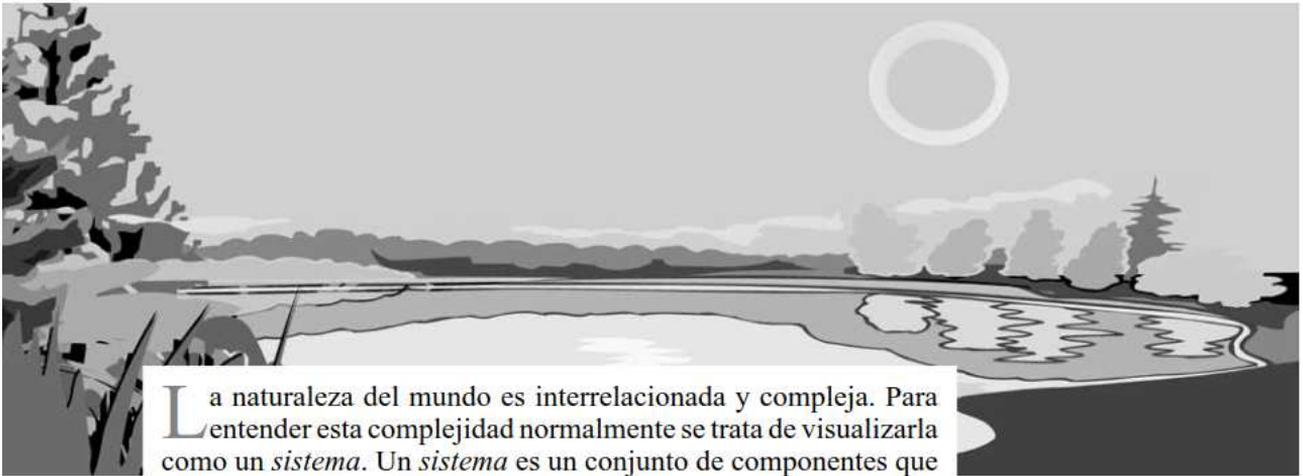


# 3 Los Sistemas



La naturaleza del mundo es interrelacionada y compleja. Para entender esta complejidad normalmente se trata de visualizarla como un *sistema*. Un *sistema* es un conjunto de componentes que interactúan siguiendo procesos de la misma clase.

Los sistemas biológicos están conformados por los seres vivos organizados en diferentes niveles jerárquicos. Por ejemplo, sistemas genéticos, sistemas de órganos, sistemas de parásitos, sistemas vegetales, etc., donde se pueden observar niveles intermedios entre sistemas individuales y sistemas poblacionales o comunidades (Figura 3.1).

Entre los elementos constitutivos de los ecosistemas se encuentran:

*Sustancias inorgánicas*, que intervienen en los ciclos de materiales (carbono, nitrógeno, dióxido de carbono, agua).

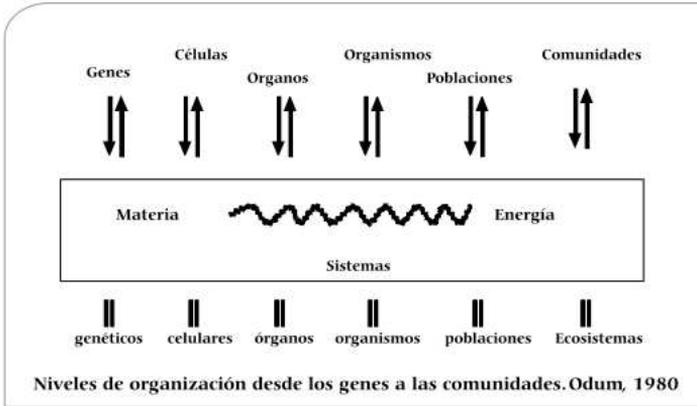


Figura 3.1.  
Los Sistemas

*Compuestos orgánicos*, que relacionan los componentes de origen biótico con los componentes no bióticos (proteínas, hidratos de carbono, lípidos, compuestos húmicos, etc.).

*Elementos climáticos*, como la radiación solar, la precipitación, la temperatura, la humedad atmosférica y el viento.

*Productores*, son organismos autótrofos, en su mayoría vegetales superiores capaces de realizar fotosíntesis.

*Consumidores*, organismos heterótrofos especialmente animales fitófagos o zoófagos que ingieren materia orgánica de diverso origen.

*Desintegradores*, organismos heterótrofos, fundamentalmente bacterias y hongos, que degradan los compuestos complejos producidos durante el metabolismo, absorben algunos de los productos de descomposición y liberan sustancias simples susceptibles de ser utilizadas por los productores. Las sustancias orgánicas absorbidas son fuentes de energía o pueden ser inhibitoras o estimulantes para algunos de los componentes vivos del ecosistema (Odum, 1972; Odum *et al.* 1988).

Los ecosistemas se pueden analizar apropiadamente desde el punto de vista funcional, de acuerdo con los intercambios energéticos, las cadenas alimenticias, la diversidad temporal y espacial, los ciclos biogeoquímicos de los nutrientes, el desarrollo de la evolución y los mecanismos de regulación y control (Pidwirny, 2004).

Las características comunes a todos los sistemas son las siguientes:

- Todos los sistemas tienen alguna estructura.
- Los sistemas son generalizaciones abstractas de la realidad.
- Todos los sistemas funcionan en la misma dirección.

- En todos los sistemas ocurren relaciones funcionales y estructurales entre sus unidades.
- Las funciones de los sistemas implican el intercambio de materia o energía dentro del sistema o entre el ambiente y el sistema. Para que se desarrollen las funciones del sistema, se requiere de una fuente energética.
- Todos los sistemas muestran el mismo grado de integración.

## Propiedades de los sistemas

*Elementos*, son los diversos cuerpos o sustancias que componen el sistema (átomos, moléculas, granos de arena, gotas de lluvia, plantas o animales, etc.).

*Atributos*, son las características que identifican a los elementos (cantidad, tamaño, color, volumen, temperatura, masa).

*Relaciones*, son las asociaciones de orden causal que existen entre los elementos y sus atributos.

El estado del sistema se conoce cuando cada se tiene un valor definido de cada una sus propiedades (elementos, atributos y relaciones).

## Tipos de sistemas (Pidwirny, 2004)

### **Sistema abierto**

Es aquel en el cual se puede producir intercambio de materia y energía con el ambiente, a través del límite o interfase. Por ejemplo, un árbol puede ser considerado un sistema abierto: el límite del sistema es la parte externa del árbol, la corteza del tallo y la epidermis de las hojas. Los árboles toman el agua líquida a través de las raíces y la transfieren al tronco, a las ramas y finalmente a las hojas. El vapor de agua se libera principalmente a través de los estomas de las hojas. Los ingresos de energía también ocurren a través de los límites del sistema. La radiación solar se absorbe por las hojas y se usa durante el proceso de la fotosíntesis. Los árboles también liberan calor como resultado del consumo de la energía química almacenada en la materia orgánica.

### **Sistema cerrado**

Es aquel que permite el intercambio de energía pero no de masa a través de los límites del sistema. Por ejemplo, el sistema terrestre es cerrado y su límite, constituido por la parte externa de la atmósfera, no permite el intercambio de masa con el resto del universo (exceptuando un meteorito ocasional). Sin embargo, la radiación solar llega desde el sol a través de la atmósfera hasta la superficie de la tierra. La Tierra emite la radiación solar absorbida hacia el espacio exterior, a través de los límites del sistema. El sistema cerrado terrestre está constituido por cuatro subsistemas abiertos: la atmósfera, la biosfera, la hidrosfera y litosfera. Estos subsistemas abiertos, intercambian continuamente energía en forma de calor y materia en forma de vapor de agua y otros gases, a través de sus límites.

**Sistema aislado**

Es aquel en donde no se produce intercambio de masa ni de energía a través de los límites del sistema.

**Sistema de cascada**

Son sistemas compuestos por subsistemas relacionados dinámicamente, de tal forma que el proceso final que se lleva a cabo en cada uno de ellos, es el inicio del proceso que se lleva a cabo en el siguiente, y así sucesivamente hasta obtener un efecto final.

**Sistema de Proceso / Respuesta**

En estos sistemas se busca conocer la dinámica de la energía y la materia, y las relaciones entre los factores medidos en los diferentes elementos.

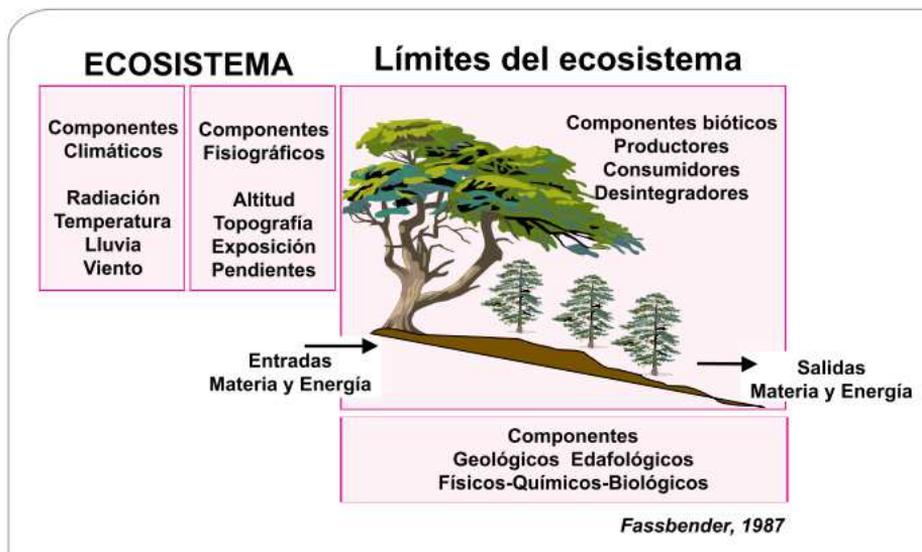
**Sistemas de Control**

Son sistemas artificiales, desarrollados por los seres humanos con el fin de controlar los procesos.

**Ecosistema**

Se define como el complejo conformado por los organismos vivos y su ambiente. Posee relaciones funcionales complementarias dentro de límites seleccionados arbitrariamente y sus componentes se mantienen en equilibrio dinámico en el tiempo y en el espacio. Los componentes estructurales básicos son los organismos vivos que interactúan con el ambiente (biota) y los seres no vivientes (abiota) [componentes no vivos, físicos y químicos, que se hallan en la atmósfera, la hidrosfera y la litosfera (el suelo, la luz, la humedad y la temperatura)] (Figura 3.2).

En los ecosistemas la energía se transfiere desde el ambiente hacia los seres vivos mediante el proceso de la fotosíntesis. La energía química acumulada durante el proceso



**Figura 3.2.**  
Componentes de un ecosistema.  
*Fassbender, 1987.*

fotosintético se transfiere al resto de los seres vivos por la vía de la cadena alimenticia (cadena trófica). El flujo de energía en un agroecosistema sigue el ciclo del carbono con bastante exactitud, ya que la mayoría de la energía se almacena en compuestos de carbono (Powers y McSorley, 2001).

Las fuerzas de la naturaleza modifican los ecosistemas naturales mediante un lento proceso de interacción con el suelo, el clima y las especies animales y vegetales. El ecosistema alcanza un estado de equilibrio dinámico y permanece así hasta que se producen nuevas alteraciones. Para el análisis del equilibrio dinámico del ecosistema, es necesario establecer las relaciones de causalidad entre sus componentes, mediante la cuantificación de los factores que determinan sus características.

Existen claras diferencias entre un ecosistema natural y un agroecosistema, las que se observan en la productividad neta, en las relaciones entre productores y consumidores, en la diversidad de las especies, en los ciclos de los nutrientes, en la capacidad de resistir los impactos ambientales, en las relaciones con el hombre y en su duración en el tiempo. Estas diferencias pueden ejemplificarse mediante el impacto de la deforestación sobre un sistema boscoso (Tabla 3.1).

**Tabla 3.1.** Diferencias entre un ecosistema natural y un agroecosistema (Gliessman, 1998)

	Ecosistema natural	Agroecosistema
Productividad neta	Media	Alta
Interacciones tróficas	Compleja	Simple
Diversidad de especies	Alta	Baja
Diversidad genética	Alta	Baja
Ciclo de nutrientes	Cerrado	Abierto
Estabilidad	Alta	Baja
Control humano	Independiente	Dependiente
Permanencia en el tiempo	Larga	Corta