

## UNA PROPUESTA SISTÉMICA SUPERADORA PARA EL ABORDAJE DE LOS PROBLEMAS ONTOLÓGICOS EN ECOLOGÍA

### *A PROPOSAL SYSTEMIC OVERRING FOR APPROACH TO THE ONTOLOGICAL PROBLEMS IN ECOLOGY*

**Carolina Inés García Curilaf**

*(Universidad Nacional de Tres de Febrero, Argentina)*

*carolinagarcia49@gmail.com*

Recibido: 15/10/2017

Aprobado: 11/05/2018

#### RESUMEN

La ecología ha tenido desde sus inicios problemas filosóficos, más precisamente epistemológicos y ontológicos. Este trabajo tiene por objetivo presentar y caracterizar los problemas ontológicos de la ecología. Específicamente tratará el problema ontológico de comunidades y de ecosistemas, es decir, si las comunidades y ecosistemas son meros agregados de organismos, como sostiene el individualismo o si bien las comunidades y ecosistemas tienen una existencia real, como sostiene el holismo. Desde este trabajo se propondrá una posición moderada que tenga en cuenta ambas concepciones ontológicas, con mayor precisión el sistemismo bungeano, según el cual las comunidades y ecosistemas son sistemas que deben ser estudiados tanto en su micro-nivel como en su macro-nivel. Se analizarán las diferentes dificultades que presentan las ontologías individualistas y holistas para asegurar el progreso y la solidez del conocimiento, y se vislumbrarán las ventajas de la implementación de la ontología sistémica en ecología. Se presentarán diferentes ejemplos de investigaciones ecológicas a través de las cuales visualizaremos los supuestos ontológicos del holismo, del individualismo y del sistemismo. Concluiremos que si la ecología asume una posición moderada sobre el estatus ontológico de comunidades y de ecosistemas podrá tener un conocimiento más sólido y realista, y se verá enriquecida a través de ambas concepciones ontológicas y epistemológicas.

Palabras Claves: Ontología, epistemología, ecología, Bunge.

#### ABSTRACT

Ecology has had since its beginnings philosophical problems, more precisely epistemological and ontological. This paper aims to present and characterize the ontological problems of ecology. Specifically, it will address the ontological problem of communities and ecosystems, that is, whether communities and ecosystems are mere aggregates of organisms, as individualism holds or communities and ecosystems have a real existence, as holism holds. This work will propose a moderate position that takes into account both ontological conceptions, with more precision Bunge's system, according to which communities and ecosystems are systems that must be studied at both their micro-level and at their macro-level. The different difficulties presented by individualist and

holistic ontologies will be analyzed to assure the progress and the solidity of knowledge, and the advantages of the implementation of the systemic ontology in ecology will be glimpsed. Different examples of ecological research will be presented through which we will visualize the ontological assumptions of holism, individualism, and systemism. We conclude that if ecology assumes a moderate position on the ontological status of communities and ecosystems it can have greater objectivity, greater and better knowledge and will be enriched through both ontological and epistemological conceptions.

Keywords: Ontology, epistemology, ecology, Bunge

## **Introducción**

La ecología ha tenido desde sus inicios a principios del siglo XX problemas de carácter filosófico, más precisamente epistemológico y ontológico. Los problemas de carácter epistemológico se caracterizan por los desacuerdos reinantes entre los ecólogos acerca de cuál debería ser el método para obtener conocimiento y a qué se considera legítimo conocimiento científico. Para la escuela individualista, el método correcto de obtención de conocimiento es el inductivo, mientras que para la escuela holista es el método hipotético deductivo. La escuela individualista tiene por objeto de estudio a los individuos y a las poblaciones, ya que considera que las comunidades y ecosistemas pueden comprenderse y reconstruirse desde los bajos niveles de organización, mientras que la escuela holista estudia a las comunidades y a los ecosistemas, ya que considera que sólo a través del estudio de los altos niveles de organización se puede obtener conocimiento de los bajos niveles. Dichos problemas filosóficos, que perduran aun hoy, deben visualizarse y ser resueltos para obtener un acuerdo y una unidad en la disciplina y para brindar de esta manera una mejor descripción, explicación y predicción de la naturaleza de los individuos, las poblaciones, las comunidades y los ecosistemas.

Este trabajo tiene por objetivo presentar y caracterizar los problemas ontológicos presentes en las investigaciones ecológicas actuales. Específicamente tratará el problema ontológico de comunidades y de ecosistemas, es decir, si las comunidades y ecosistemas son meros agregados de organismos, como sostiene el individualismo o si bien tienen una existencia real, como sostiene el holismo. Este trabajo propondrá una posición moderada que tenga en cuenta, ambas concepciones ontológicas, con mayor precisión el sistemismo bungeano (Bunge, 1997c; Marone & Bunge, 1998, Looijen, 2000; Mayr, 1982, 2004), según el cual las comunidades y ecosistemas son sistemas interactuantes, que deben ser estudiados tanto en su micro-nivel como en su macro-nivel. Si la ecología toma una posición moderada sobre el estatus ontológico de comunidades y de ecosistemas podrá tener mayor objetividad, mayor y mejor conocimiento y se verá enriquecida a través de ambas concepciones ontológicas y epistemológicas. Para la ontología sistemista no se puede entender la realidad sin totalizarla (sino se unen los elementos unos con otros dentro de un sistema). En el caso de la ecología la totalidad en la que todos los organismos interactúan unos con otros en mayor o menor medida y con el medio ambiente es en el ecosistema. El ecosistema es una totalidad en el sentido que es un concepto que reúne y vincula a los seres vivos y a su medio ambiente, como un todo. Para el sistemismo ontológico es necesario analizar las partes pero teniendo en cuenta al todo.

## **Principios de la ontología holista en ecología**

La ecología comenzó con una visión holista del mundo, los procesos sucesionales descritos por Clements (1916) mostraban sistemas en una integración y coordinación que lo asemejaba a un superorganismo, una unidad orgánica que no podía ser de la suma circunstancial de sus componentes: “al igual que un organismo, una formación vegetal nace, crece y muere”. Para la concepción holista las comunidades y los ecosistemas no pueden estudiarse mediante la reducción a sus partes componentes. Los holistas sostienen que es imposible reducir las teorías acerca de los altos niveles de organización en ecología, a teorías acerca de los bajos niveles de organización. Para el holismo no se puede reducir el todo a sus partes, debido a que esto no nos permite comprender el funcionamiento de los altos

niveles de organización. Los holistas son anti-reduccionistas y son llamados autonomistas (Ayala, 1968; Campbell, 1974; Dobzhansky, 1974; Rosenberg, 1985; Mayr, 2004), porque defienden la autonomía de la biología con respecto a la física y a la química y la biología es una ciencia “como la física y la química” y no una ciencia “exactamente igual a la física y a la química”. Esta sutil diferencia salva a la biología del reduccionismo epistemológico.

El holismo ontológico en ecología envuelve alguna forma de pluralismo, la idea de que todos los niveles de organización son ontológicamente de igual valor. Una de las diferencias fundamentales entre el holismo ontológico y el reduccionismo ontológico es que el primero tienen en cuenta las propiedades emergentes (Mayr, 1982, 2004), sostiene que cada nuevo nivel alto de organización contiene propiedades emergentes que no estaban presentes en los niveles bajos de organización. Las propiedades emergentes se definen como propiedades del todo que no se encuentran presentes en sus partes componentes. La emergencia es la teoría que se caracteriza por señalar que el todo no puede ser deducido desde el más completo conocimiento de sus componentes, tomados separadamente o en otras combinaciones (Bunge, 2004).

Partiendo del enfoque de Clements (1916), el holismo ontológico es organicista. El organicismo es el punto de vista que sostiene que los organismos vivos son complejas estructuras jerárquicas y que las partes están integradas funcionalmente y coordinadas por el todo. Esto significa que no sólo es el todo determinado por estas partes, sino que también son las partes determinadas por el todo. Las propiedades y el comportamiento de las partes pueden ser explicadas sólo en términos de funcionamiento en el todo, ellos contribuyen al adecuado funcionamiento, a la supervivencia y a la reproducción del todo. Para los organicistas (Campbell, 1974; Mayr, 1982, 2004), las explicaciones funcionales son indispensables en ecología. El organicismo expresa que no sólo existe la influencia causal del todo sobre las partes componentes, existe la influencia causal externa sobre el todo, esto es el medio ambiente que lo circunda y por el todo mayor, de que el todo en sí mismo es una parte. Este es un importante punto del holismo, una cierta entidad debe ser considerada como un todo con respecto a los niveles bajos, pero al mismo tiempo como una parte con respecto a los altos niveles de organización.

El holismo enfatiza la emergencia y propiedades irreducibles del todo biológico, también las relaciones funcionales entre las partes y el todo, y la influencia causal del todo sobre sus partes componentes. El holismo estudia el todo en su propio nivel de organización, epistemológicamente las teorías holísticas son asociadas con el fenomenalismo (Mahner & Bunge, 1997). La diferencia mayor entre holismo y reduccionismo metodológico es que el reduccionismo se refiere a los niveles bajos de las partes que forman al todo y el holismo se dedica exclusivamente a los niveles altos del todo y sus relaciones con los niveles altos.

La ecología es vista como una ciencia holista, debido a que trata de las relaciones entre organismos mutualistas y su medio ambiente, y de las interrelaciones y conexiones en la naturaleza. La escuela funcionalista holista (Margalef, 1958, 1968; Odum, 1959, 1969, Mayr 1961, 1982, 2004) argumenta que el nivel fundamental de organización en ecología está formado por ecosistemas y que las investigaciones por lo tanto deberían estar dirigidos a estos sistemas. Quienes asumen que los ecosistemas y las comunidades son entidades ontológicamente reales, argumenta que las investigaciones deberían hacerse directamente sobre los altos niveles de organización.

El holismo radical en ecología (Adams, 1913; Clements, 1916, 1929, 1936; Lindeman, 1942; Odum, 1959, 1969) sostiene que deben estudiarse las entidades de alto nivel de organización, las comunidades y los ecosistemas, y que dicho conocimiento puede utilizarse para explicar los bajos niveles de organización (poblaciones e individuos). Para el holismo radical, las comunidades y los ecosistemas son entidades discretas claramente delimitadas unas de otras, integradas y todas con sus propias propiedades emergentes que no pueden ser derivadas de las propiedades componentes de las especies, de las poblaciones o de los organismos individuales. Las comunidades y ecosistemas son considerados como análogos a un organismo, lo más característico es su capacidad para auto-regularse y para

permanecer en equilibrio, en homeostasis o en estado estacionario, donde una determinada configuración se mantiene gracias a la existencia de procesos estables, son aquellos ecosistemas que presentan bajos niveles de perturbación, se dice que tiene condiciones ambientales estables y permite la interacción de los seres vivos con su ambiente, esto permite que el número de seres vivos de cada especie se mantiene a lo largo del tiempo y por otra parte no presenta factores externo que alteren el equilibrio, como la contaminación, la tala de bosques, entre otros. Son parecidos a los mecanismos fisiológicos que mantienen la homeostasis en organismos. Para el holismo radical, las comunidades y los ecosistemas deberían mostrar un desarrollo desde su juventud, a su estado maduro, compatible con el desarrollo onto-genético de un organismo. La teoría que sustenta el desarrollo de un ecosistema análogo a un organismo se llama sucesión ecológica (Begon, 2006).

Clements (1916, 1929, 1936) considerado el padre de la ontología holista en ecología, describe las comunidades de plantas como superorganismos análogos a los organismos reales que tienen cierta fisiología integrada, crecen, maduran y en entran en una maduración estable a la que llama clímax. Su teoría fue mencionada para explicar un fenómeno que es conocido como sucesión. El desarrollo de una comunidad de plantas comienza con la primera planta sobre un privilegiado lugar desnudo, luego la comunidad pasa por diferentes etapas hasta una fase final más estable denominado clímax climático. Dependiendo de la región biogeografía, será un bosque o una selva. Para Clements esta sucesión no puede ser explicada en términos de adaptación de especies individuales a las condiciones del medio ambiente local. Por el contrario estas son el resultado de interacciones entre especies, en particular de la competencia (interespecífica e intraespecífica): en una sucesión las diferentes especies que componen una comunidad están constantemente bajo la presión de la competencia de otras especies, provocando que en la fase final de la sucesión sólo unas pocas especies dominantes sobrevivan.

Una diferencia entre Clements y más tarde la escuela que fomenta el estudio de los sistemas ecológicos (Margalef, 1958, 1968; Patten, 1959, 1975; Odum, 1959, 1969; Mayr, 1961, 1982, 2004) es que su visión fue primeramente fisiológica ya que considera que los ecosistemas se comportan y funcionan de manera análoga a un organismo.

Los ecosistemas son considerados por el holismo ontológico, como sistemas integrados, con la capacidad de auto-regularse, análogos a la homeostasis en organismos y de auto-ajustarse (Allison & Martiny, 2008). Para Odum (1959) la homeostasis perdura en los sistemas biológicos desde las células hasta los ecosistemas. La norma del sistema es la estabilidad que debe ser archivada y mantenida en los ecosistemas, mecanismos de feedback y una red de información en forma de red de comida y ciclos nutricionales, que integran y coordinan el trabajo de estos componentes. Éstos asumen que hay una relación entre la diversidad de un sistema y la estabilidad y que el sistema más diverso y estable es el ecosistema. Esto puede ser explicado en términos de la cibernética, hay más especies, hay más interacciones, hay más mecanismos de ida y vuelta y hay una red de información, y por lo tanto hay una mejor integración de las partes y el todo que resulta más estable (Elton, 1958; Tilman, 1996).

Patten (1975) llama ecosistema a la unidad de co-evolución, para este autor la evolución es la interacción entre especies en el ecosistema, como la predación y la competencia. Odum (1959) argumenta que el estudio del ecosistema debería ser la base de toda la ecología. El concepto de que el ecosistema es una unidad, de relaciones interdependientes y causales es propio del holismo ontológico (Heageman, 2016). Odum (1959) enfatiza en las interdependencias, en las relaciones, en la idea de estabilidad y en la autorregulación, como las formas del holismo radical en ecología. Si ellos son órganos en organismos, individuos en poblaciones o poblaciones en comunidades y ecosistemas, son vistos como funcionalmente relacionados en el todo.

La perspectiva holista también se ha aplicado a poblaciones, donde las poblaciones son vistas como entidades auto-reguladas que están en equilibrio con su medio ambiente. Se asegura que las poblaciones exhiben homeostasis y otras propiedades propias de un organismo. Cole (1957) habla de mecanismos de auto-regulación que gobiernan y controlan el crecimiento de las poblaciones. Estos aportes han sido conocidos como la escuela de auto-regulación (Heageman, 2016), la cual toma como

punto de partida la estabilidad de la población y le agrega la importancia de la dependencia de la densidad, y los factores bióticos en la regularidad de las poblaciones. Para esta escuela, las poblaciones son sistemas homeostáticos capaces de regular su propio sitio, análogos a los mecanismos de feedback que se aplica en fisiología y que mantienen la estabilidad en los organismos individuales.

### **Problemas de la implementación de la ontología holista en ecología:**

El holismo ontológico radical se presenta básicamente como antianalítico, ya que no estudia las partes componentes de las comunidades y de los ecosistemas, convirtiéndose en una posición epistemológica racionalista por considerar que el conocimiento puede comenzar independientemente de la experiencia y aplicando el método hipotético deductivo. La ontología holista considera a todo el planeta como un único ser vivo, postulado puramente idealista, ya que resulta imposible testear esta hipótesis. Muchos de sus términos teóricos que el holismo sostiene no presentan una correcta contrastación empírica. Quienes asumen que los ecosistemas y comunidades son entidades ontológicamente reales, argumentan que las investigaciones deberían hacerse directamente sobre los altos niveles de organización, olvidándose de estudiar las partes que componen al todo.

El holismo ontológico (Adams, 1913; Clements, 1916, 1929, 1936; Lindeman, 1942; Odum, 1959, 1969) considera que las comunidades y los ecosistemas son todos integrados, análogos a un organismo, es una concepción a priori, ya que no posee pruebas empíricas que sustenten esta hipótesis. La propuesta organicista de Clements (1916, 1929, 1936) no tiene en cuenta los factores abióticos que afectan a la constitución de comunidades y de ecosistemas. Otro de los supuestos cuestionables del holismo ontológico es su consideración a priori acerca del desarrollo de los ecosistemas, creen que los ecosistemas en algún momento entran en una fase final estable denominada clímax. También la perspectiva holista supone de forma ingenua que todo está conectado con todo (Mahner & Bunge, 1997), lo que resulta ser antianalítico y un postulado a priori sin correspondencia empírica.

Por su parte, una versión del holismo ontológico en ecología de comunidades se puede visualizar actualmente en la búsqueda de ciertos patrones, como gradientes de diversidad y abundancia, o número y composición de niveles en las tramas tróficas, sin prestar atención a las identidades de las especies, ni a las causas que explican su persistencia o cambio. También los estudios de diversidad y sucesión de especies en distintos tipos de ensamblajes y en la detección de tendencias en la riqueza de especies. Ejemplos típicos son los estudios sobre gradientes de diversidad (riqueza de especies), latitudinal o altitudinal, los cuales están destinados a la detección de patrones. Estos estudios conducen a la enunciación de ciertas reglas como regularidades estadísticas. Sin embargo, son poco profundos ya que no explican por qué se presentan estas regularidades, un caso bien conocido es el de los gradientes latitudinales de la riqueza de especies. Estos parecen estar relacionados con la diversidad de hábitats disponibles, pero establecer esta correlación deja pendiente la pregunta de por qué hay más diversidad de hábitats en un lugar que en otro. La ontología holista en ecología de comunidades actualmente está muy activa en el ámbito de las tramas tróficas y de la macroecología (Jaksic & Marone, 2007). Muchas veces debido a la dificultad de realizar experimentos manipulativos (Di Pasquo, 2011, 2012, 2014, 2015) que analicen el todo y la parte, y debido a la imposibilidad de conocer y controlar todas las variables, y por los problemas que puede presentar los experimentos por la falta de realismo en sus resultados por tratarse de grandes escalas temporales y espaciales, la ecología en los altos niveles de organización se limita al conocimiento de patrones. Es decir estudios descriptivos, poco profundos que enuncian regularidades, sin explicar el porqué de estas regularidades.

### **Principios de la ontología reduccionista en ecología**

A partir de la década del '20 con el auge de la biología experimental se comenzó a considerar que la ciencia debe operar mediante el análisis detallado mecanicista y atractivamente predictivo de los bajos niveles de organización. Comienza a aparecer en ecología a mediados del siglo XX el reduccionismo ontológico (Deléage, 1993). El reduccionismo estudia las interrelaciones entre individuos dentro de un

ecosistema. El reduccionismo radical afirma que todos los conceptos, leyes y teorías que se han desarrollado para los altos niveles de organización, pueden ser reducidos a conceptos, leyes y teorías que se han desarrollado para los bajos niveles. Se reduce la biología y la ecología a la química y a la física. Como sostenía el Círculo de Viena (Klimovsky, 2001) el conocimiento es empírico y se opone al metafísico. Todo conocimiento sintético a priori (racionalista) era denostado. La ciencia debía ser propiamente empírica y el conocimiento obtenido debía justificarse en la experiencia, la base empírica, el conjunto de hechos en los que se apoyan todo el edificio de la ciencia (Strawson, 1969; Carnap, 1969; Russell, 1977; Carpio, 1995; Lorenzano, 2010). El Círculo de Viena (Klimovsky, 2001) propone la unidad de las ciencias, ya que todas pueden reducirse a una sola, la física. Los reduccionistas son llamados provincialistas, porque consideran que la biología es una parte o provincia de la física (Rosenberg, 1985).

El reduccionismo ontológico extremo denominado atomismo (Gleason, 1926, 1939, 1962; McIntosh, 1982, 1985, 1995), considera que las entidades de más bajo nivel (átomos, partículas subatómicas, partículas quantum) son fundamentales y ellas tienen un plus de valor sobre las entidades de los niveles altos. Ellos son los cimientos del universo y las entidades de alto nivel son meros derivados. Esto fue expuesto por algunos de los miembros del Círculo de Viena (Klimovsky, 2001), las entidades de alto nivel y sus atributos no son nada pero sí epifenómenos, meras derivaciones de las partículas fundamentales. Para el reduccionismo el desarrollo de los organismos vivos deriva de las estructuras físico-químicas inorgánicas. El reduccionismo ontológico asume que las estructuras biológicas están compuestas de y se han desarrollado desde las estructuras físico-químicas y que las primeras debieron ser determinadas causalmente por las últimas. Esto quiere decir que se pueden reducir las teorías acerca de las primeras a teorías acerca de las últimas.

El reduccionismo (Gleason, 1926, 1939, 1962; Connor & Simberloff, 1979; McIntosh, 1982, 1985, 1995; Simberloff, 1980, 1983, 2004) sostiene que las entidades de alto nivel biológico de organización están compuestas de entidades de bajo nivel físico-química, y las primeras son determinadas causalmente por las últimas. La mejor estrategia para obtener conocimiento de los niveles altos de organización es estudiando los mecanismos casuales en el nivel de las partes constitutivas. Por esta razón el reduccionismo es llamado mecanicismo.

Los reduccionistas (Connor & Simberloff, 1979; Simberloff, 1980, 1983, 2004) cuestionan la existencia de las comunidades y ecosistemas, como entidades ontológicas discretas con propiedades emergentes, tales como biomas, productibilidad, diversidad, estabilidad, etc., sólo son agregados accidentales de especies que solamente pasan a compartir el mismo tiempo y lugar. El reduccionismo radical considera que las comunidades y ecosistemas no existen (Mahner & Bunge, 1997), por lo que la investigación de estos niveles de organización resulta inútil.

El reduccionismo radical en ecología fue introducido por Gleason (1926, 1939, 1962), quien formuló conceptos individualistas de las comunidades de plantas, argumentando que estas comenzaron desde especies individuales, que se adaptaron a las condiciones del medio ambiente. Esta afirmación más tarde, se conoció como hipótesis individualistas. Gleason (1926, 1939, 1962) argumenta que la abundancia y distribución de especies está determinada por dos factores: inmigración y condiciones ambientales. Ambos tienen como elemento el azar. Las condiciones ambientales están discretamente distribuidas en el espacio y el tiempo, si bien pueden presentar variaciones. La tolerancia al medio ambiente de diferentes especies no es la misma. Para Gleason (1926, 1939, 1962) la sucesión no es un suceso ordenado y predecible y puede sólo ser explicado desde la dinámica de especies individuales. Durante la última década del siglo XX pareció haber una renovada predilección de los biólogos por realizar aproximaciones microscópicas y reduccionistas del mundo viviente (Brown, 1995), sugiriendo la ventaja en el análisis de las partes de un sistema complejo para comprender su funcionamiento.

El reduccionista radical sostiene que las comunidades y ecosistemas no existen, y que son sólo colecciones de especies (poblaciones) que puede ser explicado en términos de propiedades de especies sobre las condiciones del medio ambiente local (Bunge, 2000; Looijen, 2000; Mayr, 2004). El

reduccionismo considera que cuando se determine la función de cada una de las partes componentes, será una tarea fácil explicar todo lo observado en los más altos niveles de organización. El reduccionismo cree que un fenómeno complejo no puede ser comprendido plenamente sino se lo divide en componentes más pequeños, cada uno de los cuales debe ser estudiado por separado. El mecanicismo sostiene que el todo se puede explicar desde los fenómenos de más bajo nivel.

El reduccionismo fomenta el análisis a través de la descomposición de los sistemas complejos, facilitando la división en partes pequeñas. La disección debería continuar hasta las partes más pequeñas, los átomos y las partículas elementales, y tal disección suministra una explicación completa del sistema complejo.

### **Problemas de la implementación de la ontología reduccionista en ecología**

El reduccionismo utiliza el análisis mecanicista, lo que lleva a una interpretación simplista de los resultados, desconociendo la importancia de las propiedades emergentes de los diferentes niveles y sistemas que estudia (Mayr, 1982, 2004; Looijen 2000). A través del análisis de las partes del todo es imposible recrear las propiedades emergentes de un sistema complejo e interactivo, más aun considerando que estas propiedades cambian en el espacio y el tiempo. Además el desmembramiento que hacen los ecólogos experimentales de los sistemas de estudio no garantiza la comprensión de la naturaleza (explicación) y la dinámica del conjunto para fines predictivos, luego de reensamblar sus partes. En todo sistema complejo existen ciertas propiedades que emergen de las interacciones de sus componentes, afectando su dinámica, además estas propiedades son imposibles de comprender o siquiera percibir analizando sólo los componentes de modo aislado. Las interrelaciones producen propiedades emergentes en un ecosistema como: diversidad, estructura (vertical), estructura trófica, biomasa, productividad, regulación, sucesión ecológica (Begon, 2006; Curtis, 2008). Dentro de la comunidad las relaciones interespecíficas producen propiedades emergentes como: competencia, depredación, parasitismo y mutualismo. Las diferentes interacciones implican generación de procesos de selección natural y coevolución (Begon, 2006; Curtis, 2008). Dentro del nivel población las relaciones intraespecíficas entre organismo de la misma especie que conviven en un mismo espacio y tiempo produce propiedades emergentes: densidad, estructura de edades y sexos, disposición espacial, biomasa, cobertura, natalidad, mortalidad, patrón de crecimiento, patrones de migración, estrategias de vida (Begon, 2006; Curtis, 2008). Dentro del nivel individuo la ecología estudia las relaciones entre el medio ambiente y el organismo. Existe una correspondencia entre los organismos y los ambientes en que vive, está adaptado a un determinado ambiente por medio de la selección natural. Sin embargo, el organismo responde al ambiente generando propiedades emergentes como: irritabilidad, aclimatación, adaptación fisiológica, plasticidad fenotípica. Los organismos están en un ambiente por varias razones, entre ellas, el ambiente que le ofrece condiciones y recursos apropiados para su crecimiento, desarrollo y reproducción (Begon, 2006; Curtis, 2008).

Es evidente que a través del análisis de las partes más pequeñas nadie sería capaz de inferir la estructura de un ecosistema, aunque se le diese un catálogo de todas las especies y características del medio ambiente de las que está compuesto, ya que existen propiedades emergentes (algo nuevo e impredecible) que surgen necesariamente de las relaciones entre los individuos de la misma especie y de diferentes especies entre sí y con el medio ambiente, que son imposibles de predecir valiéndose sólo del análisis y el estudio de las partes de un ecosistema (Mayr, 2004).

El tratamiento de los componentes separados por parte del reduccionismo, no indica nada acerca de sus interacciones y de cómo en el mundo viviente estas interacciones son singulares para cada individuo existente, su singularidad refuta las afirmaciones del reduccionismo. Además, a través de las relaciones cada uno de sus componentes adquiere una propiedad que no poseía antes (esto quiere decir que cambian, se produce algo nuevo y cada elemento deja de ser lo que era antes, al menos parcialmente). Esto último resulta impredecible e inexplicable si sólo se analiza y se estudia a los elementos aisladamente.

Actualmente en ecología sigue estando presente la ontología reduccionista, un ejemplo claro de esto son los organismos llamados bioindicadores. Estos bioindicadores son organismos con un grado de asociación tan grande con el ambiente que sus funciones vitales se relacionan con los efectos ambientales que sufre el hábitat, de este modo se pueden utilizar para inferir modificaciones ambientales sean por causa natural así como por causa antrópica (Hawksworth, 1992). Por lo tanto, utilizando la teoría de las relaciones tróficas y los elementos interactuantes en el equilibrio ecológico que mantienen los nichos en crecimiento (Begon, 2006) se puede alcanzar el concepto de bioindicador, utilizado para realizar evaluación ambiental, y para explicar la estructura de una comunidad. El uso de organismos bioindicadores para la prueba y el seguimiento de la recuperación ambiental, constituye una evidencia de cómo a través del estudio de un organismo participar se reconstituye el funcionamiento del todo. Desde un enfoque ontológico sistémico se considera que para conocer la estructura y funcionamiento de una comunidad/ecosistema es necesario incluir múltiples bioindicadores, ya que mediante estos se pueden analizar las relaciones y vínculos establecidos entre los bioindicadores y el ambiente, reflejando la integridad tanto biológica como ambiental y permitiendo un acercamiento realista del estado del ecosistema.

### **Principios de la ontología sistémica**

El objeto de estudio de la ecología (individuos, poblaciones, comunidades y ecosistemas) provoca problemas filosóficos de carácter ontológico y epistemológico (Bunge, 2000; Mayr 1982, 2004; Looijen, 2000). Como hemos visto uno de los problemas ontológicos de la ecología es el estatus de las comunidades y de los ecosistemas. Es decir, si las comunidades y ecosistemas son meros agregados de organismos, como sostiene el individualismo (Gleason, 1926, 1939, 1962; Connor & Simberloff, 1979; McIntosh, 1982, 1985, 1995; Simberloff, 1980, 1983, 2004) o bien, si las comunidades y ecosistemas realmente existen como un sistema integrado, como sostiene el holismo (Adams, 1913; Clements, 1916, 1929, 1936; Lindeman, 1942; Odum, 1959, 1969; Diamond, 1986). La disputa en ecología entre holismo y reduccionismo forma parte de un problema filosófico de carácter ontológico.

En este trabajo se propone una posición moderada para el problema ontológico de comunidades y de ecosistemas, ya que sólo desde la complementación de ambas perspectivas se fomentará el progreso del conocimiento ecológico. Concretamente en este trabajo se propone, el enfoque sistémico de Mario Bunge (Bunge, 2000, Marone & Bunge, 1998; Looijen, 2000) según el cual las comunidades y ecosistemas son sistemas interactuantes, que deben ser estudiados tanto en, su micro-nivel, como en su macro-nivel. De cualquier forma, ni el individualismo, ni el holismo son sostenibles en ecología. El individualismo ecológico falla porque los organismos entran en interacción unos con otros, cuando los individuos de un modo u otro penetran la vida de los demás. Las interacciones tienen cinco categorías fundamentales: competencia, depredación, parasitismo, mutualismo y detritivorismo (Begon, 2006). De esta manera los predicados ecológicos son binarios, por lo que el individualismo ontológico fracasa, es decir que se presupone la existencia de individuos relacionados. No obstante, una dosis moderada de individualismo metodológico y ontológico puede ser saludable contra el holismo ingenuo, que supone que todo está conectado con todo y que es básicamente antianalítico.

El enfoque sistémico (Bunge, 2000; Marone & Bunge, 1998; Looijen, 2000; Mayr, 1982, 2004) admite la existencia de totalidades, pero sostiene que estas deben ser analizadas en términos de sus componentes, su ambiente y su estructura. Muchas veces ocurre que el holismo y el sistemismo se confunden e incluso hay sistemistas que usan el término holismo, como por ejemplo Mayr (2004). Los ecólogos científicos son clasificados como holistas y son sistemistas, ya que sus tesis son claramente distintas. La tesis ontológica central del sistemismo es: “toda cosa está conectada a alguna otra cosa o cosas” resultando mucho más débil que la tesis ontológica del holista que sostienen que “todo está conectado con todo”. Además, epistemológicamente el sistemismo no es antianalítico como el holista ingenuo. Un sistema se define como un objeto completo, cuyos componentes están ligados entre sí, se comportan hasta cierto punto como una unidad y está incluido en un ambiente determinado. Una posición moderada (Bunge, 2000; Marone & Bunge, 1998; Looijen, 2000; Mayr, 1982, 2004) y

sistémica sugiere como estrategia reducir todo lo que sea posible, pero sin ignorar la diversidad, la emergencia y la pluralidad. Una posición moderada no sólo considera la composición del sistema estudiado, sino también su estructura o sea la red de interacciones y el ambiente. La estrategia de investigación que alienta la búsqueda de mecanismos favorece el estudio de interacciones y es un seguro contra los que pretenden reducir la biología a la fisicoquímica.

Desde la perspectiva de este trabajo, una teoría debería ser holistas con respecto a algunos de los niveles bajos de organización, pero al mismo tiempo reduccionista con respecto a algunos de los niveles altos de organización. La común posición que debería llamarse moderadamente reduccionista y moderadamente holística, dice que las comunidades y ecosistemas son reconocidos como entidades ontológicamente reales, mientras que por otro lado se asume que estas estructuras y dinamismo son determinadas por interacciones entre especies. Las investigaciones deberían hacerse sobre ambos niveles alto y bajo.

La ecología debe buscar una posición intermedia, reconociendo que las comunidades son entidades reales con sus propias propiedades emergentes (como diversidad y productividad) que no está completamente determinado por propiedades de especies individuales, pero por otro lado, intenta explicar esto reduciéndolo a través del análisis de sus partes componentes. Esta posición es moderadamente holista, tanto como moderadamente reduccionista por dos razones. Primero porque reconocen que las comunidades y los ecosistemas son entidades ontológicamente reales, con propiedades emergentes, mientras que por otro lado, explica esto en términos de sus partes componentes, y segundo porque las explicaciones son dadas en términos de interacciones entre especies. En ecología es bastante usual caracterizar explicaciones de estructuras de comunidades y dinámica en términos de relaciones entre especies y factores abióticos ambientales como reduccionistas y explicaciones en término de bióticas interacciones entre especies como holistas.

La ecología debe adoptar el análisis. Éste difiere del reduccionismo, ya que si bien, sostiene que los componentes de un sistema revelados por el análisis aporten información sobre todas las propiedades de un sistema, por otro lado, el análisis no suministra una descripción plena de las interacciones entre los componentes de un sistema. Sin embargo, resulta necesario adoptar el análisis en ecología para no caer en un holismo radical.

El análisis biológico debe adoptar un enfoque diferente, basado en: a) la percepción de todos los sistemas ordenados, que deben gran parte de sus propiedades a esta organización y no a las propiedades fisico-químicas de los componentes, b) la percepción de que existe un sistema de niveles de organización con las propiedades de los sistemas más elevados, no necesariamente reducibles o explicados por los niveles inferiores; c) el reconocimiento de que los sistemas biológicos almacenan información adquirida históricamente y no accesible al análisis fiscalista reduccionista y d) el reconocimiento de propiedades emergentes. En los sistemas complejos emergen a menudo propiedades nuevas que no son desplegadas por un conocimiento de los componentes de esos sistemas.

Existen ejemplos de cómo la investigación ecológica utiliza la ontología sistémica que pueden mencionarse. Cito:

Uno de ellos es el de la Lechuza Batarás Californiana (*Strix occidentalis caurina*), un ave que ha devenido en un símbolo de la conservación y que estuvo en el centro de una controversia de dos décadas entre la industria maderera y los grupos conservacionistas, y que llegó hasta la Corte Suprema de EEUU. En los años 1970 la estrategia de manejo en los bosques del oeste estadounidense era una de “usos múltiples”, que pretendía preservar su fauna y flora a la vez que promovía su utilización tanto para recreación como para actividades productivas (por ejemplo, forestales). La idea de los administradores era que no iban a producirse efectos notables sobre el ambiente mientras estas actividades fueran sustentables. Así, la industria maderera extraía árboles de los bosques y plantaba nuevos, creando un mosaico difuso de bosques de diferentes edades, pero manteniendo mayormente la cobertura boscosa total. Sin embargo, la lechuza comenzó un camino de declinación poblacional muy marcado. Los ecólogos especialistas en conservación iniciaron un conjunto de estudios para determinar las causas. Pronto se hizo evidente que existía una fuerte asociación entre la lechuza y los bosques prístinos, aquellos que no habían sido utilizados y que cada vez ocupaban una menor extensión. La lechuza estaba siendo confinada

progresivamente a porciones de estos bosques cada vez más pequeñas y aisladas entre sí. ¿Cuáles eran las causas? A partir de los estudios realizados, los ecólogos llegaron a la respuesta: la lechuza depende de esos bosques porque se alimenta preferentemente de roedores que habitan bosques prístinos con árboles de gran tamaño, como la ardilla voladora (*Glaucomys sabrinus*), y porque necesita de huecos en los árboles para nidificar, los cuales solo están presentes en árboles de mucha edad (> 150 años). La disputa legal se resolvió finalmente a favor de los ambientalistas, y este resultado fue posible gracias a aquella acumulación de estudios que permitieron a los defensores de esta ave mostrar las causas específicas de su declinación. De esta manera, los estudios ecológicos utilizando el enfoque ontológico sistémico detectaron las causas de la declinación poblacional, encontrándose una solución científica y aplicable para el reto de su conservación (Marone, 2007: 65-66).

Otro de los ejemplos concretos de la presencia de la ontología sistémica en ecología son los estudios realizados por Jobbágy (2000, 2008) sobre ecohidrología en sistemas leñosos y herbáceos. En estas investigaciones se detalla como el cambio de vegetación, en particular, la transición entre sistemas leñosos a herbáceos, y la transición a sistemas herbáceos a sistemas leñosos, puede alterar de manera significativa el balance de agua y el flujo de sales en los ecosistemas. En sus palabras:

Dada la estrecha relación entre la dinámica de las aguas subterráneas y de las sales, estas alteraciones hidrológicas pueden también modificar los patrones de acumulación y distribución de sales desde la escala de parcela a paisaje. Afectando los servicios ecosistémicos tales como la provisión de agua para consumo humano, la alimentación de sistemas de energía hidroeléctrica y la regulación de inundaciones. De forma recíproca, el sistema hidrológico puede influenciar el funcionamiento de los ecosistemas. Por ejemplo, puede deteriorar su productividad cuando las napas inundan el terreno, o lavar sales que se acumulan en el suelo o, por el contrario, puede aumentar su productividad cuando las napas suplementan los aportes insuficientes de las lluvias (Jobbágy, 2008: 316-319).

Es así como sólo a través de estudios profundos que buscan explicar las causas y que tienen en cuenta el análisis del sistema y las interrelaciones entre las partes componentes que se pueden explicar las causas y consecuencias de las modificaciones antrópicas sobre los ecosistemas y plantear soluciones concretas y aplicables a fin de disminuir el impacto de la actividad agrícola y maderera. En el caso de estas investigaciones (Jobbágy, 2000, 2008) se propone emular el funcionamiento de los sistemas naturales reemplazados y de esta forma poder reconciliar a la producción agrícola y maderera con la regulación hidrológica.

Debido a que las aproximaciones clásicas para entender los cambios en la diversidad analizan la abundancia, la riqueza de especies y los índices de diversidad y equidad (Morin, 2011), basándose en el análisis de la diversidad taxonómica de sus componentes, la cual supone una equivalencia ecológica entre las especies, lo que implica que todas tienen la misma probabilidad de sobrevivir y reproducirse (Chave, 2004). En los últimos años surgió el estudio de la diversidad funcional con el objetivo de incorporar las características funcionales de cada una de las especies dentro de la dinámica de los ecosistemas (Tilman, 1997; Mouchet, 2010; Cadotte, 2011). La diversidad funcional ha sido propuesta como la clave para entender la relación entre la diversidad, la estructura de las comunidades y el funcionamiento de los ecosistemas (Tilman, 1997; Chapin, 2000; Díaz & Cabido, 2001; Naeem & Wright, 2003).

## **Conclusión**

Los ecólogos que siguen la corriente organicista (Clements, 1916; Odum, 1959, 1969; Diamond, 1986) consideran que las comunidades y ecosistemas son superorganismos, es decir sistemas integrados, coordinados y autorregulados. En cambio, los seguidores del enfoque individualista (Gleason, 1926, 1939, 1962; Connor & Simberloff, 1979; McIntosh, 1982, 1985, 1995; Simberloff, 1980, 1983, 1986) creen que las comunidades y ecosistemas, sólo son agregados causales de organismos, carentes de cohesión interna y coordinación. Para esta última definición las comunidades y ecosistemas sólo son analizables en términos de individuos, como por ejemplo a través de bioindicadores, los cuales estudian un individuo determinado y a través de él explican el funcionamiento de todo un ecosistema. Por un lado, la posición ontológica del individualismo (Gleason, 1926, 1939, 1962; Connor & Simberloff, 1979; McIntosh, 1982, 1985, 1995; Simberloff, 1980, 1983, 1986) es atomista, el mundo

es un agregado de unidades de unos pocos tipos y una epistemología reduccionista de acuerdo con la cual el conocimiento de la composición de la totalidad, si la hay, resulta necesario y suficiente para entenderla. Por otra parte, la posición ontológica del holismo (Adams, 1913; Clements, 1916, 1929, 1936; Lindeman, 1942; Odum, 1959, 1969; Diamond, 1986), muestra totalidades orgánicas que no son descomponibles en partes. Para la ontología holística, las totalidades deben ser aceptadas y aprehendidas en su propio nivel, en lugar de analizarlas.

Es por todo esto que las investigaciones ecológicas deben tomar una posición moderada con respecto al estatus ontológico de comunidades y de ecosistemas, favoreciendo la investigación, tanto de los micro-niveles como de los macro-niveles de organización y complementando la información recabada. Lo mismo sucede en el plano metodológico de las investigaciones en ecología, si los ecólogos toman una posición intermedia entre el racionalismo y el empirismo podrán explicar, predecir y describir con mayor precisión los fenómenos naturales. Bunge sostiene que todo lo que existe es un sistema o un componente de un sistema, por lo que tienen en cuenta a la parte y al todo. También que todo sistema puede caracterizarse por sus componentes, su entorno y las relaciones de los componentes entre sí y con el entorno. Además cada sistema posee una colección de propiedades que sus partes no poseen. Si todo es o está en un sistema, el modo adecuado de investigar la realidad es el enfoque sistémico (postura moderada ontológica). La solución sistémica de Bunge, consiste en un medio entre el holismo y el individualismo, hay que investigar el todo y la parte, paso a paso pero todo junto. El sistemismo reconcilia procesos que ocurren en diferentes niveles de organización biológica, desde poblaciones hasta comunidades y meta-comunidades, dentro de estructuras que permiten la comprensión de feedbacks existentes entre la estructura y dinámica de comunidades y el de los ecosistemas.

## **Bibliografía**

Adams, C. C. (1913). *Guide to the study of animal ecology*. Mac Millan. New York.

Allison, S. D. & Martini, J. B. H. (2008). "Resistance, resilience, and redundancy in microbial communities". *Proceeding of the National Academy of science*. USA. 105. 11512-11519.

Ayala, F. (1968). "Biology as an autonomous science". *American Scientist*. 56, 207-221.

Begon, M. Harper, J.L. and Townsend, C. R. (2006). *Ecology: individuals, populations and communities*. 3rd ed. Blackwell Science Ltd.

Brown, J. (1995). *Macroecology*. The University of Chicago Press. Chicago.

Bunge, M. (1997). *Ciencia, técnica y desarrollo*. Sudamérica. Buenos Aires.

Bunge, M. (2004). *Emergencia y convergencia. Novedad Cualitativa y unidad del conocimiento*. Gedisa. Barcelona.

Cadotte, M.W., Carscadden, K., Mirotchnick, N. (2011). "Beyond species: functional diversity and the maintenance of ecological processes and services". *Journal of Applied Ecology*. 48. 1079-1087.

Campbell, D. (1974). "Downward causation in hierarchically organized biological system" In: Ayala, F. and Dobzhansky, T. (eds.) (1974). *Studies in the philosophy of biology*, Mac Millan. London. 179-1286.

Carnap, R. (1969). *Fundamentación lógica de la física*. Sudamericana. Buenos Aires.

Carpio, A. (1995). *Principios de Filosofía: Una introducción a su problemática*. Glauco. Buenos Aires.

- Chapin, F.S., Zavaleta, E.S., Eviner, V.T., Naylor, R.L., Vitousek, P.M., Reynolds, H.L. et al. (2000). "Consequences of changing biodiversity". *Nature*. 405. 234-242.
- Chave, J. (2004). "Neutral theory and community ecology". *Ecology Letters*. 7. 241–253.
- Clements, F. E. (1936). "Nature and structure of the climax". *The Journal of Ecology*. 24. 252-284.
- Clements, F. E., Weaver J. F and Hanson H. C. (1929). *Plant competition*. Washington Publication. Carnegie Institution.
- Clements, F. E. (1916). *Plant succession: an analysis of the development of vegetation*, Publication of the Carnegie Institution. Washington.
- Cole, L. (1957). "Sketches of general and comparative demography". *Cold Spring Harbour Symp. Quantitative Biology*. 22. 1-15.
- Connor, E. and Simberloff, D. (1979). "The assembly of species communities: chance or competition?". *Ecology* 60 (6). 1132-1140.
- Curtis, H., Barnes, S., Schnek, A. y Massarini, A. (2008). *Curtis Biología*. Médica Panamericana. Buenos Aires.
- Deléage, J. (1993). *Historia de la ecología*, Icaria. Barcelona.
- Di Pasquo, F. M. & G. Folguera. (2012). "Sobre la experimentación y su rol epistémico en la ecología: el caso de la ecología del paisaje". *Revista Colombiana de Filosofía de la Ciencia*. 25. 99-120.
- Di Pasquo, F. M. (2014). "La norma global y la fractura ecológica. Una tesis de historia sincrónica. Doctor en Ciencias Biológicas". *Facultad de Ciencias Exactas y Naturales*, Universidad de Buenos Aires. Buenos Aires, Argentina.
- Di Pasquo, F. M. (2015). "La norma global y la fractura ecológica". *Revista Colombiana de Filosofía de la Ciencia*. 30. 173-195.
- Di Pasquo, F. M., G. Folguera & A. Onna. (2011). "La ecología disciplinar y la intrusión de la problemática ambiental: hacia la 'percepción de fenómenos globales'". *Observatorio Medioambiental*. 14. 21-39.
- Diamond, J. M. (1986). "Overview: Laboratory experiments, field experiments, and natural experiments", in Diamond, J. M. and Case, T. J. (eds) (1986). *Community ecology*. Harper and Row. Nueva York. 3-25.
- Díaz, S. & Cabido, M. (2001). "Vive la difference: plant functional diversity matters to ecosystem processes". *Trends in Ecology and Evolution*. 16. 646-655.
- Dobzhansky, T. (1974). "Chance and creativity in evolution" in Ayala, F. and Dobzhansky, T. (eds.) (1974). *Studies in the philosophy of biology*. Mac Millan. London. 307-337.
- Elton, C. S. (1958). *The ecology of invasions by animals and plants*. Chapman y Hall. Nueva York.
- Gleason, H. (1926). "The individualistic concept of plant association". *Bulletin of the Torrey Botanical Club*. 53. 7-26.
- Gleason, H. (1939). "The individualistic concept of the plant association". *The American Midland Naturalist Journal*. 21. 92-110.

- Gleason, H. (1962). "The individualistic concept of the plant community", *Bulletin of the Torrey Botanical Club*. 53. 1-20.
- Hawksworth, D.L. (1992). "Litmus tests for ecosystem health: the potential of bioindicators in the monitoring of biodiversity" in: M. S. Swaminathan & W. S. Jana (eds.) (1992). *Biodiversity: Implications for global food security*. Madras Macmillan. India. 184- 204.
- Haegeman, B.; Arnoldi, J. F.; Wang, S.; Mazancourt, C.; Montoya, J. M.; & Loreau, M. (2016). "Resilience, invariability and ecological stability across levels of organization". *Biorxiv* preprint first posted online.
- Jaksic, F. & Marone, L. (2007). *Ecología de comunidades*. Santiago. Universidad Católica de Chile. Chile.
- Jobbágy, E. G. and R. B. Jackson. (2000). "The vertical distribution of soil organic carbon and its relation to climate and vegetation. *Ecological Applications*. 10(2). 423– 436.
- Jobbágy, E. G., M. D. Noretto, C. S. Santoni and G. Baldi. (2008). "El desafío ecohidrológico de las transiciones entre sistemas leñosos y herbáceos en la llanura Chaco-Pampeana". *Ecología Austral*. 18. 305-322.
- Klimovsky, G. (2001). *La desventura del conocimiento científico. Una introducción a la epistemología*. A-Z. Buenos Aires.
- Lindeman, R. (1942). "The trophic-dynamic aspect of ecology". *Ecology*. 23, 399-418.
- Looijen, R.C. (2000). *Holism and reductionism in biology and ecology. The mutual dependence of higher and lower level research programmes*. Kluwer Academic Publishers. Dordrecht.
- Lorenzano, C. (2010). "Concepción estructural del conocimiento científico, metodología de los programas investigativos y criterios para formular políticas de investigación". *Electroneurobiología*. 18 (1). 3-254.
- Mahner M. & Bunge M. (1997). *Foundations of biophilosophy*. Springer. Berlin.
- Margalef, R. (1958). "Information theory in ecology" *International Journal of General Systems*. 3. 36-71.
- Margalef, R. (1968). *Perspectives in ecological theory*. University of Chicago Press. Chicago.
- Marone, L. & M. Bunge (1998). "La explicación en ecología". *Boletín Asociación Argentina de Ecología*. 7. 35-37.
- Marone, L., J. López de Casenave & R. Gonzales del Solar. (2007). "Qué guía la investigación y profesión ecológica: ¿Los hechos o las ideas?" en: A. Arduci, A. Mangione & Lijteroff (eds). *Café ciencia*. Editorial de la Universidad Nacional de San Luis. San Luis, Argentina. 53-67.
- Mayr, D. (1961). "Cause and effect in biology". *Science*. 134. 1501-1506.
- Mayr, D. (1982). *The growth of biological thought: diversity, evolution and inheritance*, Cambridge. Harvard U.P.
- Mayr, D. (2004). *Por qué es única la biología. Consideraciones sobre la autonomía de una disciplina científica*, Katz. Buenos Aires. [2006].

- McIntosh, R. (1982). "The Background and some current problems of theoretical ecology". In Saarinen, E. (ed.) (1982). *Conceptual Issues in ecology*. Reidel Publishing Company Boston. 1-61.
- McIntosh, R. (1985). *The background of ecology: Concept and Theory*. Cambridge, Mass. Cambridge.
- McIntosh, R. (1995). "Gleason's individualistic concept and theory of animal communities: a continuing controversy". *Biological Reviews*. 70. 317-357.
- Morin, P.J. (2011). *Community ecology*. Wiley Blackwell. Estados Unidos.
- Mouchet, M.A., Villéger, S., Mason, N.W.H. & Mouillot, D. (2010). "Functional diversity measures: an overview of their redundancy and their ability to discriminate community assembly rules". *Functional Ecology*. 24. 867- 876.
- Naeem, S. & Wright, J.P. (2003). "Disentangling biodiversity effects on ecosystem functioning: deriving solutions to a seemingly insurmountable problem". *Ecology Letters*. 6. 567-579.
- Odum, E. (1959). *Fundamentals of ecology*. Saunders. Philadelphia.
- Odum, E. (1969). "The strategy on ecosystem development". *Science*. 165. 262-270.
- Patten, B. (1959). "An introduction to the cybernetic of the ecosystem: the trophic dynamic aspect". *Ecology*. 40, 221-231.
- Patten, B. (1975). "Ecosystem as a coevolutionary unit: a theme for teaching system ecology". In: Innis, G. (ed.), *New directions in the analysis of ecological systems. Society for computer simulation*. La Jolla. California. 1-8.
- Rosenberg, A. (1985). *The structure of biological science*. Cambridge University Press. Cambridge.
- Russell, B. (1977). *El conocimiento humano*. Taurus. Madrid.
- Simberloff, D. (1980). "A succession of paradigms in ecology". In: Saarinen, E. (ed.) (1980). *Conceptual Issues in ecology*. Reidel. Dordrecht. 63-100.
- Simberloff, D. (1983). "Competition theory, hypothesis testing and other community ecological buzzwords". *The American Naturalist*. 122. 626-635.
- Simberloff, D. (2004). "Community ecology: is it time to move on?". *The American Naturalist*. 163. 787-799.
- Strawson, P. F. (1969). *Introducción a la teoría de la lógica*. Nova. Buenos Aires.
- Tilman, D. (1996). "Biodiversity: population versus ecosystem stability". *Ecology*. 77. 350-363.
- Tilman, D. (1997). "Distinguishing between the effects of species diversity and species composition". *Oikos*. 80. 185-185.
- Tilman, D.; Knops, J., Wedin, D.; Reich, P.; Ritchie, M. & Siemann, E. (1997). "The influence of functional diversity and composition on ecosystem processes". *Science*. 277. 1300-1302.