

EDITORIAL

Prueba de hipótesis en ecología: Una crítica al método científico formal

Hypothesis testing in ecology: a critique of the formal scientific method

"The only rules of scientific method are honest observations and accurate logic".

Robert MacArthur (1972)

La prueba de hipótesis es la herramienta fundamental de la ciencia, conduce el avance en el conocimiento y a la solidificación o al quiebre de las teorías. La madurez de la ecología, como disciplina científica, ha derivado en un creciente interés entre los investigadores por la prueba de hipótesis sobre los mecanismos que influyen en la estructura y la dinámica de las poblaciones y las comunidades. Como fruto de este interés, en años recientes ha surgido un agudo debate en torno a la validez del método científico formal al ser aplicado a problemas ecológicos. Dos revistas científicas, una sobre filosofía de la ciencia (*Synthese*, vol. 43, 1980) y una sobre ecología y evolución (*American Naturalist*, vol. 122 (5), 1983), han dedicado volúmenes completos al análisis de las corrientes de opinión de los ecólogos empíricos sobre la manera de resolver controversias fundamentales en ecología. Parece importante, entonces, fomentar entre los ecólogos una actitud crítica frente a la utilidad práctica de ciertos dogmas del método científico al ser aplicados a la prueba de hipótesis ecológicas. Este editorial proporciona elementos de juicio que llevan a cuestionar la utilidad del método científico formal (Popperiano) en su aplicación a la prueba de hipótesis ecológicas.

Platt (1964) resumió, adecuadamente, los pasos que consulta el método Popperiano para la resolución de un problema científico: (1) Diseñar hipótesis *alternativas*, (2) diseñar un experimento crucial con sus posibles resultados, cada uno de los cuales deberá *excluir* una de las hipótesis, (3) llevar a cabo el experimento y obtener un resultado *preciso* y (4) reciclar el procedimiento, formulando nuevas hipótesis para definir las posibilidades que resten.

En concordancia con Popper (1959), las explicaciones correctas no se pueden probar deductivamente (excepto si fuésemos capaces de invalidar todas las alternativas posibles), pero las explicaciones incorrectas pueden ser invalidadas mediante experimentos que lleven a observaciones contradictorias con la hipótesis. Es por ello que Popper niega carácter científico a cualquier proposición formal (¿hipótesis?) que no puede ser refutada empíricamente.

Esta formulación simple del método científico presenta graves problemas al ser aplicada por ecólogos y evolucionistas a la resolución de problemas teóricos. Es así como, siguiendo a Popper, Peters (1976) cuestionó la validez científica de un número de principios fundamentales de ecología y evolución, incluidos la teoría de la selección natural y la teoría del nicho, porque éstos no pueden ser invalidados por las excepciones. Por ejemplo, la observación de adaptación al ambiente en un organismo constituiría una prueba de la selección natural, pero la observación de un caso de desadaptación no es aceptada como una refutación de la teoría. La polémica generada por esta crítica ha llevado a reconocer, por parte de Peters (1980), la validez de lo que él llama conceptos (yo los llamaría principios) en ecología y evolución, que son, por definición, no susceptibles a refutación empírica, y cuyo valor reside en su poder heurístico que lleva a la generación de teorías e hipótesis verificables. En esta categoría caerían, por ejemplo, el principio de optimización ("todo organismo funciona en forma óptima en su ambiente"), o el principio de especialización ("ningún organismo puede hacerlo todo igualmente bien"). Asimismo, los investigadores han reconocido la impor-

tancia de distinguir entre excepciones y observaciones realmente contradictorias con una hipótesis sujeta a una prueba empírica (Southwood 1980), lo cual demanda una gran familiaridad del ecólogo con el sistema en estudio.

Otros problemas que han derivado de la condición de refutabilidad absoluta que deben tener las hipótesis científicas, de acuerdo a Popper, es que las posibles causas de un fenómeno ecológico muy rara vez pueden ser estrictamente invalidadas. Lo que uno puede demostrar es que ciertas causas son más, o menos importantes, o más, o menos probables. En este sentido las hipótesis formuladas por los ecólogos tienen un carácter de "hipótesis estadísticas" (Quinn & Dunham 1983), es decir, el fenómeno puede ser explicado en gran medida a través de uno o más "predictores"; sin embargo, los efectos determinísticos de causas que no han sido consideradas resultan en cierto grado de "incertidumbre" o "azar". Quinn & Dunham (1983) han resaltado también el peligro que encierra el requerimiento básico del método hipotético-deductivo: que las hipótesis sean planteadas como alternativas simples, no compatibles. Frecuentemente, la investigación de problemas complejos nos lleva a concluir que existen varias explicaciones compatibles y, por lo tanto, no alternativas frente a un fenómeno dado. En estas situaciones el apego irrestricto al método formal puede no sólo ser problemático, sino que puede conducir a errores y retrasos en nuestro conocimiento de un fenómeno. Así, por ejemplo, los estudios de sucesión en ecología han revelado que los procesos de cambio vegetacional no pueden ser explicados mediante hipótesis alternativas sobre los mecanismos de cambio (Connell & Slatyer 1977), sino que aceptando la compatibilidad de varios mecanismos (Finegan 1984, Armesto & Pickett 1985).

Hilborn & Stearns (1982) proporcionan otros ejemplos que demuestran claramente cómo el planteamiento de hipótesis compatibles en la forma de alternativas excluyentes puede tener graves consecuencias para la comprensión de un fenómeno ecológico. Estos autores proponen que los experimentos simples que investigan el efecto de una única causa son riesgosos, porque (1) los efectos de la causa única estudiada

pueden ser enmascarados por factores no controlados, (2) una o más causas pueden interactuar para producir el fenómeno, o (3) varias causas (no excluyentes) son suficientes como explicación del fenómeno. De este análisis se desprende que una alternativa válida a los experimentos simples es el diseño de experimentos multifactoriales, que consideran las interacciones entre los factores causales, o el análisis de causas múltiples mediante métodos gráficos que producen superficies de respuestas a dos factores experimentales. También es posible utilizar modelos matemáticos del sistema en estudio para investigar los efectos de causas múltiples, en los casos en que los experimentos multifactoriales son impracticables.

El análisis presentado aquí no ha pretendido demostrar la superioridad de un protocolo experimental sobre otro, sino más bien resaltar el peligro que encierra el énfasis injustificado en un solo modelo metodológico en el estudio de un problema científico. La aceptación no cuestionada de una única metodología científica es tan desaconsejable como la aceptación de verdades absolutas en ciencia.

JUAN J. ARMESTO

LITERATURA CITADA

- ARMESTO JJ & STA PICKETT (1985) A mechanistic approach to the study of succession in the Chilean matorral. *Revista Chilena de Historia Natural* 58: 9-17.
- CONNELL JH & RO SLATYER (1977) Mechanisms of succession in natural communities and their role in community stability and organization. *American Naturalist* 111: 1119-1144.
- FINEGAN B (1984) Forest succession. *Nature* 312: 109-114.
- HILBORN R & SC STEARNS (1982) On inference in ecology and evolutionary biology: the problem of multiple causes. *Acta Biotheoretica* 31: 145-164.
- PETERS RH (1976) Tautology in evolution and ecology. *American Naturalist* 110: 1-12.
- PETERS RH (1980) Useful concepts for predictive ecology. *Synthese* 43: 257-269.
- PLATT JR (1964) Strong inference. *Science* 146: 347-353.
- POPPER KE (1959) *The logic of scientific discovery*. Hutchinson, London.
- QUINN JF & AE DUNHAM (1983) On hypothesis testing in ecology and evolution. *American Naturalist* 122: 602-617.
- SOUTHWOOD TRE (1980) Ecology—a mixture of pattern and probabilism. *Synthese* 43: 111-122.