
UN DEBATE EPISTEMOLÓGICO EN ECOLOGÍA: POPPER Y LA PRUEBA DE HIPÓTESIS

LUIS DANIEL LLAMBÍ C.

Todo investigador tiene, quiéralo o no, una filosofía de la ciencia implícita en la metodología que utiliza para poner a prueba sus ideas. El discutir abiertamente estas filosofías de investigación hace más fácil identificar nuestros errores y mejorar el poder de nuestras estrategias para explorar la realidad. Sin embargo, no existe una tradición de discusión filosófica y epistemológica dentro de la ecología (Loehle, 1987). McIntoch (1980) indica: "Los ecólogos comúnmente muestran muy poco conocimiento de las ideas de los filósofos de la ciencia... y muchos son substancialmente ignorantes de la historia de la ecología, inclusive de su propia especialidad, dado que las evaluaciones históricas de la ecología son bastante raras". De hecho, parece existir entre la gran mayoría de los ecólogos una especie de "fobia anti-filosófica", basada en dos creencias erróneas. Una, que es posible hacer investigación "objetiva" y libre de supuestos o preconcepciones, por lo que no es necesario detenerse a discutirlos. La otra, que para poner a prueba nuestras hipótesis, solo se debe seguir una sencilla lista de pasos, "el método científico", que son aceptados por todos y que nos garantizan alcanzar conclusiones válidas.

Afortunadamente, ha habido una creciente preocupación entre los ecólogos por los problemas de fundamentación teórica y filosófica. Se puede hablar de una renovación conceptual dentro de la disciplina que podemos dividir en dos períodos: uno de transformación y crecimiento entre los años sesenta-setenta y otro de polémica y revisión crítica en los años ochenta y principios de los noventa (Inchausti, 1994).

El primer período está relacionado al establecimiento de grandes líneas teóricas de investigación como la biogeografía de islas y la teoría de competencia promovidas por autores como MacArthur y Wilson y su teoría del equilibrio dinámico. Esta teoría fundamentalmente se preocupa por el problema del mantenimiento de la diversidad, a partir de la separación competitiva de nichos en ambientes estables y heterogéneos. Lo interesante es que a través de sus investigaciones, MacArthur reintegra muchos de los conceptos de la ecología tradicional como los de nicho y sucesión, con los conceptos derivados de la nueva síntesis evolutiva (con sus formulaciones de estrategias evolutivas como la selección r y K) y las profusas observaciones y reportes de patrones en comunidades naturales de la biogeografía. Sin embargo, esta in-

vestigación se caracterizó por tener un corte muy matemático y especulativo. Así, un creciente número de escépticos (entre los que destacan Simberloff, Connor y Strong, entre otros) reaccionan contra el establecimiento de esta "ortodoxia" teórica, argumentando que el contacto con la realidad a través de los estudios en campo es un requisito indispensable para entender las comunidades y los ecosistemas. Aunado a esto surge la preocupación por el carácter acríptico con el que se habían asumido como ciertas muchas ideas o *paradigmas* preponderantes dentro de la ecología (preocupación que se deriva de la lectura del influyente libro de Kuhn, 1970: *La Estructura de las Revoluciones Científicas*) y el carácter fundamentalmente descriptivo y confirmatorio de estos paradigmas que la investigación empírica había asumido (Underwood y Denley, 1984). La discusión será promovida con gran fuerza dentro de la ecología marina por autores como Underwood, Paine, Dayton y Connell, para quienes paradigmas como el de la preponderancia de la competencia en definir el nicho realizado de una especie, desarrollados a partir del trabajo de MacArthur y sus seguidores como Hutchinson, debían ser críticamente analizados. Así, los estudios experimentales en cam-

PALABRAS CLAVE / Epistemología / Ecología / Prueba de Hipótesis / Modelos / Falsacionismo / Popper /

Luis Daniel Llambí C. Licenciado en Biología de la Universidad Simón Bolívar. Tesis de Grado en el CIELAT, Universidad de los Andes, titulada: "Recuperación de la fertilidad en una Sucesión del Páramo: Biomasa Microbiana y Ciclaje de N". Trabajo posterior con Lina Sarmiento en la dinámica de recuperación de la vegetación y la fertilidad durante el descanso y el efecto del pastoreo en estos sistemas. Actualmente trabajo en el proyecto de IVIC-PROVITA: "Proyecto Mapire: Iniciativa de Conservación y Desarrollo de Comunidades Riverañas". A partir de Octubre, Maestría-Doctorado en la Universidad de York, Inglaterra, en Economía Ambiental y Ecología. Interés en los motores socio-económicos de transformación y la resiliencia y dinámica sucesional en agroecosistemas tropicales.

po en ecología marina, particularmente en litoral rocoso jugarán un papel importantísimo en defender una visión más plural y diversa de las fuerzas que estructuran las comunidades (Cooper, 1994). Paralelamente se produce un aumento en visibilidad e interés público de la ecología a raíz de los problemas del cambio global, la contaminación y el agotamiento de recursos y una creciente preocupación por parte de los ecólogos por la falta de contribuciones positivas de la disciplina en la solución de estos problemas (Dayton, 1979). Todo esto conduce a un ambiente de autocritica que será el que caracteriza al segundo período de “renovación conceptual”. Uno de los puntos de debate más importantes dentro de este segundo período es el problema de la *prueba de hipótesis* o la relación entre teoría y experiencia. Loehle (1987) nos dice: “El método científico, el rigor estadístico y la prueba de hipótesis están siendo enfatizados cada vez más en ecología... La prueba de hipótesis se ha convertido en un tema altamente controvertido en ecología”. Aunque esta temática se plantea fundamentalmente dentro de la ecología marina y en el marco de la teoría de competencia, podemos encontrar también discusión sobre estos temas dentro de la ecología vegetal (en controversias sobre las comunidades como continuo o como unidad discreta o sobre los mecanismos alternativos de cambio sucesional) o de la ecología de ecosistemas (ver Pomeroy y colaboradores, 1988).

De manera que en el marco de la renovación conceptual este grupo de ecólogos críticos de la ecología teórica y de los paradigmas preponderantes dentro de la ecología marina, comenzarán a defender la necesidad de una rigurosa aplicación del método hipotético deductivo “falsacionista” propuesto originalmente por Karl Popper como única alternativa para restablecer el necesario contacto entre la teoría y los hechos. Por ejemplo, Strong y colaboradores (1984) nos dicen: “Ciencias que han progresado rápidamente (física, química, biología molecular) han hecho uso de tipos de evidencia que la ecología no ha usado, de la prueba de hipótesis vigorosa y la experimentación...La prueba de hipótesis vigorosa maximiza el potencial de falsación de ideas. En contraste, mucha de la ecología de comunidades se ha conformado con teoría matemática generalizada y observaciones colectadas pasivamente (en lugar de experimentalmente)”.

Ahora bien, el método hipotético deductivo consiste en la construcción de modelos, de los cuales se deducen (a través de un razonamiento lógico) hipótesis o predicciones que nos per-

miten diseñar experimentos para poner a prueba nuestro modelo contrastándolo con la realidad. Lo que sostiene el falsacionismo (en su versión más simple) es que si un experimento conduce a un resultado que apoya nuestra hipótesis la hemos corroborado solo por esta vez pero no hemos demostrado su validez. Sin embargo, si el resultado refuta nuestra hipótesis queda demostrada la falsedad de ésta y por lo tanto también de nuestra teoría, por lo que deberemos descartarla.

Esta visión “popperiana” de la metodología de la investigación se constituyó, a partir de los años sesenta, en la epistemología dominante dentro de las ciencias naturales, siendo particularmente fuerte su predominio en ecología hasta el punto de que es asumida como el método científico de la disciplina. Sin embargo, no existe en la literatura un análisis integrado de la posición de los autores que proponemos llamar “ecólogos falsacionistas” ni del papel que esta filosofía pudiera tener en la consolidación de una epistemología de la ecología. Este es nuestro objetivo en el presente trabajo. Para llevar a cabo el análisis utilizaremos como marco cada uno de los componentes lógicos tradicionalmente asociados con la prueba de hipótesis (observación, modelos, hipótesis y experimentación) presentando a su vez las principales críticas que se han articulado frente a esta posición y algunas visiones alternativas de la relación entre los hechos y las teorías. La importancia de este análisis autocrítico radica en que existen dentro de la disciplina ideas (cuyas implicaciones son muy serias) como por ejemplo que una mayor diversidad implica una mayor estabilidad del ecosistema que, o bien nunca han sido “rigurosamente” sometidas a prueba, o sobre las cuales sólo se ha acumulado evidencia circunstancial confirmatoria. Creemos que vale la pena realizar una exploración de lo que ha significado para los ecólogos someter una hipótesis a prueba. Esperamos que esta revisión estimule la discusión en torno a esta materia no resuelta, en la que han estado involucrados muchos de los más importantes ecólogos de comunidades.

El debate: los falsacionistas y sus críticos.

En un artículo titulado *Experiments in ecology and management: their logics, functions and interpretations*, Underwood (1990) expone “los componentes lógicos de un procedimiento experimental falsacionista y sus relaciones”, siendo esta la presentación más explícita en la literatura de la visión que este grupo de ecólogos tiene

de su modelo metodológico. El esquema establece una secuencia de pasos que se inician con la observación de un patrón, el planteamiento de un modelo, la deducción a partir de este de una hipótesis y la hipótesis nula correspondiente y el diseño de un experimento o prueba crítica de las hipótesis. El procedimiento debe entonces reiniciarse mejorando el modelo en caso de haber sido apoyada la hipótesis derivada de este o rechazándolo en caso de haber sido apoyada la hipótesis nula. A continuación analizaremos con más detalle la posición de los autores falsacionistas y de sus críticos, utilizando como marco cada uno de los componentes de la prueba de hipótesis.

La Observación: ¿detección de patrones o inducción de hipótesis?

Este es quizás el punto en el que existe mayor acuerdo entre los ecólogos críticos del falsacionismo y sus defensores. En general todos parecen estar de acuerdo en que los estudios observacionales o descriptivos son el primer paso en el análisis de los ecosistemas. Todos parecen estar de acuerdo en que el predominio de esta estrategia de investigación dentro de la tradición de la historia natural debía, sin embargo, dar paso a nuevas que permitieran ir más allá de la descripción de patrones para investigar los mecanismos que los producen. Este consenso en torno a la limitación de las estrategias puramente descriptivas es altamente compatible con el anti-inductivismo que caracteriza el falsacionismo popperiano, basado en la crítica a la falacia inductiva de que sea posible a partir de la repetida observación de un fenómeno inducir su universalidad. Así, por más que observemos cisnes blancos, no estamos justificados a pensar que todos los cisnes son blancos. Y es por esto que a partir del mero coleccionismo de datos no es posible llegar a conclusiones de validez general.

Sin embargo, no existe una respuesta unánime a la pregunta ¿Para que sirven inicialmente los *datos* en ecología? La respuesta de los falsacionistas es que sirven solo para la detección de patrones o problemas y no sugieren mecanismos explicativos o hipótesis (Underwood, 1990).

Por el contrario, algunos críticos reivindican lo que podríamos llamar “descripciones analíticas”, que son aquellas que sí tienen como objetivo el inducir posibles mecanismos explicativos. De manera que la proposición de un modelo teórico puede ser el resultado de un proceso más complejo que el reconocido por los autores falsacionistas, que combi-

ne hipótesis derivadas inductivamente de la observación con hipótesis derivadas deductivamente a partir de modelos teóricos previos (Southwood, 1980).

Por otro lado, Dayton (1979) indica como muchos de los problemas de la ecología se han originado al intentar contestar con un “sí o un no” preguntas a las que la naturaleza responde con un *mu* (en japonés, no sé). Estas respuestas indican que la pregunta es inapropiada, bien sea por una incompatibilidad de escala (un tema altamente controvertido dentro de la ecología contemporánea) o porque el marco conceptual en el que se planteó es erróneo. En esto Dayton se aleja de la noción de Popper de que las revoluciones científicas (*sensu* Kuhn, 1970) se producen al refutarse las teorías previas. Las revoluciones pueden darse no solo por cambios en las respuestas sino por cambios de preguntas al reconocer que estaban mal formuladas las que habíamos estado haciendo. Estos cambios de preguntas dependerán fundamentalmente de la creatividad del científico y del entorno social, tecnológico y cultural en el que se desenvuelve. Sin embargo, el problema de la creatividad y la fuente de nuevos enfoques o problemas ha sido poco estudiado en la filosofía de la ciencia, aún cuando es de vital importancia para entender su desarrollo.

Los Modelos: su papel y los criterios alternativos de evaluación

La crítica a la ecología teórica por parte de los falsacionistas se basa en una apreciación particular sobre la historia de la disciplina. Para estos autores se ha “gastado” demasiado tiempo (a partir del trabajo de MacArthur y seguidores) construyendo modelos matemáticos y muy poco poniéndolos a prueba (Strong, 1983). La crítica al modelaje establece además que los modelos o bien no son susceptibles a ser probados empíricamente o bien no son probados contra hipótesis alternativas. Sin embargo, muchos ecólogos pertenecientes a la tradición modelística reaccionan al sentir que se quiere implicar que esta es una rama inútil sin contribuciones positivas (May, 1981). Para los autores defensores de la ecología teórica y el modelaje, los falsacionistas tienen una visión restrictiva de los *métodos de evaluación de la validez de un modelo* que solo considera su prueba empírica como una prueba crítica (Caswell, 1988).

Así, Wimsat (1986) hace énfasis en “el papel que los modelos falsos empíricamente pueden tener en mejorar nuestras descripciones y explicaciones sobre el mundo”. De hecho indica que en

muchos casos su falsedad es esencial para que pueda cumplir este papel. Esto es así porque todo modelo es necesariamente una simplificación. De manera que se debe seleccionar de entre todas las posibles variables que determinan un fenómeno un sub-conjunto que se considera como de mayor relevancia. Wimsat indica que un modelo muy simplificado puede ser el punto de partida de una serie de estos cada vez más elaborados. Modelos muy simples pueden ser usados para estudiar propiedades que se piensa se mantendrán en modelos más complejos pero que son difíciles de analizar matemáticamente.

De modo que deben existir criterios alternativos de evaluación de los modelos, además de su validez empírica. Por ejemplo, debemos considerar la importancia que las consideraciones derivadas de conocimiento que se considera relativamente establecido juegan en evaluar su “*plausibilidad*” (Cooper, 1994). Lo importante aquí es revisar, tanto si las cadenas de deducciones e implicaciones que hemos derivado son correctas lógicamente, como si el modelo refleja adecuadamente las implicaciones de modelos previos o si los contradice. Otro parámetro sugerido es la “*riqueza*” que se refiere a la amplitud de aplicabilidad de la teoría al ser comparada con otra que hace predicciones equivalentes en un caso específico (Slobodkin, 1987). Por otro lado, en un influyente artículo que generó un intenso debate en la literatura, Levins (1966) define como las tres características deseables de un modelo: *la generalidad* (se aplica a más sistemas naturales), *el realismo* (toma encuentra más variables independientes que se sabe son relevantes) y *la precisión* (permite predicciones puntuales). Para él un modelo no puede simultáneamente maximizar los tres parámetros de manera que si se quiere aumentar dos de ellos uno debe sacrificarse. Esta noción es criticada entre otros, por Orzack y Sober (1993) quienes muestran, por ejemplo, que al agregar una nueva variable relevante a un modelo aumentan simultáneamente su generalidad, precisión y realismo. El problema es que la validez de todos estos criterios alternativos de evaluación esta muy lejos de haberse establecido consensualmente, de modo que la noción dominante de prueba de un modelo sigue siendo la de la prueba empírica.

Las hipótesis: en el núcleo del debate

Se podría decir que el énfasis en la necesidad de poner a prueba los modelos a partir de la deducción de

hipótesis que puedan ser demostradas falsas a través de un experimento, es la contribución más importante de Popper a la visión de los ecólogos falsacionistas. Sin embargo, muchos asumen esta sencilla norma metodológica como una especie de receta de cocina. Al hacerlo, olvidan las advertencias que el propio Popper hace sobre una interpretación ingenua de sus ideas (Lakatos, 1970).

La primera advertencia a considerar es sobre “la irrefutabilidad de los hechos”, es decir, suponer que existe una frontera clara y natural entre un enunciado teórico y un enunciado de hecho u observación. Según Popper advierte, la percepción de los “hechos” no es independiente de un marco teórico y que por lo tanto, al igual que éstas teorías pueden ser falsos. Así, para decidir que un hecho ha refutado una teoría los investigadores del área deben primero ponerse de acuerdo por consenso sobre la validez del mismo. Así por ejemplo, el demostrar que es un “hecho” que determinado ecosistema está en “equilibrio” o que determinada comunidad es más “diversa” que otra, puede ser tema de considerable controversia. De modo que la base empírica de la ecología se torna en algo bastante más subjetivo o “intersubjetivo” de lo que estamos acostumbrados a pensar.

La segunda advertencia importante se refiere a la posibilidad de escapar a la refutación a través de ajustes en las *hipótesis auxiliares*. Supongamos que usando un modelo muy complejo de dinámica de un sistema predador-presa predcimos que la población del predador debería ser x en el momento t y al realizar las observaciones en campo obtenemos una población muy diferente de la esperada. Una hipótesis auxiliar sería que existe un competidor no observado para el predador que causa la desviación en la trayectoria. De manera que no rechazamos como falso nuestro modelo a través de la introducción de una hipótesis auxiliar. Si abusamos de este procedimiento podremos siempre salvar de la refutación cualquier modelo.

El “olvido” por parte de los falsacionistas de estas advertencias podría deberse a que a medida que se profundiza en el trabajo clave de Popper (*La Lógica de la Investigación Científica*, 1962) sus tesis pierden el atractivo inicial de la sencillez. Por otro lado muchos ecólogos admiten haber derivado su enfoque no directamente de Popper sino de segunda mano a partir de un influyente artículo de Platt (1964) titulado “*Strong Inference*” que presenta una versión muy simplista de las ideas de Popper, ignorando las advertencias mencionadas arriba y

confundiendo los enfoques inductivos e hipotético deductivos.

Sin embargo, algunos de estos ecólogos si han ido más allá del falsacionismo ingenuo. Por ejemplo, Simberloff (1983) indica que las normas popperianas deberían ser moderadas "como sugiere Lakatos (1970) a un falsacionismo sofisticado". Lo importante de esta perspectiva es proteger los programas de investigación de la falsación en sus etapas iniciales, ya que en estas muchos de los hechos (anómalos) que parecen refutar una teoría son luego re-interpretados a la luz de la misma. Esto ocurre al ser ajustadas las hipótesis auxiliares o como diría Lakatos "el cinturón protector" del modelo. Lo importante es que los ajustes son válidos siempre que vayan expandiendo el poder explicativo del programa de investigación. Así, si somos capaces de incorporar ahora en el modelo predador-presa al competidor habremos expandido el poder explicativo del programa de investigación. Sin embargo, Simberloff señala que en algún momento *debe haber disposición para contrastar las hipótesis con la experiencia* y que muchas de las teorías ecológicas han evitado esto ya por demasiado tiempo.

Loehle (1987) es quizás el ecólogo que analiza en más detalle el problema de la maduración de los programas de investigación y la falsación. La perspectiva desde la que aborda el problema se basa en resultados dentro de la psicología de la ciencia que muestran que el método hipotético deductivo varía en su aplicabilidad dependiendo de la madurez de la teoría. Así, cita análisis psicológicos de científicos que trabajan en solución de problemas donde se ha encontrado que intentos prematuros de falsa hipótesis interfieren y retardan significativamente el proceso.

Pero, analicemos las principales críticas que se han planteado a la aplicación de las ideas falsacionistas sobre la prueba de hipótesis en ecología. Varios autores critican el que las generalizaciones con excepciones conocidas no sean científicas para Popper, cuando la mayoría de las generalizaciones en ecología son de esta forma (Quinn y Dunham, 1983). El problema es que desde la perspectiva popperiana los enunciados deben ser de la forma "siempre que..." para ser falsables a través de la observación de un hecho que demuestre que la generalización *no siempre* se cumple. Sin embargo, el que sea difícil hacer generalizaciones válidas entre ecosistemas o comunidades diferentes no quiere decir que no puedan plantearse enunciados de esta forma especificando

bajo que condiciones sostenemos que cierta conexión causal siempre se cumple.

Otra crítica planteada se refiere al problema de la multicausalidad. Para algunos autores la aplicación del método hipotético deductivo para eliminar mecanismos causales alternativos es inoperante en ecología, donde es común que varios de estos mecanismos operen simultáneamente (Quinn y Dunham, 1983). Sin embargo, el uso del método hipotético-deductivo no excluye la construcción de modelos que incorporen la interacción entre varias causas. De estos modelos complejos se pueden derivar también predicciones empíricas para ponerlos a prueba. La interpretación y reconocimiento de esta complejidad es de hecho uno de los retos fundamentales que la ecología propone a una nueva visión de la ciencia, un paradigma basado en el estudio de los sistemas complejos (ver la discusión sobre el papel central de la ecología en esta nueva visión en Capra, 1996).

La imposibilidad de aplicar el falsacionismo a hipótesis históricas y su clasificación como no científicas por Popper es otro problema. Se cita con frecuencia un trabajo de Halsted (1980) quién discute el rechazo de Popper de la teoría evolutiva y del trabajo en áreas como la paleontología (que necesariamente trabajan con hipótesis históricas). Para Halsted "proponer una definición restrictiva de ciencia...que excluye el conocimiento del pasado es, por supuesto, inadmisibles". El problema aquí es distinguir entre la imposibilidad de someter a prueba experimentalmente las hipótesis históricas y la posibilidad de hacer inferencias sobre estas. Por ejemplo, el registro fósil puede ser usado como evidencia empírica contra la cual someter a prueba hipótesis históricas.

¿Hipótesis Nulas o Modelos Nulos?

Un problema recurrente en la discusión sobre la prueba de hipótesis ha sido la confusión de términos y conceptos. En particular, mucha controversia se hubiera evitado si se hubiera establecido claramente la diferencia entre las diferentes definiciones de las hipótesis y los modelos nulos.

Underwood (1990), en su influyente artículo ya mencionado, incluye a las hipótesis nulas como un componente lógico de los procedimientos falsacionistas. Sin embargo, esto no parece derivarse del trabajo de Popper y no es una necesidad lógica de estos procedimientos. En realidad la hipótesis nula surge como una necesidad dentro de un

enfoque completamente distinto al hipotético deductivo de Popper y que es inductivo y descriptivo, al que Quinn y Dunham (1983) califican como "prueba de hipótesis estadística". El énfasis de las hipótesis nulas se deriva del trabajo del famoso Ronald Fisher. Para Fisher (1935), podemos llegar a conclusiones sobre la operación de una causa a través de un procedimiento inferencial inductivo que parte de un diseño experimental cuidadoso en el que queremos averiguar, sin tener necesariamente ningún modelo a priori sobre el mecanismo que conecta a la causa con el efecto, si esta conexión realmente existe o si los resultados aparentemente corroboratorios se producen tan solo por azar. Lo que distingue estos procedimientos inductivos de los hipotético-deductivos es el derivar nuestras predicciones de modelos donde se proponga una explicación *mecánica* para la conexión causal, es decir, se proponga un mecanismo que conecta causa y efecto (Loehle, 1987).

En la literatura ecológica (en el marco de la discusión en torno a la teoría de competencia) se generó una gran controversia sobre la necesidad de la proposición de estas hipótesis o modelos nulos, en que autores como Strong (1980), llegaron a exigir el que se propusiera y refutara el modelo nulo antes de proponer ninguna otra alternativa. Este es un buen ejemplo de como estas filosofías de investigación tienen claras consecuencias prácticas en la manera como pensamos debe hacerse investigación. A lo que se referían con *modelos nulos* es a modelos que describan como luciría un determinado ensamblaje comunitario si se excluyese la operación del factor (en este caso competencia) que se está postulando como el mecanismo responsable de que se observe un patrón en la naturaleza. Es decir, el que se plantee como luciría una situación control cuando no podemos observarla. Inicialmente la controversia se planteó en respuesta a un artículo de Diamond (1975) en que este proponía, siguiendo las líneas de investigación de McArthur y Wilson, un modelo para explicar los ensamblajes de aves en islas en archipiélagos tropicales, en que comúnmente se observaban pares de especies que nunca ocurrían juntas. Para explicar esto Diamond propuso un modelo que consideraba a la competencia como el factor determinante en explicar estos patrones de distribución de especies y fue duramente criticado por no proponer primero un modelo nulo que describiera como lucirían los ensamblajes en ausencia de competencia. El gran inconveniente es que construir un modelo teórico que considere todas las variables menos una

puede resultar en la práctica bastante difícil, si no imposible. De hecho muchos de los críticos de Diamond (por ejemplo Connor y Simberloff, 1984) propusieron modelos nulos débiles que tenían el problema de ser fácilmente falsables con lo cual se le daba un apoyo artificial a la hipótesis alternativa de la competencia.

En mi opinión todo el problema radica a que se le ha dado el mismo nombre de hipótesis o modelo "nulo" o "neutral" a varias cosas diferentes: (1) a los modelos estadísticos que describen el comportamiento de una variable en términos puramente estocásticos como la Normal o la Poisson (2) la hipótesis nula relacionada que señala que no hay diferencias significativa entre estos y nuestros datos (3) los modelos determinísticos nulos que sirven como control en los experimentos naturales (4) la hipótesis alternativa a una hipótesis de interés (5) el más sencillo de una serie de modelos que describen un mismo fenómeno.

Stigler (1987) indica como ejemplo del caso (1) el ajuste de modelos probabilísticos como la Poisson a los datos de extinciones de familias en intervalos discretos del registro fósil. La Poisson es el "modelo nulo" que predice que las extinciones de familias son independientes unas de otras y están distribuidas aleatoriamente en los intervalos discretos de tiempo. Para poner a prueba este modelo contra datos del registro podemos proponer la hipótesis nula (caso 2) de que no existen diferencias significativas (utilizando una prueba de bondad de ajuste) entre los valores predichos por el modelo y los observados. Un ejemplo del caso (3) son los modelos determinísticos propuestos por Connor y Simberloff (1984) para describir como luciría un determinado ensamblaje comunitario en ausencia de competencia. Simberloff (1983) cita como ejemplo del caso (4) el rechazo de la hipótesis de que oscilaciones en poblaciones de liebres era causada exclusivamente por ciclos intrínsecos depredador-presa, al encontrar Keith (1963) que las poblaciones de liebres en la isla de Anticosti oscilaban en ausencia de linces. En este caso para especificar las condiciones en que el modelo es falso no es necesario invocar un modelo *probabilístico* que adjudica al azar exclusivamente la variación observada (que es como debemos entender las hipótesis nulas estadísticas). La hipótesis se muestra falsa recurriendo a otro modelo *determinístico* que muestra oscilaciones en ausencia del depredador. Llamar a esta alternativa modelo nulo, no hace más que confundir. Por último, el más sencillo de una serie de modelos que van complicándose al incorporar

nuevas variables también ha sido llamado modelo nulo (caso 5). Un buen ejemplo es el modelo de equilibrio de Hardy-Weinberg que indica como luce la distribución de frecuencias de dos alelos de un gen en ausencia de factores que pueden producir desviaciones del equilibrio como la deriva genética o la mutación.

Lo que es importante sacar en claro en toda esta discusión es lo siguiente. Mas que exigir que antes de proponer cualquier modelo se proponga un modelo nulo (que como ya hemos visto puede significar muchas cosas diferentes), dentro del marco de la prueba de hipótesis falsacionista, cada vez que proponemos un modelo, *debemos ser capaces de especificar que conjunto de datos u observaciones demostrarían que es falso.*

Los Experimentos: ¿solo de campo?

Una de las características más importante de los autores falsacionistas es su "experimentalismo" el cual es altamente consistente con su alineamiento filosófico con Popper. Sin embargo, muchos defensores de la ecología teórica han calificado de excesivo el experimentalismo de estos autores. Caswell (1988) indica que el argumento de que todo desarrollo teórico deba ser sometido a prueba empíricamente antes de ser considerado una "contribución significativa" puede ser invertido para "insistir que todo conjunto de datos derivados de trabajo de campo o experimental que no este acompañado de un desarrollo significativo de nuevos modelos no sea reconocido como una contribución significativa". Este tipo de exigencias detendrían el avance de la ecología y pareciera que cierto desarrollo independiente es de hecho deseable.

Ahora bien, la mayoría de estos autores (fundamentalmente en ecología marina) no solo apoyan la ecología experimental como la promesa para el avance rápido de la disciplina sino que tienen una visión muy particular sobre el tipo de experimentos que permitirán este avance: los experimentos de campo. Entre las ventajas que asignan a los experimentos de campo está la mayor aplicabilidad a las comunidades reales si se los compara con los experimentos de laboratorio. Otra gran ventaja que señalan es que son experimentos controlados, a diferencia de los experimentos naturales sobre sucesos como terremotos o inundaciones en que no se dispone de áreas control (Underwood, 1990). Sin embargo, autores como Diamond (1986) insisten en una serie de limitaciones que los experimentos de campo muestran al compararlos con los experimentos naturales y de

laboratorio, por lo que sugiere una visión más plural de la indagación empírica en ecología.

A manera de conclusión: un pluralismo en el que "no todo vale".

A lo largo de este trabajo hemos intentado caracterizar la posición filosófica de los falsacionistas de la ecología. Resumamos nuestras conclusiones. Podría decirse que estos ecólogos: (1) son anti-inductivos (2) son críticos de una ecología puramente teórica (3) son hipotético deductivos y por supuesto falsacionistas (4) apoyan el uso fundamentalmente de los experimentos de campo y (5) son pluralistas en términos de teoría ecológica (apoyan el uso de múltiples hipótesis de trabajo para evitar "enamorarnos" de una única idea o hipótesis dominante. En esto se basan en un trabajo clásico de Chamberlain, 1890) pero son restrictivos en términos de los métodos que consideran apropiados para someter a prueba un modelo o hipótesis: solo a través de la contrastación empírica.

Por su parte, los críticos del falsacionismo aportaron a la ecología esencialmente una noción más amplia o plural de: (1) los métodos inductivos de construcción de hipótesis o modelos a través de metodologías como los análisis multivariados y a partir de modelos teóricos previos (2) los métodos de evaluación teórica a través de criterios como la plausibilidad o la riqueza y a través del reconocimiento de la utilidad de los modelos falsos empíricamente (3) las estrategias de experimentación apoyando no solo los experimentos de campo sino también los naturales y de laboratorio. Sin embargo, esta visión más plural *no ha sido articulada formalmente en una filosofía de la ciencia alternativa al falsacionismo.*

Salt (1983) presenta al final de una de las mesas redondas donde se enfrentaron ambos bandos, una posición conciliadora del tipo "ambos tenían razón". Su tesis es que si se analizan las diferentes posiciones en el debate se pueden discernir la aparición de varios "papeles ideales" complementarios que si trabajan articuladamente permitirán un mayor avance de la disciplina. Los papeles son: el ecólogo descriptivo, el ecólogo teórico y el ecólogo experimental.

Como hemos visto, el ecólogo descriptivo "detecta" patrones y preguntas que requieren explicación y puede explorar algunas alternativas de respuestas para derivar hipótesis tentativas. El ecólogo teórico puede articular estas hipótesis en marcos más amplios, explorar sus relaciones con teorías pre-

vias, formalizarlas matemáticamente, deducir a partir del modelo conclusiones que no habían sido apreciadas previamente y ayudar a la deducción de predicciones empíricas. El experimentalista, puede evaluar estas predicciones en campo o en el laboratorio a través de diseños experimentales rigurosos o de comparaciones de comunidades diferentes o análisis de perturbaciones naturales. El ecólogo descriptivo deberá evaluar el realismo y generalidad de las condiciones experimentales y de los modelos propuestos por el teórico. Sin embargo, esta idealización propuesta por Salt, aun cuando plantea las bases para una visión integrada, dista mucho de ser una visión de consenso.

Desde mi punto de vista, los ecólogos falsacionistas realizaron aportes muy importantes en el establecimiento de una epistemología para la ecología. En primer lugar, al llamar la atención sobre el método hipotético deductivo mostraron una manera constructiva de relacionar la teoría y la experiencia (que es la que está detrás de la idealización presentada arriba) y estimularon la discusión dentro de la disciplina de cuestiones filosóficas. Al hacerlo, mostraron limitaciones importantes de la visión inductiva "ingenua" de la ecología descriptiva tradicional. Por otro lado, advirtieron sobre los peligros de la consolidación acrítica de paradigmas y de las tendencias confirmatorias de mucha de la investigación empírica del área. Además llamaron la atención sobre la necesidad de una ecología teórica dispuesta a someter a prueba contra la experiencia predicciones derivadas de los modelos. Contribuyeron a una revisión crítica de las diferentes estrategias experimentales, llamando especialmente la atención sobre los problemas de interpretación inherentes a los experimentos naturales. Sin embargo, al hacer esto, en algunos casos utilizaron el falsacionismo más como una herramienta de crítica destructiva que constructiva. Así, incorporaron incorrectamente el enfoque de los modelos nulos como una exigencia de todo procedimiento de evaluación teórica. Además, asumieron en algunos casos una visión ingenua del falsacionismo que ignoró advertencias como las de la refutabilidad de la base empírica y el peligro de las hipótesis auxiliares.

Los autores críticos del falsacionismo respondieron generalmente en defensa de la legitimidad de sus papeles particulares (como ecólogos teóricos, de laboratorio, etc) señalando, además, los abusos y errores filosóficos implícitos en mucha de la aplicación dogmática y simplista del falsacionismo a la ecología. Sin embargo, la crítica al falsacionismo los llevó en ocasiones a errores de con-

cepto como el de suponer que los problemas multicausales y las generalizaciones con excepciones conocidas que son tan comunes en ecología no eran susceptibles de ser analizadas en un marco hipotético deductivo. Además, la defensa de una visión más plural en algunos de estos críticos (como Roughgarden) ha estado basada en un rechazo a la posibilidad de la filosofía de la ciencia de ofrecer alguna contribución positiva. Así, basándose fundamentalmente en el anarquismo científico de Paul Feyerabend, han querido implicar que asumir una posición filosófica va necesariamente en contra del pluralismo. En mi opinión, va solo en contra de un pluralismo mal entendido del tipo "todo vale". Para determinar aquello que no vale, necesitamos asumir posiciones filosóficas. De hecho, las bases para una epistemología de la ecología podrían descansar sobre un pluralismo en el que no todo vale, que parta de una síntesis de los aportes indicados arriba realizados por los falsacionistas y sus críticos.

Es importante que este tipo de discusión continúe dándose en el marco de la ecología. Se requiere sobre todo mayor discusión sobre la relación entre las múltiples técnicas estadísticas utilizadas y las filosofías que las sustentan y justifican, así como de su utilidad en el desarrollo conceptual de la disciplina (el trabajo de Mentis, 1988 es una contribución significativa en este sentido). Por otro lado, es importante continuar trabajando en un análisis detallado y cuidadoso de los argumentos filosóficos que están detrás de muchas de estas discusiones. En este trabajo hemos intentado aclarar algunos de los malentendidos surgidos, derivados quizás de una lectura incompleta por parte de algunos ecólogos de los autores recientes de la filosofía de la ciencia como Popper o Lakatos. El que una disciplina se autocritique y revise sus propios supuestos metodológicos es un síntoma de una ciencia madura y creo que no cabe duda que una ciencia ecológica madura tendrá que ser uno de los pilares fundamentales de la civilización en el siglo XXI.

REFERENCIAS

Capra, F. 1996: *The Web of Life. A New Scientific Understanding of Living Systems*. Anchor Books Doubleday. New York. London. Toronto. Sydney. Auckland.

Caswell, H. 1988: *Theory and Models in Ecology: A Different Perspective*. Bulletin of the Ecological Society of America. 69: 102-109.

Chamberlain, T.C (1890) (1965): *The Method of Multiple Working Hypothesis*. Science. 148: 754-759.

Cooper, G. (1994): *The Competition Controversy in Community Ecology*.

Dayton, P. K. (1979): *Ecology: a Science or a Religion?* en Livingstone, J. R (ed). *Ecological Processes in Coastal and Marine Systems*. Plenum Press. New York. pp 3-18.

Diamond, J. (1975): *Assembly of Species Communities*. en Cody, M.L. y J.M. Diamond (eds). *Ecology and Evolution of Communities*. The Belknap Press of Harvard University Press. pp 342-444.

Diamond, J. (1986): *Overview: Laboratory Experiments, Field Experiments and Natural Experiments*. en Diamond J. y M. Case (eds). *Community Ecology*. Harper y Row.

Fisher, R. A. (1935): *The Design of Experiments*. Oxford University Press. Oxford.

Haila, Y. (1988): The Multiple Faces of Ecological Theory and Data. *Oikos* 53: 408-410.

Halsted, B. (1980): Popper: good philosophy, bad science? *New Scientist*. Julio 17: 215-217.

Inchausti, P. (1994): Reductionist approaches in Community Ecology. *American Naturalist*. 143: 201-221.

Kuhn, T. (1970): *The Structure of Scientific Revolutions*. University of Chicago Press. Chicago.

Lakatos, I (1970): La Falsación y la Metodología de los Programas de Investigación Científica. en Lakatos, I. y A. Musgrave (eds). *La Crítica y el Desarrollo del Conocimiento*. Ediciones Giralbo, S.A. Barcelona-Buenos Aires-México, D.F. pp 203-344.

Levins, R. (1966): The Strategy of Model Building in Population Biology. *American Scientist*. 54: 421-431.

Loehle, C. (1987): Hypothesis Testing in Ecology: Psychological Aspects and the Importance of Theory Maturation. *Quarterly Review in Biology*. 62: 397-409.

May, R.M. (1981): The Role of Theory in Ecology. *American Zoologist*. 21: 903-910.

McIntosh, R.P. (1980): The Background and Some Current Problems of Theoretical Ecology. *Synthese* 43: 195-255.

Mentis, M.J. (1988): Hypothetic Deductive and Inductive Approaches to Ecology. *Functional Ecology* 2: 5-14.

Orzack, S.H. y E. Sober. (1993): A Critical Assessment of Levins "The Strategy of Model Building in Population Biology" (1966). *The Quarterly Review of Biology*. 68: 533-546.

Platt, J. R. (1964): Strong Inference. *Science*. 146: 347-353.

Popper, K.R. 1962: *La Logica de la Investigación Científica*. Editorial Tecnos. Madrid.

Quinn, J. y A. Dunham. 1983: On Hypothesis Testing in Ecology and Evolution. *The American Naturalist*. 122: 602-617.

Roughgarden, J. 1983: Competition and Theory in Community Ecology. *The American Naturalist*. 122: 583-601.

Salt, G. W. (1983): Roles: Their Limits and Responsibilities in Ecological and Evolutionary Research. en Salt, G. W. (ed). *Ecology and Evolutionary Biology. A Round Table on Research*. The University of Chicago Press. Chicago. pp 117-126.

- Strong, D.R.(1983): Natural Variability and the Manifold Mechanisms of Ecological Communities. *American Naturalist*. 122: 636-660.
- Strong, D. Simberloff, D. Abele, L. y A. B. Thistle (eds). (1984): *Ecological Communities: Conceptual Issues and the Evidence*. Princeton University Press. New Jersey. pp 1-15.
- Simberloff, D. (1983): Competition Theory, Hypotheses testing and other Community Ecological Buzzwords. en Salt, W (ed). *Ecology and Evolutionary Biology. A Round Table on Research* . University of Chicago Press.pp 46-55.
- Slobodkin, L. B. (1987): How to be Objective in Community Studies. en Nitecki, M. y A. Hoffman (eds). *Neutral Models in Biology*. Oxford University Press. New York, Oxford. pp 93-108.
- Southwood, T. R. E. (1980): Ecology: A Mixture of Pattern and Probabilism. *Synthese*. 43: 111-122.
- Underwood, A. J. (1990): Experiments in Ecology and Management: Their Logics, Functions and Interpretations. *Australian Journal of Ecology*. 15: 365-389.
- Underwood, A. J. y E. J. Denley. (1984): Paradigms, Explanations and Generalizations in Models for the Structure of Intertidal Communities on Rocky Shores. en Strong, D. Simberloff, D. Abele, L. y A. B. Thistle (eds). *Ecological Communities: Conceptual Issues and the Evidence*. Princeton University Press. New Jersey. pp 151-180.
- Wimsatt, W. C. (1986): False Models as Means to Truer Theories. en Nitecki, M. H. y A. Hoffman. (eds). *Neutral Models in Biology*. Oxford University Press. pp 23-55.
-