

Orígenes y Bases de la Ecología



Por Prof. Dr. Alejandro Rodolfo Malpartida
Director del Consejo Editorial del MAE

Actualmente son muchas y bastante disímiles entre sí las definiciones de Ecología que se pueden encontrar. Además, parece existir una confusión bastante marcada respecto del objeto de estudio de esta disciplina, ocupando extremos como ir desde una zoológica o botánica conservacionista hasta una dietología naturista, pasando por diversas terapias orientales. Por lo tanto, es importante detenerse a examinar cuál es el estado actual de conocimiento en Ecología y disciplinas adyacentes. Para esto es necesario retrotraerse a los orígenes, conceptualizar la evolución de las ideas y comparar argumentos antes de llegar a algunos de los conceptos de ecología más recientes.

CONCEPTOS DE BASE Y ORIGEN

De la Historia Natural a la Biología

El término "biología" existe desde antiguo, pero en aquel entonces no tenía el significado que actualmente le damos. En la Grecia helénica, el biólogo (*biólogos*), observaba y estudiaba la vida de las personas o sus costumbres para luego dramatizarlas, era narrador y comediante imitando a un personaje, fingiendo sus maneras las que "revivían en escena". El objeto de estudio de aquellos "biólogos" era pues el hombre.

En el siglo cuarto a.C. Aristóteles escribió la "Teoría de las plantas", la que se perdió y sólo se la conoce a través de la obra de Teofrasto. Sin embargo se conservaron hasta la actualidad los siguientes escritos: *"Tratado sobre el principio general del movimiento en los animales"*, *"Tratado de la longevidad y de la brevedad de la vida"*, *"Tratado de la juventud y de la vejez, de la vida y de la muerte"*, *"Tratado de la respiración"*. Para Aristóteles un indeclinable progreso promovía la perfección de la naturaleza, para él las funciones vegetativas tenían que ver con las plantas, las sensitivas con los animales y otras

muy superiores con el hombre. La ciencia natural no es especulativa, sólo la observación rigurosa da cuenta de los fenómenos de la naturaleza.

Plinio escribió la "*Naturae Historiarum XXIII libri*". Esta obra se destaca por la profusa compilación realizada por este autor, llamado Plinio el viejo, en el siglo I. Las narraciones que constan en esta obra constituyen un valioso documento biogeográfico, aunque las descripciones estén cargadas de creencias y hasta cuestiones absurdas para nuestro estado actual de conocimiento.

Con el derrumbamiento de la civilización greco-romana, los logros de las ciencias naturales se vieron interrumpidos hasta el siglo XVII. A partir del Renacimiento es cuando vuelve el auge en las ciencias naturales, por esto se suele separar la historia de la biología como "antigua" antes de la Edad Media y como "moderna" a la que siguió al Medioevo. En el siglo XVI la Historia Natural respondía al conocimiento de las "signaturas". Se pensaba que las cuestiones ocultas en los seres que pueblan la tierra deben tener una señal superficial que permita semejarlos y así descubrir sus propiedades. En la semejanza morfológica se hallaban propiedades curativas y mágicas, la signatura y lo que designa son la misma cosa.

Así, se indicaban como curativas las porciones de las plantas que tenían que ver o que recordaban la enfermedad u órgano que se pretendía curar. Por ejemplo, los porotos eran buenos para los riñones y las plantas con hojas acorazonadas para el corazón. Los seres de la naturaleza se mantenían unidos por sus semejanzas y simpatías, de ello surgían signos que los definían y permitían conocerlos. Como señalara Foucault: "*La partición para nosotros evidente, entre lo que nosotros vemos, y lo que los otros han observado o transmitido, y lo que otros por último han imaginado o creído ingenuamente, esta gran tripartición, tan sencilla en apariencia y tan inmediata, entre la observación, el documento y la fábula no existía aún.*" (Foucault,1986).

En el siglo XVII surge la disparidad entre René Descartes y Francis Bacon, disparidad basada en la idea de que sólo se conoce a través de la experiencia sensorial, o de que esto sólo es posible a partir de la razón. Bacon representó en su momento el experimentalismo. El marco general de la experimentación científica, la noción tecnológica de cuestionar a la naturaleza bajo apremio, es el mayor legado de Bacon (Berman, 1987). Opuestamente a la versión baconiana, Descartes sólo veía claridad en las operaciones y razonamientos mentales. El método que él propone se basa en la geometría, para lo cual, primero habrá que plantear el problema y luego desmembrarlo en sus unidades constitutivas o más simples.

Las supuestas disparidades entre Bacon y Descartes, se vieron disueltas con el trabajo científico de Galileo y Newton, ellos supieron combinar impecablemente el poder de las conceptualizaciones racionales con una rigurosa experimentación. De esta forma las versiones empiristas y racionalistas del siglo XVII se tornaron complementarias dando lugar al conocimiento científico clásico del siglo XVIII y XIX.

Hasta este entonces la Biología (término como la conocemos ahora) no existía, la razón de ello era muy simple, lo que existía como conocimiento de la época sobre la historia natural eran los seres vivos entrelazados con los significados del mundo, las historias de los seres eran esos mismos seres y no la "vida" como fenómeno particular a ser estudiado.

Aún dentro del conocimiento de la Historia Natural, le cupo a Linneo establecer un "orden" descriptivo ausente hasta la época. Aunque contando con la sólida base botánica dejada por Tournefort, Linneo (sueco nacido en 1707), perfiló de manera acabada los conceptos de género y de especie. En una de sus grandes obras, "*Systema naturae*", se define el sistema binario de clasificación. En la obra "*Species plantarum*" y también en "*Philosophia botanica*" sienta las bases de la nomenclatura de las plantas floríferas, la que es aceptada mundialmente.

De 1749 a 1789 se publica la "*Histoire naturelle*", obra dirigida por Buffon, correspondiéndole 36 volúmenes de los 44 que fueron luego agregados por Lácépède. La obra se ocupa de la historia de la tierra, historia natural del hombre, luego de los cuadrúpedos, las aves y por último de los minerales.

Como se ha podido notar, desde antiguo se ha escrito y estudiado a los seres vivos, pero no así a la vida como fenómeno. Según Font Quer, la Biología surgió como término en 1802, en una obra de Treviranus titulada "*Biologie oder die Philosophie der lebenden Natur*". Treviranus le dio por finalidad el estudio de las diversas maneras de vivir de los seres orgánicos, tanto vegetales como animales, los fenómenos de la propia vida, condiciones en que se desenvuelve, leyes que la rigen y causas que la originan (Font Quer, 1976). Esta definición bastante amplia se acerca también a la que posteriormente serán la Etología y la Ecología.

Lamarck por su parte, ya en 1809 anunciaba las particularidades de los "*corps vivants*" (cuerpos vivos) en la "*Philosophie zoologique*" (Lamarck, 1873). Muy posteriormente, Singer (1947), Komarov (1949:115), Rostand (1985:7), así como también Casinos (1986: VIII), atribuyen a Lamarck la definición del término "Biología" en 1802 en un trabajo no publicado titulado: "*Recherches sur l'Organisation des corps vivants*". Posteriormente en su "*Histoire naturelle des animaux sans vertebres*" escrito entre 1815 y 1822 dice: "*On conçoit que tout ce*

qui est généralement commun aux végétaux et animaux, comme toutes les facultés qui sont propres à chacun de ces êtres, sans exception, doit constituer l'unique et vaste objet de la Biologie." (Lamarck, 1873 I:49).

En la actualidad el sentido de la definición de Biología sigue siendo el mismo: "el estudio de los seres vivos". Lamarck es por esto el fundador de la Biología, pues definió el término que la designa como disciplina científica.

N. de R.: "... *todo lo que generalmente es común a los vegetales y a los animales, así como todas las facultades que son propias a cada uno de esos seres, sin excepción, debe constituir el único y vasto objeto de la Biología.*"

Los inicios de la bioenergética

En termodinámica clásica se consideran dos principios fundamentales, a los que en 1906 se les sumó un tercero debido a Nerst. El primer principio fundamental, llamado usualmente "*principio de la constancia de la energía*", fue enunciado por primera vez en el año 1842 por el médico Heilbron R. Mayer. Casi simultáneamente lo hizo el físico inglés Joule. Pero la expresión más completa se encuentra seguramente en el trabajo de von Helmholtz.

El segundo principio fue desarrollado unos 20 años antes que el primero por el ingeniero francés Sadi Carnot. Este estudió la transformación del calor en trabajo mecánico. En aquel entonces se generó una contradicción entre ambas hipótesis, siendo Clausius quien en 1850 logró poner en claro estas cuestiones y combinando ambos principios sentó los fundamentos de la termodinámica. A Clausius se debe la función de entropía, a Helmholtz la de energía libre y a Duhem la función de potencial termodinámico.

La termodinámica encuentra parte de su desarrollo dentro de la química biológica a través del estudio de los cambios de energía que se producen en las reacciones del metabolismo, es decir se ocupa de los cambios y la transformación de la energía en las células vivas en un amplio capítulo llamado bioenergética, el que encuentra también su correlato en la ecología del mismo nombre (Bateson, 1985).

El término *sistema* se utiliza en termodinámica clásica sólo para señalar los límites dentro de los cuales se realiza un estudio. Esta noción conlleva la idea de "aislamiento" con respecto al medio. De esta forma, se define como **sistema cerrado o isotérmico** aquel donde puede haber intercambio energético pero no

de masa con el medio y, como **sistema aislado o adiabático** aquel donde no se producen intercambios de masa ni de energía.

El concepto que la energía no puede ser creada ni destruida, de que una forma de energía puede desaparecer pero otra toma su lugar, tiene que ver con el primer principio termodinámico que dice que en todo proceso que ocurre en un sistema aislado, la energía del sistema permanece constante. La luz por ejemplo (en sus cuanta), es una forma de energía que puede transformarse en trabajo, calor o eventualmente en alimentos (fotosíntesis), según la situación, pero no destruirse. (Odum, 1972).

No obstante, es importante notar que en el postulado de este principio se invoca a un sistema aislado, cosa que de hecho, ningún organismo es, por lo tanto, la energía se disipará a través de diversas formas, o como señala Margalef (1981), el paso de una forma de energía recuperable a una irrecuperable, por lo menos para los organismos.

Esta degradación, se asocia al aumento del valor de una función llamada entropía, con lo cual ingresamos al segundo principio.

La energía puede producir trabajo y el trabajo se puede convertir en calor sin ninguna restricción, basta usar cualquier mecanismo de disipación, sin embargo el calor no se puede transformar en trabajo sin restricciones (Czekalski, 1977). Siguiendo la secuencia anterior esa pérdida de energía de modo tal que un sistema pase de un estado T a un estado T-1 tiene que ver con lo que se conoce como aumento de entropía. El hecho que la entropía de un sistema termodinámico crezca, equivale a decir que éste disminuye su capacidad de realizar trabajo.

La segunda ley de la termodinámica dice que un sistema aislado evoluciona espontáneamente hacia un estado de equilibrio que corresponde a la entropía máxima. La entropía como medida del desorden adquiere la forma de probabilidad con Boltzman, por lo tanto, la máxima entropía es el estado de mayor probabilidad. Lo esencial del segundo principio es que permite decir que en la naturaleza los *procesos se suceden históricamente*, los fenómenos de la naturaleza *son irreversibles*.

Estos principios de termodinámica fueron desarrollados por la misma época en que los biólogos, trataban de establecer correlaciones y bases para la teoría de la evolución iniciada por Lamarck.

Como se comprenderá, estos principios degradativos de la materia que anuncian la muerte entrópica del universo, son antinómicos con cualquier idea de evolución, diferenciación u organización creciente, propios de los seres vivientes. Luego de la acción fundante del evolucionismo de Lamarck, seguida de Darwin y la teoría de la selección natural, surge en 1866 la *ökologie* (ecología) de Haeckel. Por lo tanto, los conceptos termodinámicos clásicos y la visión relacional de los organismos en su entorno ha sido por mucho tiempo una controvertida situación. Luego seguiremos desarrollando este tema.

EL SURGIMIENTO DE LA ECOLOGÍA

Los Inicios

Jean Baptiste Caballero de Lamarck fue el claro iniciador del *pensamiento transformista* (Biología Evolutiva de hoy) a principios del siglo XIX, en contraposición al pensamiento mayoritario de la época que postulaba el creacionismo, es decir la creación de las diversas formas animales "nuevas" seguidas de períodos de extinción. Lamarck puso especial énfasis en la indagación de los cuerpos vivos. Su interés en lo viviente lo llevó a definir un campo de estudio que unifica lo que es común a lo vivo.

En 1815 en su obra "*Histoire Naturelle des Animaux sans Vertebres*", crea el término "Biología" y con ello la disciplina (Lamarck, 1835, I: 49). Lamarck se ocupó de los organismos y sus **circunstancias** y afirmaba que tales circunstancias no influenciaban, en forma directa, sobre la morfología de tales seres. Al contrario, sostenía que las circunstancias actuaban sobre los hábitos y costumbres y éstas, a su vez, modificaban la organización del ser vivo.

Finalmente, esta organización se expresaba en morfologías somáticas diferenciales. En el capítulo VII de la Filosofía Zoológica se puede leer: "*De l'influence des circonstances sur les actions et les habitudes des animaux et de celle des actions et des habitudes de ces corps vivants, comme causes qui modifient leur organisation et leur parties*" (Lamarck 1873 I:220). Las circunstancias de Lamarck **no sólo** referían a aquello que hoy se denominan parámetros en ecología (clima, suelo, vegetación, etc), sino que incluían a su vez el modo de comportarse y conservarse de los propios organismos. Así las nociones de Lamarck se aproximan a lo que ahora entendemos por Ecología.

La Etimología

En 1869, el alemán Ernst Haeckel crea el término **Ecología** (*ökologie*) comprendiendo en ésta el estudio de las relaciones de los organismos con el entorno (*umwelt* en alemán), incluyendo en sentido amplio todas las condiciones de existencia.

La *ökologie* del autor alemán se fundó sobre la base del vocablo griego *oikos* que significa patria, casa, residencia, lugar donde se habita. Existe un vocablo muy similar a *oikos* que es *ethos* escrito con eta como letra inicial y que significa justamente: patria, habitación, morada habitual. Si la misma palabra (*ethos*) se escribe con *épsilon* como inicial, significa: costumbre, hábito, uso, dando la raíz "etnos" (pueblo, grupo, raza) y de nuestra palabra "**ética**". Una disciplina complementaria de la Ecología es la Etología, inclusive no es posible saber con que raíz se construyó este término, si el *ethos* de Etología fuera de inicial *épsilon* sería tal vez como la entendemos actualmente, es decir el estudio de las conductas, en cambio, si fuera con "eta", tendría un sentido similar al de Ecología.

Sin embargo, el sentido de *oikos* es quizá más profundo si atendemos a la palabra *oikopoiós*, que significa "que hace habitable" por lo cual se puede pensar que el entorno y el organismo lo son el uno por el otro. Entorno-organismo son una unidad.

Haeckel como seguidor de Darwin, defendía la idea de selección natural significando que los organismos eran activos respecto del ambiente, tal como los organismos de Lamarck. Haeckel apreciaba la obra de este último, de Goethe y por supuesto la de Darwin, actitud que se evidencia en los capítulos IV, V y VI de la "*Historia de la creación de los seres organizados*" (Haeckel, 1947). Especialmente en el capítulo V:92-102 elogia a Lamarck, siendo éstas páginas la primera traducción castellana de la Filosofía Zoológica (Lamarck, 1910 y 1986).

Por esto, Haeckel se oponía claramente a la idea de que los organismos fueran pasivos frente al ambiente y fuera el producto de su influencia directa, conceptos que se encuadran en lo que se conoce como ambientalismo. Las raíces del ambientalismo pueden ser rastreadas hasta principios del 1800 en contemporáneos de Lamarck, que si bien suscribían a ideas transformistas, creían que los organismos eran moldeados por el ambiente y no por los hábitos, el uso y desuso.

La Ecología como Ciencia

La Ecología como disciplina científica tiene peculiaridades, y aunque como se vio, su origen puede determinarse hace unos 126 años se puede considerar como ciencia joven. Su desarrollo histórico, aunque breve, ha sido de vertiginosa evolución con cambio hacia el planteo de problemáticas de gran complejidad.

En la actualidad son varias las divergencias que existen entre muchos ecólogos respecto de cómo se ha de encuadrar la Ecología, su teoría y su práctica, lo que debería ser y lo que podría hacer. Todas estas divergencias en un debate permanente marcan el estado de evolución dinámica sostenida.

La ciencia es un dominio cognoscitivo, es decir comprende un cuerpo de conocimiento acotado por sus reglas de validación, siendo éstas las que determinan que es lo que debe ser considerado dentro de ese dominio. El quehacer científico está acotado por sus propias teorías, hipótesis y acciones. Sin embargo algo característico de la ciencia es que: **Hacer ciencia es explicar.**

Por lo general, cada disciplina científica desarrolla, explicita y explica sus objetos de estudio de forma particular, compartiendo sin embargo la "reglas" del quehacer científico que, en términos generales son:

- a. La producción de un cuerpo teórico más o menos específico,
- b. La formulación de sus objetos y objetivos de estudio por medio de análisis descriptivo explícito,
- c. La reformulación de los fenómenos u objetos de estudio (síntesis interpretativa) por métodos explícitos o explicación científica y
- d. La validación de las explicaciones en el contexto que fueron formuladas.

Cuando surgió la Biología (anteriormente se puede decir que lo más parecido era la Historia Natural) definió un ámbito nuevo de estudio, inauguró al declarar su objeto de estudio un dominio de conocimiento novedoso dentro de la ciencia de su tiempo.

La Ecología surgió posteriormente pero apegada a la Biología y tuvo por lo mismo una fuerte dependencia conceptual con ella, por esto, todavía hoy en algunos claustros académicos y publicaciones de enseñanza, se sigue señalando a la Ecología como rama de la Biología, siendo que por definición y consenso en la actualidad no se considera esto así (Odum, 1992).

Como la Ecología se consideró parte de la Biología tuvo un desarrollo inicial apegado a ésta y evidenciado por que el centro de su interés fue el organismo o el grupo de organismos con algún grado de parentesco (especie, población), pero no directamente las relaciones con el entorno. Este tipo de conceptualizaciones generó un tipo de Ecología denominada Autoecología o ecología del organismo.

En esta perspectiva las cuestiones de "relación", eran consideradas accesorias o secundarias, ya que el énfasis estaba en el estudio de la respuesta (fisiológica) del organismo en un determinado ambiente. Margalef (1982 a) ha denominado acertadamente a esta actividad como "fisiología al aire libre" y en rigor no responde cabalmente al objeto de estudio de la ecología, aunque actualmente existan ecólogos que produzcan mucha literatura científica con el calificativo de autoecología.

La porción faltante de la autoecología en el estudio de los organismos en su entorno la conforman las actividades que los organismos individuales o como grupo desarrollan en su ambiente, las cuales, se traducen en un bucle de acciones de ida y vuelta en las que el organismo es modificado y modificador de su entorno. En este sentido ingresa la porción conductual.

Actualmente se conviene en la no disociación entre los estudios etológicos y ecológicos, y si bien tuvieron un desarrollo paralelo, comparten problemáticas comunes. "Si el organismo que destruye a su entorno, se destruye a sí mismo", lo hace por la relación establecida (ecología) y por las acciones que a partir de ella desencadena (etología). El oikos no es una condición externa, es la unión misma y plantea inseparabilidad teórica y práctica del organismo-entorno.

La Ecología en la Primera Mitad del Siglo XX

Luego del desarrollo de las teorías Lamarck - Darwin y del llamado redescubrimiento del mendelismo se llegó, después de serias disputas, a la construcción teórica del neodarwinismo, en una época, en que la termodinámica estaba cabalmente concebida.

La segunda ley de la termodinámica plantea una seria incógnita respecto del antinómico y abrumador desarrollo de los conceptos evolucionistas en la biología de aquel entonces, ideas que desembocaron en la construcción de la Teoría Sintética de la evolución. Así, los biólogos de principios de siglo cambiaron su visión única por el organismo a una visión poblacional, es decir, a los organismos conectados por sus lazos reproductivos.

Así la población pasó a ser el referente de estudio y se constituyó la Ecología de Poblaciones o "Demoecología". Por aquel entonces dieron comienzo las primeras revistas científicas en Ecología, entre ellas: *Journal of Ecology* en 1913; *Ecology* en 1920; *Zeitschrift für Morphologies und Ökologie* en 1924.

En la tercera década del presente siglo comienzan las primeras concepciones de la "Sinecología" o Ecología de Comunidades, donde en el concepto de comunidad como nivel jerárquico superior de organización, se incluyen distintas poblaciones interactuantes con su entorno. Sin embargo este concepto, apegado al origen biológico de la Ecología, una vez más era disociado de los organismos que lo definían. Posteriormente, como ocurre aún en la actualidad, se distinguió el "biotopo" como lugar donde habita la comunidad pero por características inherentes al medio físico, no por su relación a los organismos.

La influencia del marco conceptual estrictamente biológico en la Ecología se nota aún hasta la actualidad. Hace pocos años, se discriminaban dos ámbitos; el de la ecología animal y ecología vegetal, correlatos ambos de la zoología y botánica respectivamente, los que fueron absorbidos manteniéndose separados dentro de la biología de algunos ámbitos académicos.

En estas últimas décadas la biología parece reforzar su objeto de estudio, es decir la vida como fenómeno, a partir de los avances en biología celular y molecular.

La división en animal y vegetal, por definición aleja el objetivo de estudio de la ecología, por lo cual esta división fue paulatinamente abandonada. La necesidad de buscar en el ámbito de las relaciones supra-organísmicas conceptos integradores tuvo que esperar a la década del 40, en la que Tansley (1935) propuso el concepto de "ecosistema". Este término fue posteriormente desarrollado por Lindeman (1941), quien lo concibió desde los intercambios de energía, atendiendo a la necesidad de conceptos que vinculen diversos organismos a sus ambientes físicos. En los textos de Ecología de la década del 50 y aún posteriores, se designa ecosistema como la suma de las distintas comunidades (o biocenosis) y el biotopo (ambiente inerte) que ocupan. En este tipo de definición es notable como los organismos o la comunidad se formulan disociadamente del entorno, puesto que se define ecosistema por la suma de términos.

Aunque enunciado en 1935, el concepto de ecosistema recién tomó fuerza en la década del 60, y en la actualidad el término ha derivado desde su sentido original en diferentes acepciones y significados. Por ejemplo, por un lado esta el punto de vista ambientalista que considera al ecosistema como conjunto de factores externos, por lo general solo bióticos y, por el otro, el punto vista ecosistémico,

que considera totalidades (Vallentyne (1993)). Otra versión disociada y errónea respecto de la versión original ocurre cuando se habla acerca de ecosistemas naturales y humanos como disociados uno del otro.

Ludwig von Bertalanffy, primeramente en la Teoría del desarrollo biológico (1935) y luego en la Teoría General de Sistemas (1982, 1984) desarrolla el concepto de Sistema. El ecosistema funda su origen en los primeros conceptos sobre sistemas, pero con la presentación de la Teoría General, el ecosistema deja de ser una simple suma de partes y, como totalidad cobra una característica propia. Ese carácter propio en un sistema más allá de sus partes, las que pueden relacionarse de múltiples formas, se denomina en teoría de sistemas, propiedad emergente, caracterizada por su nivel de organización. De allí la disimilitud entre la visión ambientalista y la visión ecosistémica actual.

La distinción fundamental entre la noción de sistema ecológico y sistema termodinámico queda así planteada; la ecología se apoya en conceptos sistémicos de la teoría general de sistemas y no en la noción de sistema termodinámico en el sentido de unidad material aislada para estudio. Es decir, los conceptos de sistema en termodinámica clásica son muy anteriores a la Teoría General de Sistemas.

Aunque planteada en la década del 40, la Teoría General de Sistemas recién comenzó su desarrollo en los 60 y en la actualidad es un concepto central y unificador en la mayoría de las disciplinas incluida por supuesto la Ecología. A este desarrollo se unió la Teoría de la Comunicación de Shannon y Weaver (Weaver, 1972) y los conceptos sobre Cibernética de Wiener (1975).

La unidad de estudio en Ecología

Si bien es cierto que muchos consideran al entorno como algo exterior al organismo, muchos ecólogos convienen en que todo organismo **no está en un entorno** sino que **vive con y en su entorno**. Este último argumento ha sido sostenido desde la época de Haeckel en sucesivas aproximaciones hasta la actualidad.

Raúl Ringuelet escribió: "El ser vivo es inseparable del ambiente, del medio que lo rodea y en el cual desarrolla sus actividades. Entre organismo y ambiente existe un intercambio de acciones y reacciones, y es posible sostener la existencia y realidad de una unidad individuo medio que se llama **ecoide**". El medio externo no es una entidad ajena a la planta o al animal (Ringuelet, 1962). El término

ecoide que Ringuelet coincidió en designar como "unidad ecológica" fue utilizado en 1912 por Negri, profesor de la Universidad de Florencia (fide Gola et al, 1965).

Para Ringuelet, el medio o ambiente no era una entidad ajena al organismo, por lo tanto las definiciones de medio y ambiente no sirven porque precisamente éstas tienen que ver con la concepción de los factores físicos como externos e independientes del ser vivo.

La palabra entorno proviene del griego *en*: Entre y *tornos*: Movimiento circular, con lo cual se da idea de "alrededor de". Lo peculiar de esta combinación es que, cuando en va seguido de una palabra cuyo significado da idea de movimiento, como es el caso de tornos, el significado es el de "permanencia" en esa situación (Malpartida, 1991). Es decir, "lo que rodea" permanece en tanto que se establece el vínculo, de manera que es "entorno" en tanto lo es para algo o para alguien. Así este término tiene desde su origen un sentido más completo en cuanto que vinculante.

La relación organismo-entorno especifica un ámbito sistémico, un contexto donde la relación misma se constituye en sistema de comunicación que, como fenómeno comunicacional, expresa en una manifestación emergente lo que podríamos denominar **conducta**. No es posible por lo tanto separar "conducta" de "relación".

Etología y Ecología deberían entenderse a modo de campo unificado con diferencias que son operativas desde solamente un punto de vista práctico. Actualmente, es posible afirmar que las nociones de Etología y de Ecología tienden a toda una complementariedad recursiva "*... ni el comportamiento de una especie ni su evolución, se comprenden fuera del marco constituido por el ecosistema en que viven*" (Margalef, 1982 a:7).

Si se sostiene que el organismo está en su entorno, y aquí conviene puntualizar que dentro de la generalización de organismo estamos también los humanos, se puede decir que el organismo y el entorno, concebidos sistémicamente, se encuentran acoplados estructuralmente. Esta función vincular genera dependencia mutua (ecodependencia), situación importante porque predica de su origen. No se puede concebir vida sin entorno de la calidad que sea, ni un entorno para nadie (Malpartida, 1992).

La relación organismo-entorno, es la unidad fundamental ecológica y, por lo tanto, conviene pensarla como la unidad mínima de supervivencia y no ya al organismo, organismos, poblaciones o especies como entidades individuales y

conceptualmente escindidas de su entorno. En tal caso el concepto de esa unidad mínima es extrapolable a categorías superiores de organización. Como se vio anteriormente, el concepto de ecosistema pudo reunir las múltiples relaciones de organismos y entorno, entendiendo aquí entorno como otros organismos también.

La Ecología en la segunda mitad del siglo XX

Resulta claro pensar que los conceptos organizacionales de Bertalanffy y su Teoría de Sistemas, la Teoría Cibernética de Norbert Wiener, la Teoría de la comunicación de Shannon y Weaver, surgieron a pesar de, y/o por insuficiencia, del anuncio de la muerte entrópica a cada paso contemplada por la segunda ley de la termodinámica. Schrödinger, notó que la conservación y el aumento de la organización de los seres vivos está mantenida por una contracorriente de degradación de energía. El término neguentropía, derivado luego de que Schrödinger (1945) lo llamara entropía negativa, tendió a conciliar por un lado los intrincados procesos organizacionales de los ecosistemas con las ideas termodinámicas sustentadas hasta entonces.

Es posible ilustrar mediante cuatro ítemes la imposibilidad de comprender los procesos biológico-evolutivos y ecológico-sucesionales desde la termodinámica clásica:

- **Primero:** Las leyes de la termodinámica son leyes postuladas sobre la base del ideal de un sistema aislado. Los seres vivos no sólo no son cerrados, sino que son sistemas abiertos.
- **Segundo:** Los organismos vivientes por su apertura, se encuentran acoplados en y con su entorno, que no es el caso de un sistema aislado como vimos.
- **Tercero:** La enorme diferencia organizacional (para no ahondar en la auto producción de sí) entre una máquina térmica y un ser viviente no permite comprender su deriva entrópica, a menos que se los tome como cajas negras.
- **Cuarto:** Los objetos de estudio de la termodinámica clásica cumplen con la idea de equilibrio.

La Tierra "suele" ser modelizada como sistema cerrado, siempre y cuando se obvian los millones de toneladas de meteoritos que caen por año conjuntamente con polvo estelar, pero no se puede pensar como aislado por que a él llega todo el espectro de radiación solar.

A partir de esta situación la disminución de entropía en un ser vivo es perfectamente compatible con el aumento de la entropía de un sistema que lo abarque, alguna porción de su entorno en definitiva el sol o el cosmos entero, si los consideramos como aislados o por lo menos cerrados. Pero esta visión de sistema global no aclara la situación de "evolución" de los organismos. En palabras de Prigogine *"no nos basta con saber que la evolución de los sistemas vivos puede corresponder a un aumento de entropía del universo (en el supuesto de que lo consideremos un sistema cerrado) y cumplir el segundo principio de la termodinámica"* (Prigogine, 1988).

Considerando a un organismo vivo como sistema abierto y siempre que exista provisión externa de materia y energía, éste podrá mantenerse en un régimen **alejado del equilibrio**.

Dicha condición se dice que está asociada a lo que se denomina estructura disipativa. Las estructuras de este tipo precisamente se generan y se mantienen por su intercambio de energía con el exterior, generando condiciones alejadas del equilibrio y con ocurrencia espacio-temporal.

A partir de lo antedicho, que se desprende de la termodinámica no lineal de procesos irreversibles (Prigogine, op.cit.), se modelizan los sistemas vivientes como abiertos y alejados del equilibrio. Los ecosistemas son, en éste esquema, macro sistemas disipativos que dependen de los flujos bioenergéticos, desde las fronteras que estipulemos como su contorno para mantenerse así alejadas del equilibrio, generando y regenerando organización. Esta condición se mantiene a través de la continuidad vital de los organismos.

A medida que un ecosistema crece en organización, o sea se aleja del equilibrio termodinámico, la probabilidad de una fluctuación aumenta de acuerdo al rumbo que siga su deriva evolutiva. Esto último concuerda con otra teoría cuyos postulados son más bien físico-estadísticos, no termodinámicos, como lo es la Teoría de la Criticalidad Auto-organizada (Bak y Chen, 1989, 1990).

La Ecología y el ecologismo

El estado actual de conocimiento y desarrollo de los conceptos ecológicos, sobre todo aquellos que se ven reflejados en su teoría, permiten poner en evidencia cuales son los principios de base que subyacen en muchos de los argumentos cotidianos en estos temas, discursos que muchas veces, no tienen correlato con la teoría antes mencionada. En nuestro idioma, podemos distinguir entre la ecología de los ecólogos y la ecología de los ecologistas. En este sentido se debe considerar como aclaratoria, la actividad científica de los primeros y la militancia

o movimiento social que desarrollan los segundos, aunque puedan existir "ecólogos" que sean "ecologistas".

Actualmente ya nada se puede pensar fuera del movimiento verde o ecologista. Este se ha transformado en lo que se puede llamar "el paradigma verde" que, como tal, oficia de contexto para cualquier cosa que se diga o haga, reforzando un significado en lo que se dice o escribe que en otras circunstancias no tendría.

Actualmente, abundan los discursos "ecologizados" en los que se plantean cuestiones tales como el "equilibrio natural" o el "equilibrio de la naturaleza", ideas arraigadas y tomadas tal vez como "verdaderas", sin detenerse a pensar en las implicancias de tal caracterización. Entre ellas por ejemplo considerar a los ecosistemas como unidades cerradas con un funcionamiento relojero en el que importa la constancia de los individuos y la persistencia de las especies (Marone, 1988). De estas ideas se sigue la metáfora "no se puede arrancar una flor sin que se estremezca una estrella". El problema no radica en la metáfora, sino en que ésta pase de una relación de "semejanza" a ser una verdad revelada para el discurso cotidiano, o que genere por continuidad otros significados (metonimia) en los niveles básicos de educación.

En algunos argumentos cargados de reduccionismo, se invoca al entorno, pero éste es siempre un agregado, un acompañante explícitamente disociado. Un ejemplo de ello es considerar a los ecosistemas como la sumatoria de factores bióticos y abióticos, lo que se sigue de tomar a los sistemas ecológicos como cerrados y en equilibrio. Esta última consideración impediría además, pensar en la regeneración de aquellas zonas llamadas de "recuperación". Tal como lo señalara Marone (op. cit.) corresponden con un estado de conocimiento propio de los años 60 y aún anteriores.

De los supuestos de base previos, propios del ecologismo actual, se desprende la idea de que la humanidad, o en tal caso la manifestación cultural de ella, *ha roto el equilibrio*, generando así una idea distorsionada de cultura, o en tal caso el concepto de cultura "contra natural". Ese discurso lineal y simplista desconoce que son precisamente las raíces naturales de nuestra cultura, la que permite un conocimiento de la naturaleza.

De hecho permite ser ecologista o no. Por eso, el slogan recomienda retornar a la naturaleza o hacer una vida natural, en este sentido la publicidad siempre cumple una cuota muy grande en esta masiva confusión. Si conocemos la naturaleza (siempre desde nuestra cultura) es porque somos inherentemente culturales por naturaleza (Morin, 1983). Quien comprenda esto no requerirá retornar a lugar alguno.

La Ecología de hoy

El desarrollo de los conceptos ecológicos es notable cuando comparamos las ideas surgidas en la década del 50 y 60, prevalecientes en el discurso cotidiano y medios de comunicación masiva, con las ideas en la ecología de los años 90 (Odum, 1992). Hoy, a partir de numerosos aportes provenientes de diferentes disciplinas, es posible decir (a diferencia de lo desarrollado anteriormente) que:

- Un ecosistema es un sistema termodinámicamente abierto, lejos del equilibrio, por esto genera organización, la que lo mantiene alejado del mismo, por lo cual, puede reorganizarse, "recuperarse" frente a cualquier disturbio a menos que éste atente contra la organización misma. La capacidad de producir su reorganización esta dentro de las características comunes a los sistemas ecológicos y reviste primordial importancia a través los conceptos de *renovación limitada* y de *robustez limitada*, siendo ambos conceptos muy próximos entre sí.
- La renovación, está a la base del concepto de sustentabilidad. Toda zona o territorio caracterizado como sistema (ecosistema), tiene la capacidad de renovarse constantemente.
- Aunque esta capacidad pueda ser optimizada de alguna manera, la misma debe ser establecida porque es el pilar de la llamada **sustentabilidad** de cualquier emprendimiento.
- La robustez dice del rango entre la estabilidad del recurso y su vulneración, la cual está en concordancia con la renovación. El *desarrollo sustentable* para la economía debe ser *sostenible* desde los puntos de vista ecológicos arriba mencionados, pues prolongan la utilización de un recurso en el tiempo.
- Dada una frontera asimétrica entre dos sistemas ecológicos, la energía fluirá hacia el lado que contiene mayor información. Esta es una consideración que encuentra su correlato muy importante en economía, ámbito en el que se confunde continuamente mensaje con información.
- Los primeros signos de "estrés" usualmente ocurren en los niveles jerárquicos más bajos, afectando características especiales para las que las partes son menos estables que la totalidad. Por esto "no se estremece una estrella con arrancar una flor".
- La retroalimentación en un ecosistema es interna y no tiene un objetivo fijo, sin embargo, depende de sus fronteras o contornos y puede decirse que, a partir de ese doble juego, selecciona quiénes permanecen más que otros en pos del mantenimiento de la organización. En este sentido lo que podemos decir es que la humanidad actualmente ha escapado (o tiende a escapar) de la regulación local de sus condiciones de vida (por ejemplo

tenemos aire acondicionado), pero no se puede decir que estemos fuera de la regulación biosférica.

- La continuidad vital no depende de una mejor o peor adaptación, sino que las posibilidades de su deriva dependen (y han dependido) del mantenimiento de la adaptación como condición de su continuidad. La continuidad vital, la vida ha estado desde su inicio alejada del equilibrio termodinámico y ese estado se sigue en la ontogenia y en la filogenia.

Estas ideas, amplían las posibilidades hacia la comprensión de unidades complejas y alejan la creencia en un mundo necesariamente frágil que marcha de la mano humana hacia su fin.

Seguramente considerar a la humanidad como parte de la tierra, sin particularidades bioenergéticas especiales, sin ninguna regla especial, será el camino para una ecología generalizada en estos temas. En esto radica también el alerta de algunos ecólogos y ecologistas o para-ecólogos (Margalef, 1982 b).

Profundizar la idea de que los sistemas ecológicos son complejos y que su tratamiento no es trivial (en ningún sentido) es el punto en el que deberían extenderse las dos disciplinas que comparten una parte de sus respectivas etimologías, es decir, la Ecología y la Economía. La aproximación deberá llegar a que juntas gestionen el desarrollo humano y por consiguiente de la biosfera.

LOS MACRO CONCEPTOS DE LA ECOLOGÍA

Breve reseña de su evolución y origen

J. B. Lamarck en 1810 y a partir de su Filosofía Zoológica define y señala la importancia del cambio de los hábitos a partir de las circunstancias en la transformación de los organismos, lo que hoy llamamos evolución biológica. Por aquel entonces, E. Saint Hilaire brindó su apoyo a las ideas de Lamarck pero con una diferencia conceptual muy importante; para Saint Hilaire el ambiente imponía las condiciones de transformación. La teoría darwiniana se siguió de las lamarckianas pero cincuenta años después. Haeckel, profundo admirador de la obra de Lamarck y defensor de las ideas de Darwin, funda el ámbito de su *ökologie* con la idea de la relación organismo-entorno en una época en que los conceptos termodinámicos (Segunda ley de la termodinámica) resultaban contradictorios respecto de los procesos de complejidad y organización crecientes propios de la concepción evolucionista en ciencias naturales.

Ya en nuestro siglo y desde la década del sesenta, los conceptos sobre teoría de sistemas, comunicación y cibernética comenzaban a dar forma a una incipiente teoría ecológica. En esta misma época el discurso "romántico" pregonaba la idea de constancia de condiciones en los ecosistemas, como también la idea de permanencia de las especies, de estas concepciones se acrecienta el conservacionismo y la idea de equilibrio.

En este contexto, tal vez por pretender forzar los aspectos ambientales de una problemática creciente, se acuña y populariza la redundancia "medio-ambiente", sobre todo a partir de su utilización por movimientos ecologistas y su introducción en los discursos políticos. Las ideas del período romántico de la ecología formaron y forman parte del marco conceptual del ecologismo actual, mientras que los conceptos en teoría ecológica siguieron su evolución.

Actualmente, en la década de los noventa, las perspectivas en termodinámica, que se ha venido proyectando desde los setenta, introducen la idea de estabilidad de las condiciones ecosistémicas, entendiendo que la estabilidad comporta cambio (a diferencia del equilibrio), fluctuación en todos los parámetros que puedan componer un ecosistema a favor de mantener la estabilidad y el no-equilibrio como condición del estar alejados de los regímenes termodinámicos lineales.

El ambientalismo se suele presentar en algunos argumentos como la presión unidireccional que modifica de alguna manera la condición los organismos, esta postura, legada tal vez de las diferencias Lamarck-Saint Hilaire y a favor de este último, nada tiene que ver con la idea y teoría de la relación, solo genera una disyunción que lleva a separar al organismo (por pasivo) de su entorno y de sus mutuas dependencias.

La complejidad ecológica emerge en la aparente paradoja de que como organismos estamos en un entorno y al mismo tiempo participamos con él. @

BIBLIOGRAFÍA CITADA

- **BAK, P., K. CHEN & M. CREUTZ.** 1989. Self-organized criticality in the "game of life". *Nature*, 342 (6251): 780-782.
- **BAK, P., K. CHEN & CH. TANG.** 1990. A forest-fire model and some thoughts on turbulence. *Physics Letters*, 147 (5-6): 297-300.
- **BATESON, G.** 1984. *Pasos hacia una ecología de la mente*. Ediciones Carlos Lohlé. Buenos Aires.

- **BERMAN, M.** 1987. *El reencantamiento del mundo*. Cuatro vientos editorial. Santiago de Chile.
- **BERTALANFFY, L. von.** 1934. *Teoría del desarrollo biológico*. Universidad Nacional de La Plata. La Plata. Buenos Aires.
- **FONT QUER, P.** 1976. *Historia breve de las ciencias biológicas*. En: Enciclopedia Labor, Tomo III. Editorial Labor. Barcelona.
- **FOUCAULT, M.** 1986. *Las palabras y las cosas*. Siglo XXI editores. México.
- **GOLA, G., G. NEGRI, y C. CAPELETTI.** 1965. *Tratado de Botánica*. Editorial Labor S.A. Barcelona.
- **HAECKEL, E.** 1947. *Historia de la creación de los seres organizados*. Buenos Aires, Editorial Americana. Argentina.
- **KOMAROV. V.L.** 1949. *Lamarck*. Editorial Lautaro. Buenos Aires. Argentina.
- **LAMARCK, J.B.** 1835. *Histoire naturelle des animaux sans vertèbres*. J. B. Baillière Libraire, Deuxième édition, Paris. Francia.
- **LAMARCK, J.B.** 1873. *Philosophie Zoologique*. Nouvelle Edition, F. Savy Ed., París. Francia.
- **LAMARCK, J.B.** 1910. *Filosofía Zoológica*. Valencia, Sempere y Co. Edit.
- **LAMARCK, J.B.** 1986. *Filosofía Zoológica*. Barcelona, Editorial Alta Fulla.
- **MALPARTIDA, A.R.** 1991. La noción de entorno en etología (una discusión etimo-epistemológica). *Ecognición*, 2 (1): 39-46.
- **MALPARTIDA, A.R.** 1992. *Caracterización Eco-Etológica de Fulica leucoptera Vieillot en los arroyos asociados a la laguna de Chascomús, provincia de Buenos Aires*. Tesis Doctoral N° 591, Facultad de Ciencias Naturales y Museo de la UNLP.
- **MARGALEF, R.** 1982 a. *Ecología*. Editorial Omega. Barcelona. España.
- **MARGALEF, R.** 1982 b. *La teoría ecológica y la predicción en el estudio de la interacción entre el hombre y el resto de la biosfera*. En: Harald Sioli et al *Ecología y protección de la Naturaleza, conclusiones internacionales*. Editorial Blume, Blume Ecología N° 17, Barcelona, 479 p.
- **MARONE, L.** 1988. Acerca de la conservación de la naturaleza y la teoría ecológica. *Evolutiva. Revista Chilena de Historia Natural*, 61: 11-18.
- **MORIN, E.** 1983. *El Paradigma perdido*. Editorial Kairos. Barcelona. España.
- **ODUM, E.** 1972. *Ecología*. Editorial Interamericana. México.
- **ODUM, E.** 1992. Great ideas in ecology for the 1990s. *BioScience* 42 (7): 542-545.

- **PABÓN, J.** 1979. *Diccionario griego-español*. 11^a Edición, Vox. Barcelona. España.
- **PRIGOGINE, I.** 1988. *¿Tan sólo una ilusión? Una exploración del caos al orden*. Tusquets editores, segunda edición, cuadernos ínfimos 111. Barcelona. España.
- **RINGUELET, R. A.,** 1962. *Ecología acuática continental*. Ed. Eudeba, Buenos Aires. Argentina.
- **ROSTAND, J.** 1985. *Introducción a la historia de la biología*. Barcelona, Planeta.
- **SCHRODINGER, E.** 1945. *What is life?*. Cambridge University Press. EE.UU.
- **SINGER, Ch.** 1947. *Historia de la biología*. Espasa-Calpe, S.A. Buenos Aires. Argentina
- **WEAVER, W.** 1972. *La matemática de la comunicación*. En: Smith, A. (Comp.), *Comunicación y Cultura I*, Editorial Nueva Visión, Buenos Aires. Argentina.
- **WIENER, N.** 1975. *Cybernetics*. MIT Press, Cambridge, Mass. EE.UU.