

Ecología, regulación y manejo del ambiente

Unidad 1: La ecología como ciencia

Autores: Pablo E. Villagra, Carlos B. Passera y Carmen Sartor

1. ¿Qué es la ecología?

Los invitamos a ver este video para introducirnos al tema.

<https://youtu.be/kr7mLzcZVVA>

2. Definición de Ecología

Como vimos en el video anterior, la Ecología es una ciencia que estudia las interacciones entre los organismos y su ambiente. Esta definición sólo es correcta si entendemos el término ambiente en su acepción más amplia. Ambiente incluye no sólo las condiciones físicas y químicas, sino también los otros organismos con los que interactúa un organismo. Estas interacciones determinan la distribución y abundancia de los organismos.

La ecología es una ciencia porque aplica el método científico en la generación del conocimiento. Esto implica una sucesión cíclica de pasos, es decir: la descripción de un fenómeno; el planteamiento de hipótesis que expliquen el fenómeno; el diseño de una metodología que permita descartar secuencialmente algunas de esas hipótesis hasta quedarse con la mejor de ellas; a partir de esta hipótesis se generan nuevas hipótesis y observaciones que amplían el conocimiento; y si alguna nueva evidencia rechaza la hipótesis firme, se empieza nuevamente el proceso. Con esta aclaración diferenciamos a la Ecología de las acepciones éticas y estéticas con la que se la asocia (Fuentes, 1989).

La ecología es una ciencia que relaciona distintos conceptos provenientes de diversas disciplinas, entre ellas la genética, la fisiología, la física, la química, la etología, la sociología, la geografía, la climatología, etc. Por esto, podemos afirmar que la ecología es una ciencia de síntesis ya que un conjunto de conocimientos originados independientemente convergen en una disciplina integradora.

Es importante aclarar que la Ecología no estudia sólo los ecosistemas naturales sino que se interesa también por los sistemas producidos por el hombre o influidos por él como lo son los sistemas agrícolas o las ciudades.

3. Historia de la ecología

Se inicia con la misma humanidad, los primitivos habitantes de este planeta eran cazadores-recolectores, para ello debían conocer los lugares y el momento donde encontrar los alimentos. Luego, al iniciar actividades agrícola- ganaderas debe incorporar otros conocimientos como los referidos al modo de cultivo de los vegetales o crianza de animales domésticos, allí se inicia la domesticación de especies vegetales y animales. Desde el punto de vista científico, se encuentran principios ecológicos en los tratados de los griegos, los hebreos y los romanos. Posteriormente, se realizan numerosos trabajos de historia natural durante el Renacimiento y los siglos XVI, XVII y XVIII impulsados por los descubrimientos geográficos. Finalmente, en el siglo XIX adquiere identidad como ciencia al desarrollarse un cuerpo de conocimientos reconocibles.

A continuación, se mencionan algunos de los hechos más significativos en el desarrollo de la ecología como ciencia:

<https://www.timetoast.com/timelines/2325315>

- En 1662, Graunt inicia estudios descriptivos de poblaciones humanas, que se convierten en los primeros estudios demográficos.
- En 1798, Malthus publica ideas catastróficas denunciando que mientras el crecimiento de la población humana es geométrico el de los alimentos es aritmético.
- A fines de los 1800 y comienzos del 1900 aparecen las primeras denuncias sobre la extinción de especies y sobre la competencia; pasando de la idea del equilibrio providencial natural a los conceptos de selección natural y supervivencia.
- En 1859, Charles Darwin publica “El origen de las especies” donde plantea la teoría de evolución y selección natural, base de la moderna ecología evolutiva.
- En 1869, Ernst Haeckel define por primera vez el término Ecología como “el estudio científico de las interacciones entre los organismos y el ambiente”.
- En 1916, Clements y, posteriormente, Gleason en 1926 dan explicaciones opuestas acerca de los factores que determinan el desarrollo de las comunidades, iniciando la discusión sobre este tema.
- En 1927, Elton en su “Ecología animal” dio gran impulso a lo que es hoy la ecología moderna, haciendo estudios de distribución y abundancia, y de las relaciones entre animales de una misma comunidad. En 1949, este autor define el hábitat como “un área con cierta uniformidad en cuanto a su geografía física, vegetación, etc.”. Elton también define el concepto de nicho como “el papel que dentro de la comunidad desarrolla cada ser”.

- A pesar de estos avances en los estudios ecológicos, recién a partir de 1960, la ecología es considerada como una ciencia establecida.
- Krebs, en 1972, define la Ecología como “el estudio científico de las interacciones que determinan la distribución y abundancia de los organismos” (Krebs, 2009).
- Begon et al. (Begon et al., 1988) interpreta que la ecología es una ciencia de síntesis que intenta describir, explicar o comprender los fenómenos biológicos, y ser capaz de predecir lo que sucederá al organismo, población o comunidad bajo un conjunto determinado de circunstancias y, en esas condiciones, poder controlarlo y explotarlo (aplicación).

Si bien las definiciones son diferentes, el concepto común a todas ellas, es el de **interacciones** o **interrelaciones**, que son el principal motivo de estudio de la ecología, ya que su objetivo es descubrir los principios que gobiernan esas interrelaciones (Gallopín, 1982).

4. Importancia del estudio de la ecología

Las actividades humanas como la agricultura y la acuicultura son totalmente dependientes de las relaciones ecológicas del mundo natural. Por esto, la Ecología moderna incluye en sus estudios no sólo los ambientes naturales sino también las tierras cultivadas, bosques implantados y las poblaciones manejadas de peces o ciervos por ejemplo. El estudio en ambientes naturales tiene por objetivo entender cómo funciona la naturaleza en ausencia de intervención humana, mientras que en los ambientes manejados el objetivo es aplicar principios de la ecología para sostener e incrementar la cosecha.

Desde el punto de vista agrícola se estudian los sistemas agrícolas y ganaderos para generar técnicas de manejo que maximicen ciertos objetivos, principalmente el económico, teniendo en cuenta las restricciones que impone el ambiente. La Ecología le brinda herramientas conceptuales para la comprensión de la organización del agroecosistema y, en consecuencia, para el desarrollo de nuevas tecnologías agronómicas. En la ecología encontramos los conocimientos para crear un marco de análisis holístico, más adecuado para interpretar integralmente los problemas agronómicos.

Otra razón para el estudio de la ecología tiene que ver con la crisis ambiental. La ecología permite entender mejor la posición del hombre en las relaciones que establecemos con el ambiente y con los organismos que nos rodean. La cantidad de habitantes y la enorme capacidad tecnológica han provocado una profunda alteración del ambiente y de las relaciones del hombre con su medio. El conocimiento de la cuantía y las verdaderas implicancias ecológicas de nuestras relaciones con el medio es importante

para la toma de decisiones acerca de la forma de relacionarnos en forma sustentable con el ambiente y las medidas de restauración necesarias.

Es importante destacar que los problemas prácticos de manejo tienen facetas ecológicas pero requieren consideraciones económicas, sociales y éticas que delimitan las soluciones posibles. No hay una “manera ecológica” de proceder sino “consideraciones ecológicas” que contemplar en las decisiones que se toman (Fuentes, 1989).

4. Marco conceptual de la Ecología.

La teoría de la evolución y la teoría de sistemas son el marco conceptual de la Ecología.

4.1. Ecología y Evolución

En biología nada tiene sentido si no se lo observa a través del prisma de la Evolución (Theodosius Dobzhansky 1900-1975). Así, los patrones ecológicos se explican y fundamentan a través de la Teoría de la Evolución. Cómo dijimos, la ecología estudia la relación entre los organismos y su ambiente, y la primera afirmación que podemos hacer al respecto es que los organismos no están distribuidos al azar entre los distintos ambientes, sino que existe una correspondencia entre ambos. Este ajuste entre los organismos y su ambiente es fácil de comprender si se entiende la forma en que los organismos se han adaptado a su ambiente o, mejor expresado, han sido adaptados por su ambiente. Los organismos que observamos en la actualidad han surgido de modificaciones de formas de vida más antigua que han sido sometidas a cambios en su reservorio génico a través de numerosas generaciones.

No hay una simple definición de Evolución. Los postulados que mejor la definen integran los puntos de vista de Charles Darwin y los actuales conocimientos de la herencia (Mendel) y cambios genéticos de poblaciones. Al nuevo grupo de postulados que integran ambos conjuntos de conceptos se lo denomina **Teoría Sintética de la Evolución**. Para esta teoría, la evolución son los cambios graduales y continuos en el reservorio génico de las poblaciones.

En este video se explica (de un modo muy divertido) cómo es el proceso de adaptación y especiación de las especies: <https://youtu.be/Cz6VTtIQksE>

Podemos resumir esta teoría de la siguiente manera:

- Los individuos que constituyen una población no son idénticos, muestran variaciones en sus diferentes características, por ejemplo en el tamaño, respuesta a la temperatura, etc.
- Por lo menos parte de esta variación es hereditaria.
- Todas las poblaciones tienen la potencialidad de poblar toda la Tierra si todos los

individuos sobrevivieran y produjeran el máximo número de descendientes. - Sin embargo, los distintos individuos dejan diferente número de descendientes. La cantidad de descendientes que deja un individuo depende de la interacción entre las características del individuo y las del ambiente.

- Entonces, la evolución se produce mediante la interacción de la variabilidad genética de las poblaciones y el filtro ejercido por el ambiente.
- Las características de los individuos capaces de dejar más descendientes en un ambiente determinado se verán más representadas en las generaciones siguientes.
- Esta reproducción diferencial de los individuos de una población se denomina selección natural (Figura 1)
- Las principales fuentes que introducen variabilidad son: a) las mutaciones (fuente primaria), las recombinaciones genéticas (secundaria) y c) las migraciones (flujo génico).
- El éxito ecológico de una especie, de una población o un organismo se mide a través de su **éxito reproductivo** o **eficacia biológica**; esto es la contribución proporcional de los individuos a las generaciones futuras.
- Organismos con alta eficacia biológica en un ambiente puede tener baja eficacia biológica en otro.
- Las consecuencias de la evolución son la adaptación y la especiación.

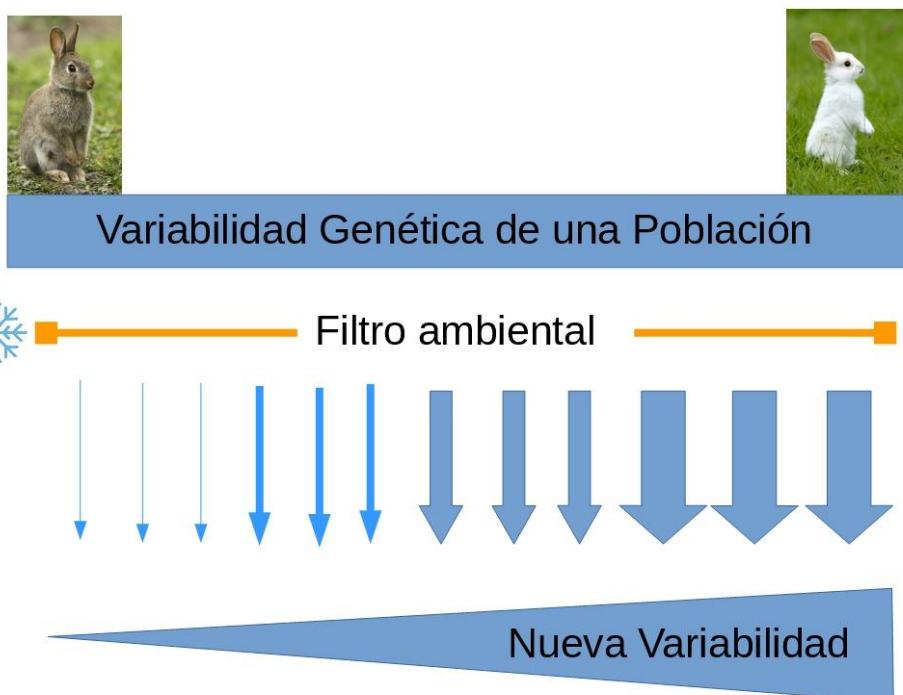


Figura 1. Diagrama esquemático de los cambios en el reservorio génico de una población de conejos por selección natural, donde el filtro ambiental es

un ambiente frío con nieve.

4.1.1. ¿Qué es la eficacia biológica o el éxito reproductivo?

Es una medida de la contribución de un individuo a las futuras generaciones podría entenderse como el valor adaptativo de un individuo. Un individuo con mayor eficacia biológica deja más descendientes en un ambiente que uno de menor. Hay características de los organismos que otorgan mayor eficacia biológica y estas características están asociadas al genotipo del individuo y se heredan por la descendencia. Entonces la evolución favorecerá los caracteres que incrementen la eficacia biológica. Debe tenerse en cuenta que la eficacia biológica no es absoluta sino que depende siempre del ambiente donde está el organismo; que no se relaciona sólo con la tasa de reproducción sino que tiene en cuenta la supervivencia; que no se mide en el corto plazo, aunque los ecólogos toman mediciones en el corto plazo que se asumen relacionadas al éxito reproductivo de la especie; y que no depende sólo de una característica sino del organismo en su totalidad (Krebs, 2009).

4.2. Sistemas ecológicos

Un **sistema** es un conjunto coherente de elementos interactuantes o interdependientes. Cada una de sus partes está relacionada de tal modo con las otras que una alteración en una de ellas provoca un cambio en todas las demás. A su vez, los elementos que conforman un sistema pueden ser otros sistemas (subsistemas) conformando distintos **niveles de organización** de la materia de distintos grados de complejidad, donde un determinado nivel de organización está formado por subgrupos integrados por el nivel de complejidad anterior. Al combinarse subgrupos o componentes para producir entidades funcionales de mayor complejidad, emergen nuevas propiedades no presentes en el subgrupo o componente predecesor (Figura 2).

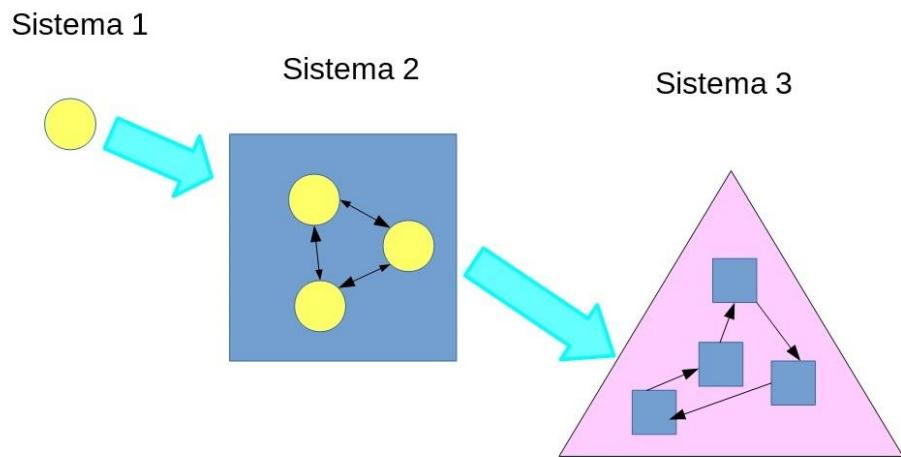


Figura 2. Diagrama esquemático de la teoría de sistemas. El sistema 2 surge de la interacción entre los elementos del sistema 1. Esta interacción le otorga determinadas características a este sistema (propiedades emergentes) que no pueden ser explicadas con la mera descripción de los componentes del sistema. A su vez, el sistema 2 es un subsistema (elemento) del sistema 3.

Los **sistemas vivos** son, en términos de termodinámica, sistemas abiertos, dissipativos, autoorganizados y evolutivos, que se mantienen alejados del equilibrio termodinámico a través del intercambio de materia y energía con su ambiente. Este desequilibrio funciona como motor que permite mantener la organización del sistema (la vida). Un **sistema ecológico** está formado por uno o más organismos junto con los componentes del ambiente (bióticos y abióticos), con los que están relacionados funcionalmente.

5. Niveles de organización estudiados por la ecología

Organismos, poblaciones, comunidades y ecosistemas son los distintos **niveles de organización** que son objetos de estudio de la ecología (Figura 3).

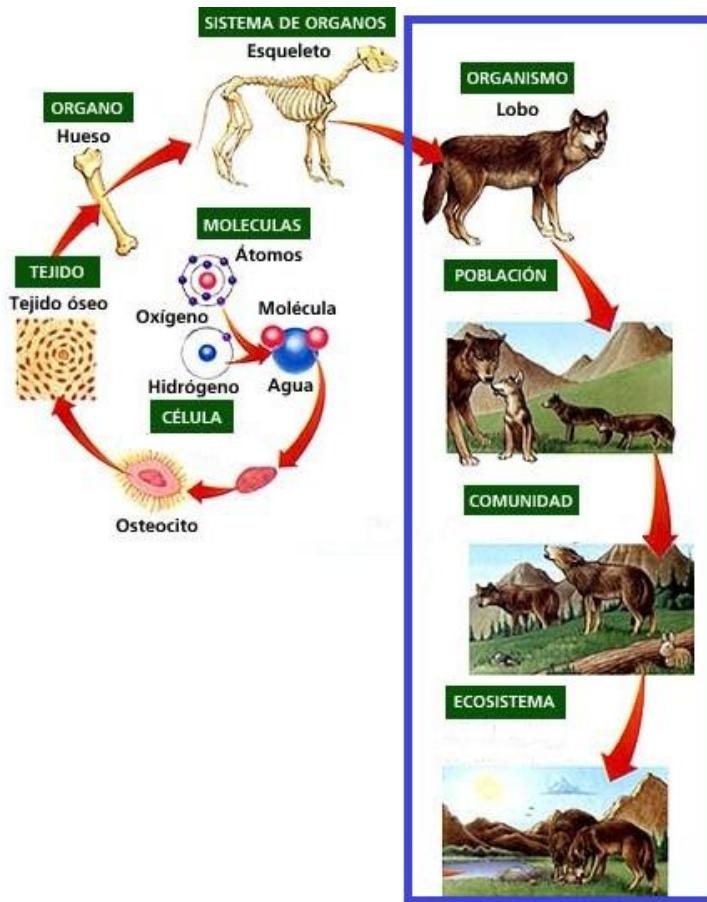


Figura 3. Niveles de organización biológica, en el recuadro azul se marcan los niveles de organización que estudia la ecología.

Una consecuencia importante de esta organización jerárquica es que cuando los componentes o subconjuntos se combinan para producir una unidad funcional mayor, surgen o emergen nuevas propiedades que no estaban presentes o no eran obvias al nivel inferior. Estos nuevos atributos son los que llamamos **propiedades emergentes**, las que resultan de la interacción funcional de los componentes y, consecuentemente, no pueden ser predichas a partir del estudio de los componentes en forma aislada (Odum & Sarmiento, 1998). Dicho en otras palabras, “el todo es más que la suma de las partes” o “el bosque es más que un agrupamiento de árboles”. Las propiedades emergentes de cada uno de los niveles de organización mencionados son el motivo de estudio de diversas ramas de la ecología, cada una con sus objetivos y metodología.

Como consecuencia de esta organización jerárquica de los sistemas ecológicos, podemos comenzar el estudio de los fenómenos ecológicos en cualquiera de los niveles. El reto es reconocer las características únicas del nivel seleccionado y luego diseñar métodos apropiados para su estudio.

Es interesante destacar que el desarrollo de la Ecología fue evolucionando desde el estudio de las interacciones de individuos y poblaciones con su ambiente hacia el estudio de niveles de organización superiores como comunidad y ecosistema, y, más

recientemente, incluyendo al hombre como parte de los mismos. Por este motivo, a medida que aumenta la complejidad disminuye el grado de entendimiento científico.

5.1. Organismos

Según Fuentes (1989), los organismos son entidades delimitadas en el espacio y en el tiempo, constituidas por procesos de transformación que les permiten mantener un estado estacionario de sus componentes fundamentales. Esto último se logra por un intercambio ordenado de moléculas, iones y energía con el medio ambiente circundante. Además, describen trayectorias vitales durante las cuales son capaces de reproducirse.

Algunas propiedades emergentes de los organismos son el tamaño, los requerimientos nutricionales, el comportamiento, el genotipo, etc. La ecología fisiológica y la ecología del comportamiento son dos de las ramas de la ecología que tienen por objeto de estudio los organismos. La primera estudia el vínculo entre el ambiente y el funcionamiento de los organismos, con especial interés en los mecanismos fisiológicos a través de los cuales hacen frente al ambiente. La ecología del comportamiento estudia los mecanismos comportamentales a través de los cuales los organismos se adaptan al ambiente.

5.2. Poblaciones

Entendemos por poblaciones al conjunto de organismos de la misma especie que comparten un tiempo y un lugar determinado y entre los cuales existe, potencialmente, intercambio genético. Esta definición excluye a los organismos que se reproducen asexualmente, sin embargo los grupos que forman estos organismos reúnen la mayor parte de los atributos de las poblaciones y a los fines de su estudio son considerados como tales. En algunos casos los límites de la población son bien definidos; por ejemplo, la población de pejerreyes del lago Carrizal. En otros casos, los límites son definidos por el propósito o la conveniencia del investigador y por lo tanto no son límites naturales (Pianka, 1982; Odum & Sarmiento, 1998).

Algunas propiedades emergentes de las poblaciones son la tasa de natalidad y de mortalidad, la tasa de crecimiento, la distribución por edades, la frecuencia génica, etc. La rama de la ecología que estudia los atributos de las poblaciones se llama ecología de poblaciones.

5.3. Comunidades

La comunidad es una agrupación de poblaciones de distintas especies que comparten un tiempo y un espacio. Esta definición implica la interacción, aunque sea en forma indirecta de las distintas poblaciones.

Una comunidad puede ser definida en cualquier tamaño, escala o nivel de jerarquía. En uno de los extremos, se pueden reconocer a escala global las pautas de distribución de los tipos de comunidades, determinando los grandes biomas, por ejemplo

el bioma del desierto. A esta escala suele ser el clima como el principal factor determinante. A una escala más fina, este bioma en Mendoza puede estar representado por el algarrobal o por el jarillal, y a una escala aún más fina se pueden encontrar la comunidad de invertebrados que habitan en la copa de un algarrobo. Entre los distintos niveles de estudio de las comunidades, ninguno es más legítimo o válido que los otros. El nivel apropiado para la investigación depende de las preguntas planteadas (Begon et al., 1988).

La ecología de comunidades estudia las propiedades emergentes de las comunidades ecológicas. Ejemplos de estas propiedades son la diversidad de especies, la estructura de la red trófica, la productividad, etc.

5.4. Ecosistema

El ecosistema es cualquier unidad que incluya la totalidad de los organismos vivos de un área y el medio físico con el que actúan en reciprocidad, de modo que una corriente de energía conduzca a una estructura trófica, una diversidad biótica y a ciclos de materiales (Odum, 1972).

Una definición más sencilla lo precisa como el conjunto formado por la comunidad biológica, más el medio físico en la que la misma se encuentra inmersa e interactuando. El medio físico es llamado generalmente **biotopo**.

$$\text{Ecosistema} = \text{biotopo} + \text{comunidad biológica}$$

Aunque conceptualmente el ecosistema es distinto de la comunidad, ningún sistema ecológico, ya sea el de organismo, población o comunidad, puede ser estudiado sin tener en cuenta el ambiente en el que existe, por lo que en la práctica el análisis de la comunidad y el ecosistema no tiene diferencias.

6. Concepto de Ambiente

Uno de los conceptos clave de la definición de ecología es el concepto de ambiente. El ambiente de un sistema ecológico (individuo, población, etc.) consiste en todos aquellos factores y fenómenos externos al organismo que influyen sobre él, ya se trate de factores físicos o químicos (abióticos) o de otros factores bióticos (Begon et al., 1988). Es importante destacar que el ambiente no pertenece al organismo pero interactúa con él mismo. Este concepto se discutirá profundamente en la unidad de estructura del ambiente.

7. Formas de encarar el estudio de problemas ecológicos

7.1. La diversidad de la evidencia ecológica

Existen evidencias ecológicas que se pueden obtener de diversas fuentes. Si bien en última instancia los ecólogos están interesados en entender el funcionamiento de los organismos en su ambiente natural, muchas veces es necesario recurrir a experimentos de laboratorio o en ambientes diferentes a los naturales, e inclusive muchas veces es necesario manipular el ambiente natural para entenderlo.

- Observaciones y monitoreos del ambiente natural: permiten establecer los patrones naturales. Un análisis detallado de estos patrones pueden permitirnos generar hipótesis sobre las causas que determinan los patrones.
- Experimentos manipulativos: se modifica el ambiente a los fines de observar como cambian los patrones observados. Muchas veces son difícil y costoso. A veces el sistema natural es tan complejo que no permite discernir claramente las causas del patrón observado.
- Experimentos de laboratorio: permiten descomponer el sistema en cada una de las partes que lo componen y detectar factores claves en el funcionamiento.
- Sistemas simples de laboratorio: cuando las preguntas involucran aspectos relacionados a las interacciones complejas entre organismos, es posible construir sistemas en laboratorio que permitan simplificar el sistema natural.
- Modelos diagramáticos, matemáticos e informáticos.

7.2. Uso de Modelos para la explicación de fenómenos ecológicos (tomado de Golluscio et al., 1994)

Un modelo es una **simplificación** de un sistema. Este concepto de modelo incluye desde un dibujo hasta un complicado sistema de ecuaciones. Los modelos resultan una herramienta valiosa en la generación de conocimiento y en la solución de problemas porque permiten comprender sistemas más o menos complejos, descubrir propiedades emergentes de los mismos y generar hipótesis acerca de su funcionamiento. Por ejemplo, la creación de la Tabla Periódica de los elementos, modelo conceptual de la estructura físico-química de la materia, permitió concebir la existencia de elementos desconocidos hasta entonces. Por otra parte, los modelos permiten, mediante ejercicios de simulación predecir las consecuencias de acciones difíciles de implementar. Además, la construcción de modelos sencillos, su paulatina complicación y la discusión de sus supuestos son herramientas didácticas de gran

utilidad.

El problema principal, tanto para el usuario como para quien construye el modelo, es definir cuáles son los límites, las partes y las interacciones más importantes del sistema a estudiar. La definición precisa de los **límites** espaciales, temporales y conceptuales de un sistema es fundamental para mantener las perspectivas y alcance del modelo a construir. En general, los modelos constan de diferentes clases de partes: fuentes, destinos, variables de estado y variables de control. Ningún modelo puede ni debe incluir todas las **partes** de un modelo. La elección de los atributos más relevantes del sistema es uno de los desafíos que encuentra el modelador. En forma análoga, no todas las **interacciones** posibles son relevantes, ni todas las partes están vinculadas entre sí. Qué interacciones incluir en el modelo es un problema estrechamente vinculado a los objetivos del mismo.

Para la construcción del modelo se siguen una serie de pasos sucesivos, el primero de ellos es establecer claramente el objetivo en función del problema a estudiar. Una vez caracterizado el sistema a analizar, se pueden construir modelos de complejidad creciente: modelo verbal, diagramático, matemático o informático. Finalmente, se procede a la **validación** del modelo mediante la comparación de los resultados del modelo con los de datos de la realidad independientes de los usados en la construcción del modelo. La estructura, desarrollo y alcance de cada modelo dependen estrechamente del problema a resolver.

En Ecología se usa una serie de modelos de distinta complejidad que explican el funcionamiento de problemas ecológicos. Ejemplo de estos son el diagrama de flujo de energía en los ecosistemas, las ecuaciones de crecimiento logístico y exponencial de las poblaciones, y los complejos modelos informáticos que predicen los efectos del cambio climático global.

Bibliografía

Begon, M., Harper, J.L. & Towsen, C.R. (1988). *Ecología: individuos, poblaciones y comunidades*. Barcelona: Ediciones Omega. 885 pp.

Fuentes, E. (1989). *Ecología: Introducción a la teoría de poblaciones y comunidades*. (Primera). Santiago de Chile: Ediciones Universidad Católica de Chile. 281 pp. Gallopín, G. (1982).

Ecología y ambiente. In: L.e. al. (Ed.). *Los Problemas del Conocimiento y la Perspectiva Ambiental del Desarrollo*, 126-172. México DF: Editorial Siglo XXI. pp.

Golluscio, R.A., Roset, P.A., Sala, O.E. & Paruelo, J.L. (1994). Modelos en Ecología. *Ecología Austral*, 4: 123-132.

Krebs, C.J. (2009).

Ecology. (6th Ed.). Benjamin Cummings. 655 pp. Odum, E.P. & Sarmiento,F.O. (1998).

Ecología. El puente entre la ciencia y la sociedad. McGraw-Hill Interamericana. 343 pp. Odum, E.P. (1972). *Ecología*. (3o). México D.F.: Nueva Editorial Interamericana. 639 pp.

Pianka, E.R. (1982). *Ecología evolutiva*. Barcelona: Ediciones Omega. pp.