

Experimentos, presupuestos epistémicos y “cientificidad” en la ecología: el caso de la macroecología

Federico di Pasquo *

Resumo: En el siguiente trabajo es analizado el rol que ha tenido el experimento en la constitución de la “cientificidad” en la ecología disciplinar. En particular, este análisis se focaliza en la sub-disciplina macroecología. Para ello, son indagados los presupuestos epistémicos presentes en dos clases de experimentos del área: el manipulativo y el mensurativo. En cuanto a la hipótesis principal, sostengo que durante la década de 1980 se puede reconocer una discontinuidad en el aspecto metodológico de la disciplina. En términos generales, esta modificación consistió en un desplazamiento del experimento manipulativo por el experimento mensurativo. Entre las posibles razones, se señala como una de las más significativas la consolidación de una unidad de análisis de grandes dimensiones físicas.

Palavras-chave: empirismo lógico; experimento; macroecología; teoría ecológica; escala

Experiments, epistemic assumptions and “scientificity” in Ecology: the case of Macroecology

Abstract: In this paper is analyzed the role of the experiment in the conformation of the scientificity in the Ecology as discipline. In particular, this study focuses on the sub-discipline of Macroecology. To this end, epistemic assumptions of two kinds of experiments (manipulative and mensurative) are analyzed. My main hypothesis is that there was an important discontinuity in the 1980 decade in the metodologic issue of the discipline. In general terms, this change was generated by the replace of manipulative experiment

* Estudiante doctoral de la Facultad de Ciencias Exactas y Naturales, UBA. Grupo de Investigación de Historia de la Ciencia. Grupo de Investigación de Filosofía de las Ciencias. CONICET. Intendente Güiraldes 2160 – Ciudad Universitaria. CABA. Argentina. Email: dipasquof@yahoo.com.ar

by mensurative experiment. One of the reasons of this change may be consolidation of unit of analysis over broad physical dimensions.

Key-words: logical empiricism; experiment; macroecology; ecological theory; scale

1 INTRODUÇÃO

En la última parte del siglo XX la ecología disciplinar ha sufrido un notable desarrollo, el cual quedó reflejado con la variedad de sub-disciplinas que se han establecido en su seno (ej. ecología del comportamiento, ecología de poblaciones, ecología de comunidades, ecología de ecosistemas, ecología del paisaje, macroecología, entre otras). A grandes rasgos la proliferación de sub-áreas ha ido acompañada de una proliferación teórico-conceptual difícil de unificar (Cruz, Rocha y El-Hani, 2007), basada en dos ejes fundamentales que caracterizan a la disciplina. El primero de ellos, denominado eje teórico-poblacional y el segundo teórico-ecosistémico (Pickett, Kolasa & Jones, 2007). En cuanto al plano metodológico, se registraron transformaciones que han acompañado a la mencionada proliferación de sub-áreas. Al parecer, no todas las sub-disciplinas de la ecología han tenido los mismos “requerimientos” metodológicos. En relación a esto último, en el presente trabajo analizaré cómo se ha conceptualizado el experimento en la ecología y en particular en una de sus áreas, la macroecología. Para dicha indagación consideraré el periodo comprendido entre la década de 1930 y 1980, etapa donde se afianzan algunos de las premisas sostenidas por el empirismo lógico y desde la década de 1980 en adelante, fecha a partir de la cual se puede reconocer una discontinuidad en el plano metodológico que interrumpe y cuestiona el periodo anterior. La hipótesis general que dirige el trabajo es que durante la década de 1980 se reconoce una inversión en el plano metodológico, que consistió específicamente en:

1. El desplazamiento de una metodología experimental controlada (o experimento manipulativo) en el contexto de las investigaciones ecológicas conducidas sobre amplias escalas espaciales (tal es el caso de la macroecología).
2. Dicho desplazamiento se encontró acompañado por la implementación de una metodología experimental observacional (o experimento mensurativo).

3. La inversión propuesta tuvo asociada la inviabilidad epistémica de sondear las causas de los fenómenos ecológicos estudiados.

Para abordar dicha hipótesis, el trabajo se estructuró en seis secciones. A continuación, se presenta la relación entre el empirismo lógico y el experimento. En la tercera sección, se hace mención de la incorporación del experimento a la ecología. A través de la cuarta sección se analizan las diferencias epistémicas entre dos enfoques experimentales (manipulativos y mensurativos). En las siguientes se mencionan las dificultades de conducir un experimento controlado sobre amplias escalas espaciales y luego se evidencia dicha dificultad en el contexto de la macroecología. Por último, se ofrecen algunas reflexiones finales del recorrido trazado.

2 EL EMPIRISMO LÓGICO Y EL EXPERIMENTO COMO UNA “VÍA RÁPIDA” PARA LA MANIPULACIÓN DE LOS SUCESOS

Una de las corrientes de pensamiento que influyó marcadamente en la estructuración de la biología contemporánea es sin dudas el empirismo lógico. Según defensores de esta corriente, una ciencia sería empírica en tanto y en cuanto pudiera fundar el conocimiento por medio de la experiencia (Klimovsky [1994], 2011). Tal es así, que los “hechos del mundo” debían ser, por medio de alguna operación práctica, detectados o registrados. Sobre éste último aspecto es que se va a perfilar el experimento como una de las vías elegidas para operativizar al empirismo lógico¹. En el manifiesto de 1929, titulado “Wissenschaftliche Weltauffassung, Der Wiener Kreis” (La concepción científica del mundo: el Círculo de Viena) escrito por Hans Hahn, Otto Neurath y Rudolf Carnap, se reconocía que “[...] la concepción científica [...] ésta presente en la investigación de todos los campos de la ciencia experimental” (Hahn, Neurath & Carnap [1929], 1995, p. 82). O también, “La dilucidación de los problemas [...] conduce a

¹ DI PASQUO, Federico & FOLGUERA, Guillermo. Sobre la experimentación y su rol epistémico en la historia de la ecología: el caso de la ecología del paisaje. Presentado para evaluación.

que [...] se transformen en problemas empíricos para luego subordinarlos al juicio de la ciencia experimental” (*ibid.*, p. 85). Así, a partir de la influencia del empirismo lógico, el experimento se concretó como una “pieza clave” para todas las sub-disciplinas dedicadas al estudio de la naturaleza. A la vez, resultó un elemento metodológico asociado a la constitución de la cientificidad de las diferentes áreas del saber, en tanto que fue “señal” de “buena ciencia”: “La investigación experimental es comúnmente el paradigma de ‘buena’ ciencia” (Cleland, 2002, p. 474).

Este “rol” central del experimento en el ámbito de las ciencias dedicadas al estudio de la naturaleza se debió (al menos en parte) a cuatro aspectos centrales. Por un lado, el experimento permitió el control de un fenómeno (aspecto a) como también su “reproducción” (aspecto b). A la vez, dio lugar al establecimiento de relaciones entre fenómenos distintos (aspecto c) y finalmente, permitió “desarmar” los fenómenos indagados (aspecto d). Repasemos brevemente estos cuatro aspectos. Según Cleland, la característica central del experimento es el testeo de hipótesis en condiciones controladas (aspecto a): “Aunque el experimento juega muchos papeles en la ciencia, su papel clásico es la prueba de hipótesis en situaciones controlados de laboratorio” (Cleland, 2002, p. 474). Más aún, por medio del experimento controlado se logró la estabilización de cierto suceso (o fenómeno) (Martínez, 1995) como también, su reproducción en condiciones determinadas por el investigador (aspecto b):

Experimentar es crear, producir, refinar y estabilizar los fenómenos [...]. Pero los fenómenos son difíciles de producir en cualquier forma estable. Es por eso que yo hablé de crear y no sólo del descubrimiento de los fenómenos. Esta es una tarea larga y difícil. (Hacking, 1983, p. 230)

A la posibilidad de producir un fenómeno (o un suceso) se le agregó que tal manipulación resultó en una de las “avenidas más rápidas” para “fijar” vínculos entre dos fenómenos diferentes (aspecto c) (Nagel [1961], 2006). Dichos vínculos o relaciones son posibles de establecer, en la medida en que, a través del experimento controlado se ha logrado reproducir un suceso de interés para obtener (o provocar) otro. En relación con ello, se han ofrecido distintas conceptualizaciones referidas a las relaciones que pueden ser “fijadas”. Tal es el

caso de las relaciones causales, las relaciones estadísticas o bien, las relaciones históricas entre otras. Todas ellas han sido consideradas modos legítimos de describir distintas maneras en que pueden relacionarse dos fenómenos o dos variables:

En realidad, el lenguaje causal es una manera legítima y conveniente de describir las relaciones entre muchos sucesos porque es posible manipular algunas cosas para obtener otras cosas, pero no a la inversa. (Nagel [1961], 2006, p. 111)

Finalmente se puede agregar que por medio del experimento se pudo “desintegrar en partes” un fenómeno (aspecto d). En palabras de John D. Bernal:

Todo experimento se reduce a dos operaciones muy simples: separar y volver a reunir [...] Sin poder separar en partes un objeto o un proceso, no será posible hacer otra cosa que observarlo como un conjunto indiviso. (Bernal [1954] 1985, p. 48)

Recapitulando, el experimento permitió controlar, reproducir y “separar en partes” los fenómenos como también, “fijar” relaciones entre los mismos. De aquí, que el empirismo lógico por medio del “rol” que supo otorgar al experimento (en tanto que cumplió con los requisitos mencionados) a influido en la disposición de la “cientificidad” de las ciencias naturales y en particular de las ciencias de la vida. La ecología² no ha estado exenta de esta tendencia, donde lo experimental ha tenido, sin dudas, un rol epistémico significativo.

3 BREVE RECORRIDO HISTÓRICO SOBRE LA INTRUSIÓN DE LA EXPERIMENTACIÓN EN LA ECOLOGÍA DISCIPLINAR

Puede establecerse una periodización que comprenda tres etapas, las cuales versan sobre la incorporación y el establecimiento del experimento en la ecología: la primer etapa considerada desde 1930 hasta 1950, la segunda desde 1950 hasta 1980 y la última desde 1980 en adelante (di Pasquo & Folguera, en evaluación). Durante el primer

² Por ecología, ecología científica o ecología disciplinar indicamos una de las áreas de la biología.

periodo propuesto tienen lugar los primeros experimentos de la disciplina (Hairston, 1989; Krebs, 1988). Con la posibilidad de criar especies en el laboratorio, Georgii Frantsevich Gause lleva adelante una serie de experimentos que buscaban poner a prueba los modelos matemáticos diseñados (unos años antes) por Alfred J. Loyka y Vito Volterra (McIntosh, [1985], 1995). Estas experiencias fueron realizadas con poblaciones de paramecios cultivados juntos y por separado, en medios confinados y no confinados (Dajoz, 2002; Lawton, 1995). Algunos autores sostienen que el nacimiento de la ecología se vinculó estrechamente con estas primeras experiencias, por medio de las cuales comenzaba a incorporarse el experimento a la disciplina. Más aún, el experimento parece haber sido una “pieza clave” en la constitución de la científicidad de la misma:

El origen de la ecología como una ciencia comenzó con la aplicación de los métodos experimentales y matemáticos para el análisis de las relaciones organismo-medio ambiente, la estructura comunitaria y la sucesión y la dinámica poblacional. (Kingsland, 1991, p. 1)

A su vez, la incorporación del experimento acercaba a la disciplina a los lineamientos generales “marcados” por el proyecto del empirismo lógico (P. Núñez, C. Núñez & M. Núñez, 2008; P. Núñez, 2008; de Laplante, 2004).

Durante la segunda etapa, a partir de la década de 1950, comenzaban a desarrollarse los primeros experimentos conducidos en el campo (Hairston, 1989; Krebs, 1988). En general, en éstos se buscaba muestrear dos sitios, uno de ellos era usado como control y al otro se le aplicaba algún tratamiento (ver Hasler, Brynildson & Helm, 1951). De esta manera, el ecólogo comparaba ambos sitios en busca de diferencias entre la unidad tratada y la no tratada (el control). En otro diseño experimental se muestreaba un mismo sitio en dos momentos diferentes; antes y después de una perturbación no controlada (o de un impacto ambiental). Este diseño conocido como “*Before-After*” fue desarrollado por George Edward Pelham Box y George C. Tiao entre los 1965 y 1975. Un tercer diseño denominado “*Before-After-Control-Impact*” fue desarrollado alrededor de 1980 por Roger Harrison Green. Dicha propuesta consistía en muestrear dos sitios (uno control y el otro tratado) antes y después del tratamiento (Miao, Carstenn & Nungesser, 2009). En estos experimentos se consideraba no solo el

seguimiento sobre un sitio antes y después de una perturbación, sino también, la comparación con una unidad control.

Paulatinamente, en este segundo periodo, el experimento comenzaba a establecerse en todos los ámbitos de la disciplina (Mcintosh, 1982). Así, se agregaban a los experimentos conducidos en el laboratorio los experimentos realizados en el campo:

En los años sesenta la ecología de poblaciones se vio estimulada por el enfoque experimental de campo en el que se manipulaban poblaciones naturales para poner a prueba las predicciones emanadas de teorías ecológicas controvertidas. En estos años, la ecología se vio transformada de una ciencia estática y descriptiva en una ciencia dinámica y experimental en la que las predicciones teóricas y las experiencias de campo estaban interrelacionadas. Al mismo tiempo, los ecólogos se dieron cuenta de que las poblaciones no eran más que partes de un ecosistema mayor y de que necesitábamos estudiar las comunidades y los ecosistemas con el mismo enfoque experimental utilizado para las poblaciones. (Krebs, 1986, p. 28)

Según esta posición el experimento quedaba establecido como una “pieza” fundamental en la constitución de la científicidad de la ecología, alejando a la disciplina de los enfoques meramente descriptivos.

En cuanto a la última etapa de la periodización sugerida (que va de 1980 en adelante), se alertaba sobre las diferencias entre dos enfoques experimentales. Stuart Hurlbert en un artículo de 1984, de gran importancia para la disciplina, “Pseudoreplication and the design of ecological field experiments”, distinguía el experimento manipulativo (o controlado) del experimento mensurativo (u observacional). En relación a ello, Hargrove y Pickering mencionan:

El espacio o el tiempo son las únicas variables “experimentales” o “tratamientos” en estos estudios observacionales (“mensurativo” *sensu* Hurlbert, 1984). Los “tratamientos” en un experimento observacional están aislados unos de otros en el espacio y en el tiempo, mientras que los tratamientos en un experimento clásico siempre deben estar intercalados entre sí en el espacio y en el tiempo. Los estudios puramente observacionales sólo demuestran correlaciones y solos, no dan las bases para seleccionar entre varios modelos explicativos sobre los procesos subyacentes.

Los experimentos clásicos, en contraste con los estudios observacionales, son exclusivamente capaces de demostrar inequívocamente la causalidad (en un sentido práctico) con niveles de significación estadística. Cuatro criterios estrictos distinguen la experimentación clásica: los controles, la manipulación, la asignación al azar, y la replicación independiente. Diferentes unidades experimentales deben recibir diferentes tratamientos, y la asignación de tratamientos a las unidades experimentales debe ser al azar. Los experimentos clásicos son teóricamente neutrales, y permiten inferencias fuertes. (Hargrove & Pickering, 1992, p. 253)

Al comparar ambos enfoques quedan claramente establecidas sus diferencias. Donde el clásico experimento controlado permitió asignar diferentes tratamientos a las unidades experimentales, “detectando” inequívocamente el efecto de los mismos sobre las unidades tratadas (Peters, 1993). El experimento mensurativo solo habilitó a muestrear aquellas unidades en el tiempo y en el espacio (“tratamientos”) (Hurlbert, 1984). Esta primera gran división dentro del plano metodológico de la ecología, descansó sobre la idea de que el experimento manipulativo daba lugar al control de un fenómeno (o de un suceso), mientras que el experimento mensurativo permitía controlar un proceso de observación (Eberhardt & Thomas, 1991).

4 DISCREPANCIAS EPISTEMOLÓGICAS ENTRE EL EXPERIMENTO MANIPULATIVO Y EL EXPERIMENTO MENSURATIVO

Luego de haber transitado la intrusión de la experimentación dentro de la ecología y habiendo reconocido dos enfoques experimentales diferentes, resulta interesante destacar las implicancias epistemológicas que sobrevienen de la aplicación de uno u otro enfoque. Para dicho propósito, resultará significativo hacer mención de dos consideraciones generales. Por un lado, reconocer la definición de mecanismo comúnmente usado en la ecología³: el mecanismo es entendido

³ En general, la definición de mecanismo se encuentra acompañada por las definiciones de patrón y de proceso. En cuanto a la definición de patrón: eventos repetidos, entidades recurrentes, relaciones replicadas o trayectorias regulares e irregulares registradas en espacio y tiempo. En cuanto a la de proceso: conjunto de fenómenos

como un tipo especial de proceso en donde un conjunto de causas que refieren a una interacción directa se traduce en un fenómeno (adaptado de Pickett, Kolasa & Jones, 2007). En este sentido, se reconoce que mediante la noción de mecanismo ecológico se pretende dar cuenta de las causas que “subyacen” a los fenómenos (o sucesos) indagados. Por otro lado, resulta relevante destacar que el experimento puede ser empleado como un procedimiento para acceder (a través de una sucesión de ensayos) a las causas de los fenómenos estudiados (Boido, 1998; Martínez, 1995):

Quisiera volver a llamar la atención sobre el siguiente hecho: los diseños experimentales [...] pueden ser usados para descubrir relaciones causales desconocidas [...] Es decir [se los] usa como un instrumento de producción de conocimiento. (Samaja, 2008, p. 280)

En este punto, estamos en condiciones de reconocer las diferencias epistemológicas entre ambos enfoques experimentales. En cuanto al experimento manipulativo, parecería permitir el control de los fenómenos (o sucesos). Es decir, provocar por medio de una manipulación el suceso que se quiere indagar (en condiciones controladas por el investigador), resulto ser una “vía rápida” para analizar los fenómenos de interés. De aquí que ante la propuesta de un presunto mecanismo ecológico, el experimento manipulativo da lugar a su “reproducción” y si se quiere a su “desintegración” de modo tal de poder indagarlo o sondearlo. Pudiendo así, intervenir en el estudio de las causas:

Los ecólogos conducen experimentos [controlados] para llegar a la causalidad, para determinar las relaciones entre el patrón y el proceso [o los mecanismos]. Como en otras ciencias, la esencia de la experimentación es la simplificación: un control de las fuentes de variación extrañas, dejando sólo las relaciones causales expuestas. (Wiens, 2001, p. 62)

en donde los acontecimientos se suceden en el espacio y en el tiempo. Estos fenómenos pueden estar o no relacionados causalmente (por fenómeno entendemos: cualquier evento, suceso, entidad o relación de interés para el ecólogo) (adaptado de Pickett, Kolasa & Jones, 2007).

En cuanto al experimento mensurativo, no hay una intervención del ecólogo de modo que provoque un suceso de interés. Se trata más bien, de la detección de cierto fenómeno mediante una observación controlada. De aquí que ante un presunto mecanismo el enfoque mensurativo no permita profundizar sobre las causas del mismo, en la medida que no permite “reproducirlo”; sino inferirlo del registro realizado mediante la observación. Eberhardt y Thomas al comparar ambos enfoques mencionan:

En muchos aspectos, los mismos procedimientos matemáticos formales podrían ser empleados, pero los dos enfoques difieren marcadamente en la fuerza relativa de las inferencias en cuanto a causa y efecto. (Eberhardt & Thomas, 1991, p. 54)

La diferencia más radical descansa entonces, en que el experimento controlado ofrece la posibilidad de reproducir, estabilizar y desarrollar un suceso (o un fenómeno) a la vez que, relacionar sucesos distintos estableciendo e indagando las causas; mientras que el enfoque mensurativo permite únicamente inferir un mecanismo a partir de la observación controlada. Dichas diferencia proporciona una idea de por que el experimento manipulativo ocupó cierto “lugar de privilegio” en comparación con el experimento mensurativo (ver Hurlbert, 1984). Por último, es importante destacar que ambos enfoques dan lugar a la contrastación de hipótesis es decir, nada impide que una hipótesis referida a un mecanismo ecológico sea contrastada mediante una observación controlada o un experimento controlado.

Hasta aquí, hemos evaluado sumariamente las implicancias epistemológicas que sobrevienen de la aplicación de los dos enfoques presentados. A continuación mencionaré sobre la postura que propugna por una imposibilidad práctica de conducir experimentos manipulativos sobre escalas espaciales amplias.

5 ACERCA DE LA IMPOSIBILIDAD PRÁCTICA DE CONducIR UN EXPERIMENTO MANIPULATIVO SOBRE GRANDES DIMENSIONES FÍSICAS

Antes de avanzar en la dificultad que se le presentó a los experimentos controlados, resultará significativo hacer mención del “contexto teórico” en que tiene lugar dicho obstáculo. A finales de la dé-

cada de 1970 y comienzos de 1980, se presentaron dos estrategias o nociones teóricas de mucha repercusión dentro de la disciplina. El concepto de escala (espacial y temporal) y la teoría jerárquica:

El análisis de frases clave (“escala” y “teoría jerárquica”) sugiere que el reconocimiento del problema de la escala en la ecología ocurrió como el comienzo de un súbito cambio a finales de 1970 y principios de 1980. (Schneider, 2001, p. 552)

En términos generales, la escala fue definida cómo la dimensión física espacial y temporal de un fenómeno (un suceso) o de un objeto (Jaksic & Marone, 2007; Turner, Gardner & O’Neill, 2001). A partir de la elaboración de la teoría jerárquica y de la noción de escala, se ha señalado que si bien los mecanismos (o los procesos) no son dependientes de la escala, los mismos suelen ser preponderantes a una escala dada, o en un conjunto de ellas (Jaksic & Marone, 2007; Turner, Gardner & O’Neill, 2001; Forman, 1995). Ahora bien, si en efecto los mecanismos (o los procesos) ecológicos operan sobre un conjunto de escalas espaciales (y temporales) entonces, el plano teórico y el plano metodológico deben estar acoplados si se pretende testear determinada teoría (o hipótesis) por medio de un experimento. Es decir, debe haber una “equivalencia” entre la escala sobre la que actúa el mecanismo y la escala sobre la que se diseña el experimento. Dicho de otro modo, mecanismo y diseño experimental deben descansar sobre la misma escala (o en un conjunto de éstas), dado que el primero actúa predominantemente sobre un conjunto específico de dimensiones físicas:

Todos los estudios en ecología comienzan con un fenómeno específico o un conjunto de fenómenos que requieren una explicación. Por lo general, el caso es que muchos mecanismos potenciales pueden ser responsables de un patrón dado. Para entender un patrón ecológico particular, se debe identificar el subconjunto de los mecanismos potenciales que sean realmente responsables del patrón de interés. También es el caso de que cada mecanismo potencial puede actuar sobre un conjunto único de escalas [...] Cada mecanismo potencial, por lo tanto, es válido sobre un conjunto de escalas espaciales, temporales y del organismo. El conjunto de escalas sobre las cuales un mecanismo (o conjunto de mecanismos) es válido determina directamente la escala adecuada, espacial, temporal y del organismo para

las pruebas experimentales críticas de los mecanismos en cuestión. (Dunham & Beaupre, 1998, p. 36)

Según dicha posición, luego de la irrupción dada por la noción de escala y de la teoría jerárquica, se puede derivar que un mecanismo actúe preferentemente sobre dimensiones físicas grandes. Por tanto, si se quiere poner a prueba dicho mecanismo por medio de un experimento, ello conlleva al problema de tener que elaborar un diseño experimental que “respete” las escalas específicas sobre las que actúa ese mecanismo. Es en este contexto, que resulta interesante la siguiente pregunta: ¿es posible conducir un experimento manipulativo sobre dimensiones físicas amplias? Para aproximar una respuesta a dicha cuestión recurro a cierta postura que sostiene que la capacidad para controlar o manipular la naturaleza es alta en tanto y en cuando, se actúa sobre dimensiones físicas pequeñas. Pero en la medida que la dimensión física aumenta la capacidad de manipulación disminuye y los costos de su realización crecen (Odum & Barrett, 2008; Bernal, [1954], 1985). En otras palabras, según dicha posición el experimento manipulativo (o controlado) resultaría inviable sobre amplias escalas espaciales. Este obstáculo se ha puesto en evidencia sobre todo, en aquellas sub-disciplinas de la ecología que indagan fenómenos que descansan sobre grandes regiones geográficas (di Pasquo, Folguera & Onna, 2011). Este es el caso de la macroecología, sub-disciplina que profundizaré en la próxima sección.

6 LA MACROECOLOGÍA Y EL EXPERIMENTO MANIPULATIVO

A continuación indagaré lo que considero, es el eje central del trabajo propuesto: sobre el desplazamiento del enfoque manipulativo “ocupando su lugar” el enfoque mensurativo, en el contexto de las investigaciones ecológicas conducidas sobre grandes extensiones geográficas⁴. Con la consolidación de la macroecología entre la década de 1980 y 1990 (di Pasquo, Folguera & Onna, 2011) la ecología

⁴ La escala espacial es la dimensión física del área geográfica. En este sentido, entiendo que un área geográfica “amplia” se corresponde con una escala espacial “amplia”.

incorporó en su seno una sub-disciplina⁵ que se caracterizó por indagar fenómenos que descansan sobre amplias escalas espaciales (y temporales):

Yo y muchos otros se han enfocado en la investigación macroecológica sobre los problemas conceptuales y las escalas espaciales y temporales grandes que la ecología experimental, generalmente no ha tratado. (Brown, 1999, p. 4)

Es en el contexto de dicha sub-área, que el experimento manipulativo resultaría insuficiente o muchas veces, inviable. En uno de los libros fundamentales del área, James H. Brown escribe:

La macroecología difiere de la mayor parte de la ecología reciente y actual en su énfasis sobre el análisis de patrones estadísticos más que sobre la manipulación experimental [...]. Frecuentemente es impráctico, imposible o inmoral llevar a cabo experimentos controlados a las escalas espaciales o temporales necesarias para responder muchas preguntas básicas y aplicadas. (Brown, 2003, p. 25)

En el mismo libro se menciona: “A lo largo de las últimas décadas algunos ecólogos continuaron haciendo investigación no experimental excelente, especialmente a grandes escalas en las cuales la manipulación es impráctica” (Brown, 2003, p. 261).

Otros autores también se han referido a la imposibilidad de conducir manipulaciones sobre amplias dimensiones físicas:

Hay varias consecuencias de esto, pero una de las más importantes es que la opción de utilizar experimentos manipulativos se reduce. Los sistemas macroecológicos son simplemente demasiado grandes para que la mayoría de estos experimentos sean posibles (en la práctica o económicamente) o éticos. Esta inhabilidad para aplicar las manipulaciones experimentales es una razón por la cual se ha criticado el enfoque macroecológico. Sin embargo, todavía hay maneras de estudiar patrones y procesos a gran escala en los sistemas ecológicos. (Blackburn, 2004, p. 402)

O bien:

⁵ Otra sub-disciplina de la ecología que se consolidó recientemente y que se caracterizó por indagar fenómenos que descansan sobre amplias escalas espaciales es la ecología del paisaje (ver di Pasquo, Folguera y Onna, 2011).

El problema de probar las hipótesis macroecológicas deriva en parte de las dificultades de la experimentación. El estudio de la ecología ha llegado a ser dominado por los experimentos manipulativos. Sin embargo, la oportunidad para la investigación experimental disminuye enormemente a escalas geográficas. En el mejor de los casos no es ético, y en el peor imposible manipular los sistemas en las escalas de interés para los macroecólogos. (Gaston & Blackburn, 1999, pp. 360-361)

En el mismo sentido de las citas anteriores, Martin Kent señala:

Durante los últimos 20 años más o menos, la ecología experimental que usa el método científico deductivo ha dominado la ecología y la biología. Esto significa que los experimentos manipulativos cuidadosamente controlados con adecuados diseños estadísticos y replicación son empleados. Por el contrario, una gran cantidad de trabajos macroecológicos emplean un enfoque más inductivo y descriptivo/observacional, a menudo basado en múltiples hipótesis de trabajo. (Kent, 2005, p. 257)

A la vez que se reconocía la insuficiencia del experimento manipulativo en el contexto de las investigaciones macroecológicas conducidas sobre grandes regiones geográficas, se elogiaba el enfoque experimental mensurativo:

Las principales ventajas de los experimentos naturales y los experimentos de la naturaleza son dos. En primer lugar, son probablemente las únicas maneras en que los experimentos pueden ser directamente realizados en las escalas temporales y espaciales de interés para los macroecólogos. En segundo lugar, tienen la ventaja de que el sistema experimental será probablemente más realista que la de cualquier manipulación de laboratorio o de campo: el sistema de estudio es una entidad natural. Así, mientras que es más difícil extraer conclusiones firmes a partir de los experimentos naturales, esas conclusiones que pueden extraerse son probablemente más relevante para los sistemas naturales. Por el contrario, mientras que los experimentos manipulativos puede dar pruebas muy precisas a preguntas específicas, lo hacen en sistemas que son generalmente muy simplificados en relación con el mundo “real”. Estos resultados pueden carecer de amplia generalidad. Los experimentos naturales y los experimentos en la naturaleza no son, por lo tanto, relaciones, simplemente pobres de los enfoques más controlados. (Blackburn, 2004, p. 404)

O también:

Brown y Maurer (1989) demostraron que los estudios observacionales no necesariamente resultan en una inferencia débil si son lo suficientemente ricos en datos y con un alcance suficientemente amplio para realizar múltiples predicciones sobre nuevos patrones y procesos. (Smith *et al.* 2008, p. 121)

Según esta posición los estudios observacionales o mensurativos (ej. experimentos naturales o experimentos en la naturaleza⁶) donde el investigador no interviene manipulando o controlando el sistema de interés, resultan una “vía” más efectiva y por tanto, con resultados más fácilmente extrapolables a los sistemas naturales:

Un aspecto quizás paradójico de ellos es que representan experimentos no controlados, pero en este respecto son mucho más cercano a la situación del “mundo real” que la mayoría de los experimentos manipulativos altamente controlados dentro de la ecología reduccionista. (Kent, 2005, p. 258)

Según las referencias citadas se pueden hacer al menos dos aseveraciones de interés a los fines de la hipótesis planteada. Por un lado, se sigue cierto “abandono” de los experimentos manipulativos en el contexto de las investigaciones conducidas sobre grandes dimensiones físicas a la vez, se reconoce un “privilegio” de los enfoques mensurativos.

7 DISCUSIÓN

En cuanto al camino sugerido resulta interesante destacar que desde la década de 1930 hasta la década de 1980 se concreto *grosso modo* la incorporación del experimento a la ecología, “invadiendo” sus diferentes áreas del conocimiento. Asimismo, éste fue considerado una pieza fundamental en la constitución de la científicidad de la disciplina. Tal incorporación tuvo una doble función, por un lado

⁶ Según Blackburn, los “experimentos naturales” se realizan considerando los cambios producidos por fenómenos naturales dentro de un sistema dado. Mientras que los “experimentos en la naturaleza” se llevan a cabo considerando los cambios producidos por actividades humanas (Blackburn, 2004, p. 403).

acerco a la ecología a los estándares impuestos por el empirismo lógico y por otro, la alejó de aquellos estudios exclusivamente descriptivos.

Fue a partir de la década de 1980 que se reconocieron las diferencias entre dos clases de experimentos: los manipulativos y los mensurativos. Las consecuencias epistemológicas que suponían la implementación de uno u otro enfoque fueron distintas. Mientras el experimento manipulativo proporcionó un modo de provocar, controlar y desarmar un suceso a la vez que posibilitó fijar relaciones entre estos; el enfoque mensurativo sólo permitió el registro de los sucesos (o de los fenómenos). De aquí que el primero y no el segundo, dio lugar al análisis y al establecimiento de las causas, es decir al sondeo de presuntos mecanismos ecológicos. Por ello, los experimentos manipulativos ocuparon un “lugar central” en la disciplina respecto de los experimentos mensurativos. Sin embargo, prácticamente al mismo tiempo que se reconocía el “valor” de los experimentos controlados, se daba inicio al desarrollo de la macroecología, ámbito en el cual se producirá una “inversión” entre los enfoques presentados. En dicha sub-disciplina, el enfoque mensurativo ocuparía un lugar central mientras que el enfoque manipulativo sería desplazado. Al respecto, resulta importante destacar que la “inversión” sugerida se sostuvo a pesar de dos aspectos esencialmente negativos al seno de la propia ecología. Por un lado, el enfoque mensurativo se alejaba del experimento entendido en un sentido estricto, tal como había sido concebido por el empirismo lógico. Por otro lado, como ya fue mencionado, dicho enfoque tuvo asociada cierta imposibilidad epistémica de indagar las causas de los fenómenos ecológicos considerados.

Ahora bien, una primera revisión del asunto sugiere que la transformación propuesta en el plano metodológico fue acompañada, en parte, por la incorporación de nuevas estrategias a la disciplina: la noción de escala y la teoría jerárquica. A partir de estas estrategias teóricas se reconoció que los experimentos debían ser conducidos sobre el mismo conjunto de escalas espaciales (y temporales) donde el mecanismo actúa. De aquí, que los experimentos manipulativos quedarían restringidos a las investigaciones conducidas sobre pequeñas dimensiones físicas (donde la manipulación es factible), mientras que

los experimentos mensurativos resultaron viables y “más realistas” en aquellas investigaciones realizadas sobre amplias escalas espaciales.

Referências bibliográficas

- BERNAL, John D. *La ciencia en la historia* [1954]. 7. ed. México, DF: Nueva Imagen, 1985.
- BLACKBURN, Tim M. Method in macroecology. *Basic and Applied Ecology*, **5**: 401-412, 2004.
- BOIDO, Guillermo. *Noticias del planeta Tierra: Galileo Galilei y la revolución científica* [1996]. 3. Ed. Buenos Aires: AZ editorial, 1998.
- BROWN, James H. Macroecology: progress and prospect. *Oikos*, **87**: 3-14, 1999.
- BROWN, James H. *Macroecología*. México, DF: Fondo de Cultura Económica, 2003.
- CLELAND, Carol E. Methodological and epistemic differences between historical science and experimental science. *Philosophy of Science*, **69**: 474-496, 2002.
- CRUZ, Leila; ROCHA, Pedro; EL-HANI, Charbel. A prática científica na ecologia de comunidades: diálogos entre empirismo e teoria na literatura científica. *Filosofia e História da Biologia*, **2**: 257-278, 2007.
- DAJOZ, Roger. *Tratado de ecología*. Madrid: Mundi-Prensa, 2002.
- DE LAPLANTE, Kevin. Toward a more expansive conception of ecological science. *Biology and Philosophy*, **19** (2): 263-281, 2004.
- DI PASQUO, Federico M.; FOLGUERA, Guillermo; ONNA, Alberto. La ecología disciplinar y la intrusión de la problemática ambiental: hacia la “percepción de fenómenos globales”. *Observatorio Medioambiental*, **14**: 21-39, 2011.
- DUNHAM, Arthur E.; BEAUPRE, Steven J. Ecological Experiments: scale, phenomenology, mechanism and the illusion of generality. Pp. 27-49, in: RESETARITS, William J. Jr. y BERNARDO, Joseph (eds.). *Experimental ecology: issues and perspectives*. Oxford: Oxford University Press, 1998.
- EBERHARDT, L. L.; THOMAS, J. M. Designing environmental field studies. *Ecological Monographs*, **61** (1): 53-73, 1991.
- FORMAN, Richard T. T. Some general principles of landscape and regional ecology. *Landscape Ecology*, **10** (3): 133-142, 1995.

- GASTON, Kevin J.; BLACKBURN, Tim M. A critique for macroecology. *Oikos*, **84**: 353-368, 1999.
- HACKING, Ian. *Representing and intervening*. Cambridge: Cambridge University Press, 1983.
- HAHN, Hans; NEURATH, Otto; CARNAP, Rudolf. Wissenschaftliche Weltauffassung, der Wiener Kreis [1929]. Pp. 81-101, in: NEURATH, Otto. *Wissenschaftliche Weltauffassung Sozialismus und Logischer Empirismus*. Edited by Rainer Hegselmann. Frankfurt: Suhrkamp, 1979.
- HAIRSTON, Nelson G. Sr. *Ecological experiments: purpose, design and execution*. Cambridge: Cambridge University Press, 1989.
- HARGROVE, William W.; PICKERING, John. Pseudoreplication: a *sine qua non* for regional ecology. *Landscape Ecology*, **6** (4): 251-258, 1992.
- HASLER, Arthur D.; BRYNILDSON, O. M.; HELM, William T. Improving conditions for fish in brown-water bog lakes by alkalization. *Journal of Wildlife Management*, **15**: 347-352, 1951.
- HURLBERT, Stuart H. Pseudoreplication and the design of ecological field experiments. *Ecological Monographs*, **54** (2): 187-211, 1984.
- JAKSIC, Fabian; MARONE, Luis. *Ecología de comunidades*. Santiago: Universidad Católica de Chile, 2007.
- KENT, Martin. Biogeography and macroecology. *Progress in Physical Geography*, **29** (2): 256-264, 2005.
- KINGSLAND, Sharon E. Defining Ecology as a Science. Pp. 1-13, in: REAL, Leslie; BROWN, James H. (eds.). *Foundations of Ecology: classic papers with commentaries*. Chicago: University of Chicago Press, 1991.
- KLIMOVSKY, Gregorio. *Las desventuras del conocimiento científico* [1994]. 7. ed. Buenos Aires: AZ Editorial, 2011.
- KREBS, Charles J. Ecología. *Análisis experimental de la distribución y abundancia*. Madrid: Piramide, 1986.
- _____. The experimental approach to rodent population dynamics. *Oikos*, **52**: 143-149, 1988.
- LAWTON, John H. Ecological experiments with model systems. *Science*, **269**: 328-331, 1995.
- MARTINEZ, Sergio F. La autonomía de las tradiciones experimentales como problema epistemológico. *Crítica*, **27** (80): 3-

- 48, 1995.
- McINTOSH, Robert P. The background and some current problems of theoretical ecology. Pp. 1-61, *in*: SAARINEN, Esa (ed.). *Conceptual issues in ecology*. London: D. Reidle Publishing Company, 1982.
- _____. *The background of ecology: concept and theory* [1985]. 5. ed. United States of America: Cambridge University Press, 1995.
- MIAO, ShiLi; CARSTENN, Susan; NUNGESSER, Martha. Introduction: Unprecedented challenges in ecological research: past and present. Pp. 1-18, *in*: MIAO, ShiLi; CARSTENN, Susan; NUNGESSER, Martha (eds.). *Real world ecology: large-scale and long-term case studies and methods*. New York: Springer Science, 2009.
- NAGEL, Ernest. *La estructura de la ciencia* [1961]. Barcelona: Paidós, 2006. (Colección Surcos)
- NÚÑEZ, Paula G. *Ecología y praxis ambiental: una revisión de presupuestos*. Buenos Aires, 2008. Tesis Doctoral – Facultad de Humanidades y Ciencias de la Educación, Universidad Nacional de La Plata.
- NÚÑEZ, Paula G.; NÚÑEZ, Cecilia I.; NÚÑEZ, Martín A. La ecología en tensión: una indagación histórica del presente de la disciplina. *Observatorio Medioambiental*, **11**: 13-24, 2008.
- ODUM, Eugene P.; BARRETT, Gary W. *Fundamentos de Ecología*. México: Cengage Learning Editores, 2008.
- PETERS, Robert H. *A critique for ecology* [1991]. 3. ed. Cambridge: Cambridge University Press, 1993.
- PICKETT, Steward T. A.; KOLASA, Jurek; JONES, Clive G. 2. ed. *Ecological understanding: the nature of theory and the theory of nature*. Burlington, MA: Academic Press, 2007.
- SAMAJA, Juan. *Epistemología y metodología: elementos para una teoría de la investigación científica*. Buenos Aires: Eudeba, 2008.
- SCHNEIDER, David C. The rise of the concept of scale in ecology. *BioScience*, **51** (7): 545-554, 2001.
- SMITH, Felisa A.; LYONS, Kathleen S., MORGAN, Ernest S. K.; BROWN, James H. Macroecology: more than the division of food and space among species on continents. *Progress in Physical Geography*, **32** (2): 115-138, 2008.
- TURNER, Monica G.; GARDNER, Robert H.; O'NEILL, Robert V. *Landscape ecology in theory and practice: pattern and process*. New

York: Springer-verlag, 2001.

WIENS, John A. Understanding the problem of scale in experimental Ecology. Pp. 61-88, *in*: GARDNER, Robert H.; KEMP, Michael W.; PETERSEN, John E.; KENNEDY, Victor S. (eds.). *Scaling relations in experimental ecology*. New York: Columbia University Press, 2001.

Data de submissão: 27/04/2012.

Aprovado para publicação: 14/06/2012.