

REVISION

La Eco-Fisiología vegetal, su estructura científica, sus alcances y sus proyecciones

A. Soriano

RESUMEN

El objeto de este artículo es presentar algunas ideas sobre: la estructura científica, los alcances y las proyecciones de la Eco-fisiología. El tema es abordado a través de tres preguntas: 1) ¿Representa la Eco-fisiología una empresa de real integración interdisciplinaria?, 2) ¿Cuáles son los alcances de la Eco-fisiología? y 3) ¿A qué actividades de búsqueda científica y de problemas actuales está vinculada la Eco-fisiología?

Del primer cuestionamiento surge otra pregunta; ¿Qué es lo que sus practicantes esperan de la Eco-fisiología?. Al respecto se discuten algunas respuestas: a) Una posibilidad de reducir las teorías, b) Una alimentación recíproca de preguntas, información, metodologías, etc. c) Una mejor composición para comprender conceptos tales como adaptación, competencia, stress o disturbio, d) Un marco explícito para identificar cuestiones que tienen que ver con el funcionamiento y el comportamiento de los individuos en sus relaciones inter e intra específicas.

Respecto a los alcances de la Eco-fisiología se discute en término a los distintos niveles de complejidad, desde los metabólicos hasta los moleculares de un rango adaptativo.

Se analiza un inventario de los alcances de la Eco-fisiología y se perfilan algunas de sus vinculaciones con problemas y cuestiones de índole científica y práctica que se plantean en la actualidad.

Palabras Clave: Niveles de organización; reduccionismo; ecofisiología del estrés; percepción del ambiente.

A. Soriano, 1992. Plant. ecophysiology, its scientific structure and its scopes and projections. Agriscientia. IX, N° 1 : 37-40.

SUMMARY

The purpose of this presentation is to discuss some ideas on scientific structure and the scope and projections of Ecophysiology. The topic is approached by asking three questions: 1) Does Ecophysiology provide an actual interdisciplinary integration? 2) What is the scope of Ecophysiology and 3) To which aspects of scientific research and current problems is Ecophysiology related to?

The first question leads to another: What do workers in the field of Ecophysiology expect from it? Several possible answers are discussed: a) the possibility to reduce theories, b) a feedback of questions, information, methodology, etc., c) a better position to understand concepts such as adaptation, competition, stress or disturbance. d) an explicit framework to identify questions that deal with the functioning and behavior of individuals and their inter and intra specific relations.

The scope of Ecophysiology is discussed in terms of the levels of an organization, from the metabolic to the molecular one. An inventory of the objects of this science and of its links to some current scientific and practical problems are analyzed.

A. Soriano. Universidad Nacional de Buenos Aires. Facultad de Agronomía, IFEVA, Dpto. de Ecología. Av. San Martín 4453, 1417, Buenos Aires, Argentina.

INTRODUCCION

En este breve relato voy a tratar de presentar unas pocas ideas y referencias con respecto a los tres componentes enunciados en el título: 1) la estructura científica, 2) los alcances, y 3) las proyecciones de la eco-fisiología. Para hacer mi exposición lo más concisa y directa posible la circunscribiré al tratamiento de tres preguntas:

- 1) ¿Representa la eco-fisiología una empresa de real integración interdisciplinaria?
- 2) ¿Cuáles son los alcances de la eco-fisiología en términos de los niveles de complejidad potencialmente abarcables?, y
- 3) ¿A qué actividades de búsqueda científica y de problemas actuales está vinculada la eco-fisiología?

Estas preguntas configuran un plan muy ambicioso y desde ya les reconozco a los lectores todo el derecho a sentirse defraudados por mi aproximación apenas epidérmica.

Estructura científica de la Ecofisiología

Con respecto a la primera pregunta, sobre la estructura científica de la eco-fisiología, diré ante todo que parece una cuestión de simple sentido común el pensar que siendo compleja la mayor parte de los fenómenos que nos interesan e intrigan, conviene que esa complejidad sea abordada de un modo interdisciplinario. Por otra parte, la unidad de la ciencia aparece reiteradamente en la historia del pensamiento como un ideal loggable o, por lo menos, deseable. Sin embargo, las tendencias más fuertes y los éxitos más rotundos de diferentes disciplinas científicas obedecen a un tratamiento reduccionista de las preguntas o problemas que se les plantean. Por otra parte, resulta atractivo encarar ciertos problemas complejos mediante la hibridación de dos o más disciplinas. La Físico-química y la Bioquímica parecerían estar fuera de discusión. En otros terrenos también existen intentos de interdisciplinarietàad, tales como el de la Sociobiología y el de la Psiconeurobiología.

De todos modos, la pregunta inicial cae dentro del terreno de la filosofía de la ciencia y no parece que se trate de un terreno en el que filósofos y científicos se encuentren a menudo y cosechen frutos substanciosos. Por lo menos, no parece ser así en el caso de los biólogos. Creo pues, que abordar la cuestión indirectamente, tratando de identificar algunas de las expectativas de los ecofisiólogos con respecto a su campo, puede resultar práctico y provechoso. La respuesta derivada en cierto modo de la primera sería pues, ¿qué es lo que sus practicantes esperan de la ecofisiología?. Para es-

ta pregunta puedo proponer algunas respuestas: a. una posibilidad de reducir las teorías, en este caso ecológicas, a las que se refieren al funcionamiento del organismo o de unidades aún menores; b. una alimentación recíproca de preguntas, información, metodologías, etc.; c. una mejor posición para comprender y explicar conceptos tales como adaptación, competencia, stress o disturbio; d. un marco explícito dentro del cual identificar y abordar cuestiones que tienen que ver con el funcionamiento y el comportamiento de los individuos en sus relaciones inter e intraspecificas.

En lo que se refiere a la primera proposición, van der Steen (1990) sostiene que la reducción de teorías presupone que los conceptos básicos, **teoría y reducción** estén claros. En realidad, se trata de dos nociones cuya explicación constituye todo un proyecto de investigación. Acerca de esa explicación no se ha alcanzado consenso entre los filósofos de la ciencia. No obstante, van der Steen señala que la reducción de teorías no es la única vía posible para alcanzar una investigación interdisciplinaria y menciona como otras formas, las herramientas metodológicas, las estructuras sociales y los problemas. Por otra parte, es bueno tener en cuenta que no existen unidades naturales de ciencia; en cambio, existen límites discernibles entre unidades o entidades en el mundo real abordado por la ciencia. Van der Steen expresa que "lo que decimos acerca del mundo está restringido por cómo está ordenado el mundo real, pero no existe un orden natural de nuestros dichos." Si es así, nuestros dichos, hipótesis o explicaciones acerca del funcionamiento y comportamiento de las plantas pueden ser ordenados de modo que nos permitan hacer cada vez nuevas deducciones acerca de las relaciones entre las unidades discernibles. En este marco, tendrían sentido las propuestas b., c. y d. para responder a la pregunta ¿qué esperan sus practicantes de la eco-fisiología? y también el carácter integrador de la eco-fisiología, de fenómenos que ocurren en distintas unidades del mundo real.

Alcances de la Ecofisiología

La segunda pregunta planteada se refiere a los alcances de la eco-fisiología. Todo estudio de respuestas del funcionamiento es inseparable de un ambiente, ya sea éste una cuba de cromatografía y su entorno, una cámara de crecimiento, una parcela de cultivo al aire libre o un pastizal pastoreado. En este sentido, toda fisiología tendría connotaciones ecológicas, pero cuando consideramos el problema de carácter fisiológico, lo vertebral de la pregunta no se refiere a la relación con el ambiente. Si lo hace, si hacemos interve-

nir en la pregunta la oferta de agua o de CO_2 o la posible interacción con vecinos co-específicos o no, estaremos incorporando al eje del problema ciertas relaciones ecológicas. Dejo de lado toda disquisición semántica del tipo de si la célula o el tejido constituye el "ambiente" para los procesos que ocurren en la membrana plasmática.

Una manera indirecta de explorar los alcances de la ecofisiología es la empleada por Mooney (1991). Lo hace a partir de los paradigmas, hallazgos y metodologías que han estimulado el progreso de la disciplina. Mooney señala como paradigmas:

- a. La aplicación de la ley de Ohm a los flujos gaseosos de las hojas,
- b. La aplicación de los principios del balance de energía a las hojas,
(*Nótese que estas dos, son ejemplos de reducción de teorías*)
- c. La estimación del balance de recursos, como el C y el agua,
- d. La creencia en que los ambientes extremos determinan las respuestas fisiológicas más claras.

En la nómina de los hallazgos que influyeron sobre los alcances actuales de la eco-fisiología vegetal, Mooney incluye:

- a. El concepto de ecotipo tal como surge de los trabajos de Turesson y del grupo de Clausen, Keck & Heisey,
- b. La distinción entre plantas C4, C3 y CAM,
- c. El fraccionamiento isotópico del C,
- d. La percepción de la relación rojo : rojo lejano,
- e. El concepto de equilibrio funcional entre Talleo y Raíz,
- f. Las relaciones entre la capacidad fotosintética y la actividad de RUBISCO y de esta última con la nutrición nitrogenada,
- g. La respuesta directa de los estomas a la humedad ambiente.

Si aceptamos que los organismos vivos forman parte del ambiente con el que se relaciona cualquiera de ellos en particular, se nos planteará la cuestión de qué niveles o jerarquías se incluyen en los alcances de la eco-fisiología. A partir del individuo, los niveles estructurados en la naturaleza y en nuestro manejo científico o práctico del mundo real son: la población, la comunidad, el ecosistema, el paisaje y aun otras jerarquías de mayor complejidad.

En un artículo de Weber y col. (1989) –publicado en una revista llamada *Biology and Philosophy* que comenzó a aparecer en 1986–, se puede leer

el siguiente párrafo: "La **función** aparece en un contexto de vías metabólicas dentro de la célula, de las células en los organismos, de los organismos en las poblaciones, de poblaciones dentro de las comunidades y así siguiendo. Desde esta perspectiva, la Segunda Ley (de la Termodinámica) es causalmente relevante, requiriendo selección entre vías cinéticas alternativas para la disipación de la energía e indicándonos que podemos esperar que ocurra variación y cladogénesis, pero también que la investigación de por qué ocurre *dentro de determinados 'patterns' en casos particulares* requiere atención a hechos más particulares de carácter ecológico y metabólico". Pese a las dificultades que entraña la comprensión cabal de un párrafo arrancado de su secuencia original, parece claro que los autores –entre los que hay biólogos, químicos y filósofos– consideran que hay vías metabólicas y de disipación de la energía que incursionan a través de todas las entidades discernibles (células, organismos, poblaciones, comunidades, etc.). El enfoque eco-fisiológico podría pues, extenderse a todas ellas.

En el artículo antes citado de Mooney (1991), el autor señala cómo el itinerario de la eco-fisiología abarca a los distintos niveles de complejidad, hacia arriba hasta el metabolismo del paisaje y hacia abajo hasta los fundamentos moleculares de un rasgo adaptativo.

Otra aproximación a esta cuestión es la de Huston, DeAngelis y Post (1988) quienes sostienen lo siguiente: "Uno de los aspectos poderosos de los modelos basados en el individuo es que integran muchos niveles diferentes en la tradicional jerarquía de los procesos ecológicos. Cada nivel de organización ha constituido, tradicionalmente, un campo separado (ej. ecología fisiológica, ecología del comportamiento, autoecología, ecología de poblaciones, ecología de comunidades y ecología del ecosistema). Cada campo tiene su propio conjunto de fenómenos para explicar y casi todos tienen sus propios y distintivos tipos de modelos. Los modelos basados en el individuo demuestran que todos los niveles en esta jerarquía pueden ser comprendidos en el contexto de las interacciones de organismos individuales entre si, tanto directamente como indirectamente, a través de su efecto sobre el ambiente".

Proyecciones de la Ecofisiología

A partir del brevísimo inventario anterior sobre los alcances de la eco-fisiología se perfilan algunas de sus vinculaciones con problemas y cuestiones de índole científica y práctica que se plantean en la actualidad, y que se escalonan a lo largo de los nive-

les de complejidad ya mencionados. Esto atañe a la tercera de las preguntas enunciadas al comienzo. Para ilustrar esas vinculaciones, que de algún modo muestran la proyección de las contribuciones esperables de la eco-fisiología, me voy a ceñir a unos pocos ejemplos tomados de la literatura reciente que se refieren a los niveles extremos de complejidad.

En el nivel molecular, muchas preguntas de carácter ecofisiológico se refieren a los mecanismos mediante los cuales las plantas perciben características del ambiente y cambios de esas características.

Se ha señalado que las raíces pueden percibir descensos de la temperatura, hasta del orden de los 3° C, a través de fuertes depolarizaciones transitorias de las células corticales, en las que intervienen canales de Ca²⁺ asociados a la membrana plasmática (Minorsky y Spanswick, 1989).

En relación con la eco-fisiología del stress, en la soja, se ha comprobado que bajos potenciales agua afectan la expresión de genes que codifican proteínas almacenadas en la etapa vegetativa y también la ATPasa protónica de la membrana plasmática (Surowy & Boyer, 1991).

La exposición de plántulas etioladas de haba a la luz roja provoca un incremento del contenido de lignina en el epicotilo, aumentando así su rigidez. Si se tiene en cuenta que al emerger la plántula del suelo queda expuesta a la luz y, al mismo tiempo, a mayores tensiones causadas por fuerzas laterales (viento), es posible asignar un valor adaptativo a la regulación de la síntesis de lignina mediada por la percepción de la luz (Casal, Mella y Ballaré, inédito)

En el otro extremo jerárquico, existen crecientes pruebas de que la invasión de una especie exótica puede alterar no sólo la composición y estructura de la comunidad sino el funcionamiento de todo el ecosistema, incluida la productividad y la circulación de nutrientes y de agua. Vitousek (1990) sostiene, al presentar un caso de invasión, el de *Myrica faya* en el Parque Nacional Los Volcanes de Hawái, que un proceso de esa naturaleza puede proveer un marco útil para integrar los procesos fisiológicos y poblacionales en el estudio del ecosistema.

La Productividad Primaria Neta Aérea (PPNA), que resume en los niveles de la comunidad y el ecosistema la acción de múltiples procesos eco-fisiológicos que tienen lugar en el organismo individual, ha sido señalado ahora como un integrador e indicador de los procesos que comandan las tramas tróficas. McNaughton y col. (1989) han

presentado pruebas de la estrecha correlación que existe entre la biomasa, el consumo y la productividad de los herbívoros por un lado, y la PPNA del ecosistema por otro.

Para terminar, un ejemplo de identificación de grandes unidades de vegetación-biozonas sobre la base de caracteres también derivados de procesos ecofisiológicos, en el nivel definido por las imágenes satelitales. El Índice de Verde, que guarda estrecha correlación con la biomasa verde y la PPNA, y la marcha de sus variaciones a lo largo de la estación de crecimiento, permiten diferenciar el funcionamiento de grandes unidades de vegetación en el territorio de Chubut (Aguiar et al., 1988).

BIBLIOGRAFIA

- Aguiar, M. R. Paruelo, J. M. Golluscio, R. A. León, R. J. C. Burkart, S. E. & Pujol, G. (1988) The heterogeneity of vegetation in arid and semi-arid Patagonia: An analysis using AVHRR/NOAA satellite imagery. *Annali di Botanica*, 46:103-114.
- Casal, J. J. Mella, A. R. & Ballaré, C. Control por el fitocromo de la rigidez, el contenido de lignina y la actividad de peroxidasa extracelular en epicotilos etiolados de haba. (inédito)
- Huston, M. DeAngelis, D. & Post, W. (1988) New computers models unify ecological theory. *BioScience* 38:682-691.
- McNaughton, S. J. Oosterheld, M. Franck, D. A. & Williams, K. J. (1989) Ecosystems-level patterns of primary productivity and herbivory in terrestrial habitats. *Nature*, 341:142-144.
- Minorsky, P.V. & Spanswick R. M. (1989) Electrophysiological evidence for a role for calcium in temperature sensing by roots of cucumber seedling. *Plant, Cell and Environment* 12:137-143.
- Mooney, H. A. (1991) Plant physiological ecology- determinants of progress. *Functional Ecology* 5:127-135.
- Steen, W. J. van der (1990) Interdisciplinary integration in biology: An overview. *Acta Biotheretica* 38:23-36.
- Surowy, T. K. & Boyer J. S. (1991) Low water potentials affect expression of genes encoding vegetative storage proteins and plasma membrane proton ATPase in soybean. *Plant Molecular Biology* 16:251-262.
- Vitousek, P. M. (1990) Biological invasions and ecosystem processes: towards an integration of population biology and ecosystem studies. *Oikos* 57:7-13.
- Weber, B. H. Depew, D. J. Dyke, C. Salthe, S. N. Schneider, E. D. Ulanowicz, R. E. & Wicken J. S. (1989) Evolution in thermodynamic perspective: An ecological approach. *Biology and Philosophy* 4:373-405.