una consecuencia inmediata de la relación entre la escala y la percepción de los patrones, es que el nivel de organización en el que un investigador decida estudiar determinado fenómeno condicionará de antemano las probabilidades de éxito de sus indagaciones. Consecuentemente, el modo de realizar las investigaciones deberá adecuarse al nivel de complejidad (individuo, población o ecosistema) considerado pertinente. En la presente colaboración, y a fin de ilustrar el significado e importancia de la escala en ecología, se comparan las diferencias existentes en el modo de abordar los estudios ecológicos en ecosistemas marinos y dulceacuícolas.

Un punto de partida consiste en considerar las grandes diferencias en las dimensiones de los ecosistemas involucrados en uno y otro caso, ya que incluyen desde pequeñas charcas temporarias hasta los océanos. Las investigaciones en ecosistemas dulceacuícolas suelen ser sumamente detalladas; por ejemplo, Koza & Korinek (1985) evalúan la capacidad de respuesta de *Daphnia* ante las presiones ambientales, midiendo el cambio de tamaño en el área de proyección de las setas de los peines filtradores de las patas torácicas. Por el contrario, la escala en la que necesariamente debe abordarse el análisis de los ecosistemas marinos, hace que los estudios detallados sean sumamente complejos. En términos generales, las investigaciones a nivel poblacional se complican por la distribución discontinua de los alimentos, la incertidumbre de los límites y la miríada de posibles interacciones entre los cientos de especies presentes. Por este motivo algunos autores (e.g. Lehman, 1988) sostienen que el estudio del zooplankton marino ha debido reducirse a la consideración de los flujos de materia y energía.

Cuando observamos el ambiente, necesariamente lo hacemos en un rango limitado de escalas, efectuamos un "recorte" de la realidad; por consiguiente nuestra percepción de los eventos sólo nos deja una porción de pocas dimensiones tomada de un sistema complejo multidimensional. En algunos casos, la escala de observación puede elegirse deliberadamente para elucidar rasgos claves del sistema natural, pero más a menudo las escalas son impuestas por nuestras capacidades perceptuales o por limitaciones logísticas o tecnológicas (Levin, *op. cit.*). Estas limitaciones son particularmente ciertas al encarar estudios en ecosistemas marinos, los que necesariamente deben ser multidisciplinarios.

Un aspecto que diferencia a las comunidades marinas de las dulceacuícolas es su



## COLABORACIONES

composición. En los ecosistemas dulceacuícolas los distintos grupos filéticos e. g. copépodos muestran una diversidad menor que en los ecosistemas marinos aunque hay algunas excepciones notorias, como los rotíferos y los branquiópodos. También es menor la riqueza específica de ciertos grupos. En general, estas diferencias podrían atribuirse a la mayor profundidad, antigüedad y continuidad de los océanos, lo que habría permitido mayor grado de diversificación y especiación en los ecosistemas marinos. A diferencia de lo que ocurre en los dulceacuícolas, en los marinos son inviables los estudios especie-específicos por el gran número de especies presentes. Ante esto, los investigadores deben emplear procedimientos singulares; por ejemplo, Nielsen & Kiorboe (1994) miden las tasas de crecimiento de los ciliados tomando muestras separadas por clases de tamaño de los organismos, multiplicando luego por la biomasa, y finalmente sumando las distintas muestras para calcular la contribución de los ciliados a la productividad total del ecosistema. Por otro lado, al intentar explicar la distribución del krill en los océanos, un estudio a pequeña escala podría basarse en el análisis del comportamiento integrado de los individuos, los que a su vez actúan en escalas aún más pequeñas. Un estudio de este tipo no representaría un aporte sustancial al problema. A esta escala, la explicación debería buscarse en términos de procesos oceanográficos y el método de estudio más adecuado implicaría la generación de modelos que integren representaciones de condiciones físicas y distribución espacial de la especie focal.

Aún cuando existen diferencias obvias entre los ecosistemas dulceacuícolas y marinos, también existen conceptos que permiten unificar el estudio de ambos tipos. En este sentido, el concepto de parche permite vincular no sólo a los ecosistemas marinos y dulceacuícolas, sino también a ambos con los terrestres (Levin, *op. cit.*). Actualmente los

Actualmente los ecólogos asumen que el medio ambiente está compuesto por un mosaico de parches y que la estructura de este mosaico fluctúa en el tiempo (Anderson & Kikkawa 1986). Sin embargo, en sus orígenes este concepto fue fuertemente rechazado por los primeros ecólogos, quienes buscaban encontrar las muestras más representativas y homogéneas posibles de las comunidades. Hoy sabemos que todos los sistemas ecológicos exhiben heterogeneidad y parcheo en un amplio rango de escalas, y estas discontinuidades son fundamentales para la dinámica poblacional, para la organización de la comunidad, para su estabilidad y para el ciclaje de los elementos (Levin, 1974; Roughgarden, 1976 a; Holling, 1986; Kereiva, 1987), Bormann & Likens (1979) en (Levin, *op. cit.*).

Frecuentemente, en escalas espacial y temporalmente pequeñas el comportamiento de los sistemas de interés suele ser impredecible. Por esto, una importante técnica de investigación científica consiste en cambiar la escala de la descripción, desplazándonos desde casos individuales, irrepetibles e impredecibles, a colecciones de casos cuyo comportamiento sea suficientemente regular como para establecer generalizaciones.

Al hacer esto compensamos la pérdida de detalle o heterogeneidad dentro de un grupo, con una mayor capacidad de predicción y extrapolación. Para esto, extraemos y observamos aquellos rasgos a pequeña escala que tienen relevancia para fenómenos observados a escalas mayores.

Se puede concluir afirmando que relacionar fenómenos a través de escalas es un problema central en biología y en toda la ciencia y que es un importante punto de conflicto a la hora de comparar el modo en que pueden realizarse trabajos científicos en limnología y oceanografía. Sin embargo, podemos coincidir con Schlinder (1994), quien a nivel ecosistémico plantea que en muchas de



sus funciones básicas, lagos y océanos operan de un modo muy similar. En el extremo opuesto de organización biológica, causa y efecto son escala-independientes: los fenómenos biológicos a nivel molecular ocurren exactamente del mismo modo a cualquier escala. Asimismo, como afirma Nixon (1988), en los ecosistemas acuáticos de cualquier tamaño, sean marinos o dulceacuícolas, el funcionamiento de los ciclos biogeoquímicos y de las comunidades bióticas involucra complejas interacciones entre físicos, químicos y biológicos, aunque estos varían con el emplazamiento particular del cuerpo de agua, así como con los procesos de retroalimentación propios de cada ecosistema. El problema, por lo tanto, no radica solamente en elegir la escala correcta de descripción, sino en reconocer que ocurren cambios a muchas escalas al mismo tiempo y que probablemente lo más complejo es interpretar la interacción entre los fenómenos que se producen en estas distintas escalas.

freshwater environments. *Limnol. Oceanogr.* 33: 931-945.

- Levin, S. A. 1992. The problem of patterns and scale in Ecology. *Ecology*, 73 (6): 1943-1967.
- Nielsen, T. G. & T. Kiorboe. 1994. Regulation of zooplankton biomass and production in a temperate, coastal ecosystem. 2 Ciliates. *Limnol. Oceanogr.* 39 (3): 508-519.
- Nixon, S.W. 1988. Physical energy inputs and the comparative ecology of the lake and marine ecosystems. *Limnol. Oceanogr.* 33: 1005-1025.
- Schlinder, D. W. 1994. Lakes and oceans as functional holes. 99-107 pp. *en* Fundamentals of aquatic ecology. Barnes, R. S. K. & K. H. Mann Eds. *Blackwell Scientific Pub.* 270 pp.

## REFERENCIAS

- Anderson, D. J. & J. Kikkawa. 1986. Development in concepts (Cap. 1) In: Community Ecology, Pattern and Process. *Blackwell Scientific Pub.* 432pp.
- Koza, V. & V. Korinek. 1985. Adaptability of the filtration screen in *Daphnia*: another answer to the selective pressure of the environment. *Arch. Hydrobiol. Beith. Ergebn. Limol.* 21: 193-198.
- Lehman, J. T. 1988. Ecological principles affecting community structure and secondary production by zooplankton in marine and