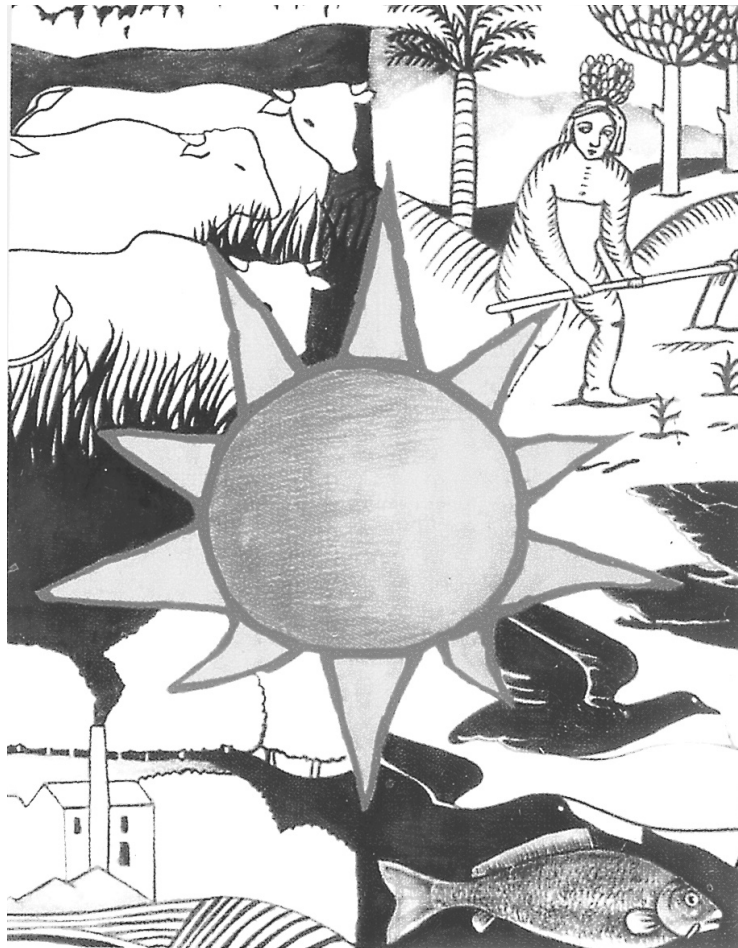


COMENTARIO

ECOLOGÍA APLICADA Y CIENCIAS AMBIENTALES

Applied ecology and environmental sciences

Andrés Muñoz-Pedrerros¹⁻² & Jaime Rau²⁻³



¹Escuela de Ciencias Ambientales. Facultad de Ciencias, Universidad Católica de Temuco, Casilla 15-D Temuco, Correo electrónico: amunoz@uct.cl. ²Centro de Estudios Agrarios y Ambientales CEA, Casilla 164 Valdivia, Chile. ³Laboratorio de Ecología, Departamento de Ciencias Básicas, Universidad de Los Lagos, Osorno, Chile. Correo electrónico: jaimerau@ceachile.cl

RESUMEN

Muchos de los primeros logros de la ecología aplicada provinieron de la agricultura, las pesquerías y la salud pública. Así, la ecología debiera ser una ciencia de la realidad ambiental. Sin embargo, entre los ecólogos pareciera no tener mayor importancia preguntarse si las hipótesis, teorías y paradigmas con que ella opera se aplican, realmente, al ser humano. Si lo último fuese cierto, entonces se podrían tender puentes sólidos entre esta disciplina y las Ciencias Sociales. Por otro lado, las Ciencias Ambientales contribuyen tanto al desarrollo económico como al bienestar humano sobre una base ecológicamente sustentable. Actualmente, la mayoría de los practicantes de la ecología aceptan la dicotomía entre ecología básica y aplicada. En este comentario retornamos al viejo aforismo de Pasteur: “Hay ciencias y aplicaciones de la ciencia, unidas entre sí como el fruto al árbol que lo ha llevado”.

Palabras claves: ecología aplicada, ciencias ambientales.

ABSTRACT

Many of the first developments of applied ecology came from agriculture, fisheries and public health. Thus, ecology should be a science of the environmental reality. Nevertheless, among ecologists it seems that they do not give great importance in questioning themselves if their hypotheses, theories and paradigms are applied, really, to human being. If the late were true, then solid bridges between this discipline and the Social Sciences could be tended. On the other hand, the Environmental Science makes a great contribution to the economic development on an ecologically sustainable basis. At present, most of the ecology practitioners accept the dichotomy between basic and applied ecology. In this commentary we go back to Pasteur’s old aphorism: “There are sciences and applications of science, linked between them like the fruit to the tree that held it”.

Key words: applied ecology, environmental science.

No existe una categoría de ciencia a la cual se le de el nombre de ciencia aplicada; hay ciencia y aplicaciones de la ciencia, unidas entre sí como el fruto al árbol que lo ha llevado.

Louis Pasteur

En su clásico texto de Ecología, Krebs (1985) plantea que muchos de los primeros logros de la ecología provinieron de la agricultura, la pesca y la medicina aplicadas. Los trabajos relativos a las plagas de insectos que atacan a los cultivos han sido una fuente importante de ideas, y la regulación de su población es un problema fundamental que se ha estudiado desde hace tiempo. En años siguientes, el conocimiento creciente del parasitismo y la depredación por parte de los insectos dio origen a muchas introducciones de parasitoides en todo el mundo con la esperanza de controlar plagas agrícolas autóctonas o alóctonas.

Las investigaciones médicas acerca de enfermedades infecciosas como el paludismo, alrededor de la última década del siglo pasado, dieron origen a la epidemiología y al interés por el estudio de la diseminación de enfermedades en las poblaciones. Para controlar adecuadamente el paludismo era necesario conocer en detalle la ecología de los mosquitos que lo transmiten. Los trabajos de Ross (1908, 1911, citados en Krebs 1985) fueron los primeros que intentaron describir matemáticamente la propagación de esta enfermedad.

En la actualidad la ecología, nuevamente, hace un aporte decisivo, ya no sólo en el control de plagas silvoagropecuarias, sino que también en la salud humana al ayudar a comprender la epidemiología de enfermedades emergentes y recurrentes, tales como: hantavirus, leptospirosis y rabia hidrofóbica. El conocimiento acumulado por los ecólogos de poblaciones y comunidades de micromamí-

feros se ha tornado fundamental para entender e intentar controlar los reservorios de estas enfermedades (e.g., roedores silvestres). La ecología de la producción se derivó de la agricultura. Bradley (citado en Krebs 1985) identificó las similitudes fundamentales de la producción de plantas y animales y propuso métodos para llevar al máximo las cosechas (y con ellas las utilidades) en la producción de uvas, árboles, aves de corral, conejos y peces. El marco de referencia conceptual empleado por Bradley (inversión monetaria versus utilidades) es susceptible de ser aplicado a cualquier organismo, y este problema del rendimiento óptimo es parte importante de la ecología aplicada.

En estos términos, al comienzo del siglo XX la ecología ya estaba en camino de convertirse en una ciencia, al reconocer los problemas generales de las poblaciones y las comunidades. Las raíces de la ecología residen en la historia natural, la demografía humana, la biometría (enfoque matemático) y los problemas aplicados de la agricultura y la medicina (Krebs 1985).

Sin embargo, no fue sino hasta la década de 1960 que se consideró a la ecología como una ciencia importante. El continuo incremento de la población humana y la destrucción concomitante del medio natural con pesticidas y contaminantes ha llamado la atención pública respecto de la ecología. Gran parte de este interés reciente se centra en el medio ambiente construido y la ecología humana. Por esto, la ecología debe ser una ciencia de la realidad ambiental, así como la física lo es respecto de la ingeniería. Así, al igual que estamos limitados por las leyes de la física al construir aeronaves y puentes, lo debemos estar por los principios de la ecología al modificar el ambiente (Krebs 1985).

En ecología parece estar ocurriendo un cambio de actitud ante los paradigmas tradicionales (Allen & Starr 1982, Wiens 1990,

Camus 1992), y es evidente la necesidad de incorporar nuevos y mejores marcos teóricos. Estos «nuevos» enfoques son una alternativa a las aproximaciones tradicionales, y a menudo, es necesario recurrir a una evaluación epistemológica de la forma en que la observación empírica es obtenida y elaborada (Camus 1992).

Cada vez con más frecuencia en la literatura ecológica hay referencias a que los sistemas naturales son más complejos de lo que inicialmente se pensó, pero esto no implica haber «descubierto» más complejidad sino que la manera de analizarla ha sido inadecuada. Las metodologías reduccionistas corren el riesgo de simplificar o tergiversar, en casos extremos, la interpretación de procesos y patrones en la naturaleza (Allen & Starr 1982).

Según Armesto (1995) los fenómenos que caracterizan a los sistemas ecológicos son de naturaleza histórica, es decir en gran medida los patrones y los cambios observados en un tiempo determinado están restringidos por estados previos del sistema. Para evaluar en forma inequívoca si un determinado cambio en un sistema ecológico es el producto de una causa postulada (e.g., factor ambiental, impacto humano), es preciso tener un conocimiento acabado de la historia de aquellos cambios, usualmente dinámicos (e.g., florecimiento de la gramínea quila *Chusquea quila* Kunth, fenómeno climático del Niño), precedentes del sistema.

Por otro lado, los efectos de impactos antrópicos (e.g., contaminación industrial) sobre sistemas ecológicos no pueden ser claramente separados de otros efectos (e.g., fluctuaciones climáticas), sin una línea de base de información previa sobre el comportamiento del sistema, colectados durante un período prolongado de monitoreo. Los estudios de línea de base y el monitoreo de los sistemas y procesos permiten establecer los límites de variabilidad natural del ecosistema (Armesto 1995).

Ecología y ciencias sociales

Las comunicaciones entre la ecología y las ciencias sociales (e.g., sociología, ciencias políticas, economía) son débiles y fraccionadas pero podrían reforzarse de manera importante si en las aproximaciones ecológicas se considerara más frecuentemente al ser humano como parte esencial del sistema natural (Castilla 1999). Aún cuando dichas comunicaciones existan, para que se produzca un sinergismo entre ambas, que vaya más allá que la pura suma o intercambio de información, la sociedad debe estar dispuesta a afrontar las consecuencias que emergen de dicha ecuación global de Ciencia Natural y Ciencia Social. De nada sirve tender puentes entre ambas ciencias si finalmente la información generada no se utiliza en forma adecuada.

Norton (1995) y Castilla (1999) indican que la gran mayoría de los ecólogos en las universidades están enfrascados en desentrañar los mecanismos y procesos asociados a las interacciones ecológicas y a explicar los patrones observados en la naturaleza y el balance natural (si es que tal balance realmente existe). En muy menor medida existen intereses científicos para considerar al ser humano como parte integral del complejo natural. Se tiende a dar por descartado que las acciones del ser humano en la naturaleza sobrepasan en tal medida a aquellas ejercidas por otras especies, o que pueden ser arbitrariamente modificadas en tal forma, que en el fondo no tiene sentido estudiarlas. Entre los ecólogos parecería no tener mayor importancia preguntarse, por ejemplo, si las hipótesis, teorías y paradigmas con que opera la ecología moderna se aplican realmente al ser humano; o en qué medida lo hacen, o si acaso es necesario tener un nuevo conjunto de teorías y paradigmas. No cabe duda que se debe seguir realizando ciencia ecológica básica de primer nivel para descubrir dichos mecanismos y los procesos ecológicos

que expliquen los patrones; pero al mismo tiempo, y con igual énfasis, se debería profundizar en aquellas investigaciones tendientes a determinar los papeles ecológicos que juega el ser humano dentro de la trama de especies. Mientras lo primero y lo segundo no se conjuguen, difícilmente se podrán tender puentes entre la Ecología y las Ciencias Sociales.

Castilla (1999) indica que: no resulta fácil extrapolar descubrimientos directamente desde la ciencia ecológica básica hacia aplicaciones y usos en la dimensión de la sociedad humana; sobre todo cuando se trata de la dimensión ambiental o aquella relacionada con el manejo de los recursos naturales renovables”. Esto no es necesariamente así para otras ramas de las ciencias biológicas. Lo central en la confrontación de los problemas precedentes es que la ecología tiene referentes en actividades interrelacionadas que abarcan muchas especies, el ser humano incluido, que coexisten en ecosistemas; mientras que la economía trabaja con principios unidireccionales opuestos y se refiere a procesos de producción que remueven recursos desde los ecosistemas y los transforman en productos de consumo para el ser humano. Estas transformaciones requieren energía y los productos finales son desechos que no se pueden reciclar o no son utilizables. Paradójicamente, los ecosistemas naturales funcionan con procesos de reciclaje y no producen desechos no utilizables. Nuevas ramas disciplinarias como la Economía de Recursos Renovables están enfrentando recientemente estas problemáticas.

Las ciencias ambientales

Jaksic (1997) indica que una cosa es tener entrenamiento formal en ecología, investigar y proponer soluciones; otra, muy diferente, es poner en aplicación las soluciones propuestas. Usualmente los problemas ambientales se dan

en un complejo contexto social, económico, cultural y político. La mejor solución no siempre es la más factible y deben realizarse transacciones y compromisos que involucran componentes sectoriales y sociales muy divergentes. Este es el campo en donde debieran adquirir importancia las así llamadas ciencias ambientales.

El ámbito de las ciencias ambientales puede definirse como la búsqueda de conocimiento nuevo, de conceptualizaciones y explicaciones en el ámbito del medio ambiente humano y de proposición de soluciones concretas. Lo más característico de su accionar es la relación directa con la calidad de vida humana apoyada en la sustentabilidad del funcionamiento, a corto y largo plazo, de su base biofísica sobre el planeta. La definición de ciencias ambientales es estrictamente operacional: son ciencias que contribuyen al desarrollo socioeconómico (o bienestar humano) sobre una base ecológicamente sustentable. Las ciencias y profesiones que contribuyen a esta meta son múltiples y las ciencias ambientales constituyen la confluencia de distintos acercamientos disciplinarios al estudio y solución de problemas relacionados con la interacción hombre-ambiente. De hecho, el mayor desafío para las ciencias ambientales está en la materialización de un enfoque interdisciplinario y que logre llegar a ser integrado.

De acuerdo a la definición propuesta, cualquier interacción hombre-ambiente es objeto de estudio para las ciencias ambientales. Sin embargo, situándose en el contexto de Chile (y sólo a modo de ejemplo), es posible identificar y realizar un lineamiento de los problemas ambientales que con mayor urgencia requieren ser enfrentados en este país. Jaksic (1997) detalla algunos de los siguientes problemas que abordan las ciencias ambientales: (a) *Planificación territorial y desarrollo sustentable*, con participación de demógrafos, geógrafos, ecólogos, sociólogos, arquitectos,

urbanistas y economistas de recursos naturales, quienes son los principales profesionales que debieran hacerse cargo de estas labores. (b) *Contaminación del aire, agua y suelos*, asumido por ingenieros ambientales, médicos, epidemiólogos, climatólogos, ecotoxicólogos, ingenieros agrónomos y químicos, entre otros. (c) *Cambio climático global*, con gran diversidad de participación de especialistas, entre otros, químicos atmosféricos, climatólogos, geólogos, glaciólogos, hidrólogos, oceanógrafos, paleontólogos, antropólogos, arqueólogos, dendrólogos, ecólogos, botánicos y zoólogos. (d) *Gestión de recursos naturales renovables*, tema en que participan biólogos en gestión de recursos naturales, botánicos, zoólogos, ecólogos, genetistas, ingenieros agrónomos, civiles, forestales, en acuicultura y en pesca, así como médicos veterinarios, todos los cuales pueden contribuir a emitir pronunciamientos sobre la lógica y medios que permiten mantener una producción y manejo sustentables de los recursos naturales renovables, además de conservar la biodiversidad ante las presiones del desarrollo tradicional (no sustentable).

Jaksic (1997) opina que un aspecto que limita severamente la integración interdisciplinaria es la escasa formación general de los científicos y profesionales. Se echa de menos un conocimiento básico de amplio espectro que facilite el intercambio transdisciplinario de ideas y que ayude a detectar la necesidad o conveniencia de consultar con el especialista adecuado. Con frecuencia, la ignorancia del quehacer de los demás lleva a sobresimplificar la problemática ambiental, incurriéndose así en errores u omisiones importantes y en una trivialización del debate ambiental.

Ecología básica y ecología aplicada

Según Vásquez (1993) la ecología se divide en varias ramas, entre las que se cuentan: la

autoecología (estudio de las relaciones entre un solo tipo de organismo y el medio en que vive), la sinecología (estudio de las relaciones entre diversas especies pertenecientes a un mismo grupo y el medio en que viven), la dinámica de poblaciones (estudia las causas y modificaciones de la abundancia de especies en un medio dado), la ecología de comunidades (estudia los fenómenos que ocurren entre un grupo de poblaciones de distintas especies, que habitan sincrónicamente en un mismo lugar, sensu Jaksic 2001), la ecología aplicada (tendencia moderna de conservación de la naturaleza y el equilibrio de ésta en el medio ambiente humano rural y urbano) y la ecología de sistemas (que emplea las matemáticas y la estadística para la formulación de modelos computacionales para lograr la comprensión de la compleja “trama de la vida”).

Prácticamente todos los ecológicos de relevancia internacional han aceptado la disgregación entre ecología básica y aplicada. Krebs (1985) dedica varios capítulos de su tratado a temas, por él mismo rotulados como ecología aplicada (e.g., rendimientos óptimos, control biológico). Pianka (1982) autodefine su campo de acción y su libro “Ecología Evolutiva” como ecología básica.

La ecología aplicada ha ido cobrando mucha fuerza, de hecho en los EE.UU. la “Ecological Society of America (ESA)” y la edición de revistas ISI, tales como: *Journal of Applied Ecology*, *Forest Ecology and Management*, *Ecological Applications*, entre otras, así lo prueban. Esto, pese a que algunos autores como Wiens (1990) se resisten a la división entre ecología básica y aplicada, porque ahondaría la separación entre una ecología académica excluyente del ser humano en sus análisis, y que estaría refugiada en las universidades; versus una ecología aplicada más cercana a las ciencias ambientales amparada en los organismos del Estado y algunos organismos no gubernamentales (ONG) vinculados

al manejo, conservación y producción de los recursos naturales.

Esta disgregación, según Wiens (1990), tendería a incrementar las suspicacias y acusar a los ecólogos aplicados de “poco científicos”, mientras que los ecólogos básicos serían tildados de simples “soñadores desconectados de la realidad y los problemas concretos del ser humano”. Wiens (1990) aboga por una fuerte tendencia a considerar como “aplicada” a gran parte de la ecología contemporánea.

La “fusión” interdisciplinaria ha dado paso a nuevas áreas disciplinarias que son mucho más que la simple suma de las partes. A estas nuevas disciplinas es lícito denominarlas parte de la ecología aplicada (e.g., gestión de recursos naturales, ingeniería ambiental, restauración ecológica). Para más ejemplos, las ciencias agrícolas tradicionales, unidas a la ecología de sistemas agrarios, han dado paso a una ciencia más bien holística denominada agroecología (o ecología agrícola); la toxicología analizada desde perspectivas ecológicas y contextualizada en ecosistemas específicos ha dado paso a la ecotoxicología; la geografía ha convergido con la ecología en una poderosa visión del territorio plasmada en la ecología del paisaje y la geoecología. Por último, la confluencia de los impactos antrópicos y la ecología de los sistemas naturales y construidos ha dado paso a la ecología ambiental y a la ecología industrial o ingeniería ecológica (véanse Altieri 1981, Nebel & Wrigth 1999).

Hemos trabajado, por más de dos décadas con ensambles de micromamíferos, especialmente con roedores silvestres y siempre pensamos y así lo entendía nuestro entorno, que estábamos haciendo ecología básica. Sin embargo emergió el síndrome cardiopulmonar generado por el Hantavirus y cuyo reservorio es un roedor silvestre, y nos convertimos, casi en forma instantánea, en ecólogos aplicados y ahora también frecuentamos congresos y eventos de epidemiólogos, infectólogos y

especialistas en salud pública. Lo paradójal es que seguimos haciendo lo mismo: ecología de ratones silvestres. Hemos, así, regresado a la idea de Pasteur: *hay ciencia y aplicaciones de la ciencia, unidas entre sí como el fruto al árbol que lo ha llevado.*

AGRADECIMIENTOS

Los autores agradecen a Javier Simonetti (Universidad de Chile) por sus comentarios al manuscrito.

LITERATURA CITADA

- ALLEN THF & TB STARR (1982) Hierarchy. Perspectives for ecological complexity. The University of Chicago Press, Chicago, Illinois. EE.UU.
- ALTIERI M (1981) Agroecología. Editorial Solar, Santiago de Chile. 190 pp.
- ARMESTO J (1995) Fundamentos y necesidades para un programa de estudios de largo plazo en ecología en Chile. *Revista Chilena de Historia Natural* 68: 5-11.
- CAMUS P (1992) El análisis jerárquico y su uso conceptual en Ecología. *Revista Chilena de Historia Natural* 65: 287-296.
- CASTILLA JC (1999) La ciencia ecológica y su proyección en la sociedad. *Revista Chilena de Historia Natural* 72: 161-167.
- JAKSIC F (1997) Ecología, ecólogos y ciencias ambientales. *Revista Chilena de Historia Natural* 70: 177-180.
- JAKSIC F (2001) Ecología de comunidades. Ediciones Universidad Católica de Chile, Santiago de Chile. 233 pp.
- KREBS C (1985) Ecología: estudio de la distribución y la abundancia. Harla, México, D.F.
- NEBEL BJ & RT WRIGTH (1999) Ciencias ambientales. Ecología y desarrollo sostenible. Prentice Hall, sexta edición, México. 698 pp.
- NORTON BG (1995) Improving ecological communication: the role of ecologists in environmental policy formation. *Ecological Applications* 5: 350-364.

- PIANKA E (1982) *Ecología Evolutiva*. Ediciones Omega, Barcelona, España.
- VASQUEZ GA (1993) *Ecología y formación ambiental*. McGraw-Hill, México.
- WIENS JA (1990) Ecology 2000: an essay on future directions in Ecology. *Revista Chilena de Historia Natural* 63: 309-315.