

NOCION DE ECOSISTEMAS

Samuel Murgel Branco
Profesor Titular de la
Universidad de São Paulo

EL PARADIGMA CARTESIANO

A fines del siglo XVI y principios del XVII tuvo inicio el estudio verdaderamente científico de la materia y de la naturaleza, con el establecimiento por Bacon, Descartes y Galileo de los principios de una verdadera metodología científica. Desde entonces, la ciencia siguió un paradigma conceptual fundamentalmente reduccionista, basado en uno de los cuatro preceptos metodológicos de Descartes, contenidos en su famoso “Discurso sobre el método”, y por eso llamado “*método cartesiano*” ó “*paradigma cartesiano*”. Ese precepto fundamental fue así enunciado por Descartes: “dividirse a cada una de las dificultades [...] en tantas parcelas cuanto posible y necesario para resolverlas mejor”.

El *método cartesiano* ha sido aplicado a todas las ramas de la ciencia, con mucho éxito. Su introducción coincide con la época en que se empezaba el desarrollo de los instrumentos y los métodos que permitieron, por así decir, *reducir la materia* a porciones y a partículas cada vez menores. Así, la *microscopía* permitió observar porciones cada vez mas pequeñas del mundo viviente y de la materia cristalina. Los avances en la química llevaron a la “división de moléculas”. En los estudios de la electricidad se pasó a operar con electrones, subdivisiones del átomo. En óptica, fue lograda la subdivisión de la luz en diversas longitudes de onda. Finalmente, los telescopios fragmentaron el universo en sus múltiples componentes. Así,

con respecto a la biología, la profundización del conocimiento anatómico permitió el reconocimiento de unidades estructurales y funcionales cada vez más particulares en animales o en vegetales. Estas unidades están relacionadas entre sí en el desempeño de las funciones vitales. En el terreno de la *ecología*, o sea, en el estudio de las relaciones de dependencia entre los seres vivos y el medio ambiente que los contiene, se estudia el comportamiento individual de los seres en el medio natural, buscando el reconocimiento de las necesidades de cada uno de los efectos de alimentación, protección y reproducción. Ese estudio paciente y extremadamente detallista, hoy denominado *autoecología*, constituye la fuente de inestimables informaciones que han formado la base de la llamada *sinecología*, o sea, el estudio de las poblaciones de seres vivos en relación al medio ambiente.

Sin embargo, aunque se haya mostrado bastante fértil e indispensable este enfoque reduccionista, no se reveló satisfactorio en cuanto a la explicación de ciertas propiedades, sobre todo de aquellas que resultan de una *integración* de la materia, los organismos o sus ambientes. Muchos ejemplos sirven para demostrar que un cuerpo no es igual a la suma de sus partes, sino a una *integración* de esas partes para formar el todo. Es decir, de la integración surgen propiedades que no estaban contenidas en las partes aisladas. Es como decir que *algo* nuevo surge siempre que las partes son perfectamente adaptadas para realizar una función. *El todo no es, pues, la suma de sus partes, pero sí una síntesis de un sistema integrado.*

Muchos ejemplos pueden ser dados de esta síntesis. Recurrimos solamente a uno, bastante simple y perfectamente conocido. Siempre que combinamos químicamente el gas tóxico, fuertemente oxidante, de olor característico, denominado *cloro*, y el elemento sodio - un metal alcalino fuertemente reductor - obtenemos la sal conocida como *cloruro de sodio* (sal de cocina), con características totalmente diferentes de los dos componentes. Podemos así decir que las propiedades de esta sal no estaban contenidas en los elementos que la han formado y que por consiguiente, la división cartesiana del cloruro de sodio en porciones tan reducidas como sean posibles, solo nos alejará del reconocimiento de las propiedades de los componentes originales y de sus causas!

NOCION DE SISTEMA

Estas observaciones llevaron a otra manera de enfocar el problema, la cual se caracterizó como *paradigma sistémico* (o también *holístico*), el cual se intenta aplicar a todos los campos del saber humano. Fue el biólogo austriaco Ludwig von Bertalanffy quien, en el año 1950, lanzó las bases de una *teoría general de los sistemas*, apoyándose, inicialmente, en la observación de que "un organismo no es un conglomerado de elementos distintos, sino, más bien un sistema organizado e integrado". Más tarde, el mismo Bertalanffy extendió su axioma a otras áreas del saber, como la biofísica, la psicología, la filosofía, la cibernética, entre otras. En sus estudios, Bertalanffy sustentaba siempre sus argumentos con una amplia y completa fundamentación matemática.

Las palabras *organización e integración*, empleadas en la concepción original de Bertalanffy, constituyen los elementos claves de la noción de sistemas. De hecho, la simple reunión de piezas o de elementos no es suficiente para componer un sistema. Es indispensable que esos elementos sean integrados en una organización perfecta, para que ocurra una ganancia cualitativa. Esta organización transformará el conjunto de elementos en un sistema funcional. Según los teóricos modernos de la *informática* (otra ciencia que resultó del mismo concepto de sistema), puede decirse que es la presencia de la *información* lo que hace la diferencia entre un simple conjunto de elementos y su organización sistémica. En otras palabras, la deseada integración resulta de una introducción de información. Un sistema posee, pues, las características de una unidad funcional y su mínima dimensión es la de una organización capaz de funcionar por sí sola.

Un reloj es un sistema. Pero un conjunto de piezas y engranajes de reloj, por muy complejo que sea, si no funciona solo no podrá ser considerado como un sistema. Es decir que el reloj (como un sistema cualquiera) no es solamente una unidad estructural, sino que es ante todo, un sistema funcional. Para eso, está constituido de partes ensambladas de tal modo de garantizar la permanencia de un flujo de energía. Además, el sistema deberá autorregularse de manera tal de mantener un perfecto equilibrio de sus partes, conservando el flujo de energía constante. El sistema necesita, por lo tanto, de una fuente externa de energía aunque, en su interior, esta energía

pueda ser acumulada de alguna manera. El conjunto de elementos estructurales, perfectamente relacionados entre sí, garantiza el flujo de energía y un mecanismo regulador controla el funcionamiento general a través de procesos de *retroalimentación*.

Si adoptamos como ejemplo un reloj de cuerda, la fuente externa de energía es constituida por la mano que acciona el tornillo o llave que envuelve el resorte en espiral, de acero. Este resorte (la cuerda propiamente dicha) tiene la función de acumular la energía, distribuyéndola parsimoniosamente al desenrollarse de forma controlada. Los diversos engranajes, ejes de transmisión, balancines y otras piezas engranadas entre sí constituyen el conjunto de estructuras que garantizan en flujo constante de energía, recibiendo del resorte espiral y transmitiéndola a las agujas. El mecanismo regulador, que trabaja por retroalimentación (o sea, el efecto actuando sobre la causa) está representado por un péndulo, o un volante u otro sistema. Este debe ser capaz de producir un cierto tipo de acción la cual recae sobre el resorte acumulador de energía, controlando su velocidad al desenrollarse y, por lo tanto, regulando el flujo de energía y manteniendo los movimientos rigurosamente constantes. Este sistema, perfectamente integrado, tiene una evidente finalidad, que es marcar las horas con precisión.

NOCION DE ECOSISTEMA

Estas "relaciones sistémicas" que acabamos de relatar son reconocidas también en la naturaleza y constituyen el objeto del estudio de la sinecología. Puede decirse que la sinecología estudia las relaciones dinámicas que resultan de la integración entre los seres vivos y su ambiente: la dinámica de la naturaleza. Los sistemas naturales tienen como componentes principales: a) organismos vegetales que, a través de la fotosíntesis, absorben energía solar y la acumulan en forma de compuestos orgánicos; b) animales herbívoros que se alimentan directamente de esa materia orgánica primaria; c) animales depredadores que se alimentan de la materia orgánica acumulada por los herbívoros y, finalmente, d) bacterias y otros microorganismos descomponedores, que se alimentan directamente de la materia orgánica muerta en general, tal como hojas y ramas caídas, cadáveres, excrementos etc. Así, un flujo de

energía es establecido a través de los elementos constituyentes de esa *cadena alimentaria*, que es un verdadero sistema organizado e integrado, que recibe el nombre de *ecosistema*. Podemos considerar como ejemplo sencillo de un ecosistema, un acuario con algas (elementos fotosintéticos unicelulares), crustáceos microscópicos (herbívoros) peces (depredadores) y, naturalmente, hongos, bacterias y otros microorganismos descomponedores. Este acuario, naturalmente, estará expuesto a la luz solar, que constituye la fuente primaria de energía que atraviesa todo el sistema como un flujo energético continuo.

Se puede pues afirmar que en un ecosistema, la fuente de energía externa es, por lo general, la luz solar. Esta energía es absorbida por la clorofila y acumulada, en forma de energía química, en las moléculas orgánicas que fueron sintetizadas en el proceso fotosintético. Es éste el proceso básico por el cual las plantas con clorofila captan el anhídrido carbónico del aire (como fuente de carbono) y agua, para producir los compuestos orgánicos que permiten su desarrollo: usando como energía de síntesis, la luz solar. A partir de la fotosíntesis de las plantas (que son por eso llamadas organismos *productores*) se produce toda una cadena alimentaria formada por: animales herbívoros (*consumidores primarios*: saltamontes, gusanos, vacas, cabras, etc.). Éstos, al alimentarse de la materia orgánica de los vegetales, construyen su propio cuerpo y utilizan la energía acumulada en las moléculas para locomoción y otras actividades. Los animales carnívoros o predadores (*consumidores secundarios*) vienen a continuación, consumiendo a los herbívoros y también utilizando parte de la materia orgánica como fuente de energía. De esta forma, se establece un flujo constante de energía a lo largo del sistema. La cadena termina en los microorganismos descomponedores que consumen organismos muertos y otros desechos orgánicos como fuente de materia y energía.

Las diferencias principales entre un sistema mecánico (el reloj) y el ecosistema son:

1. En el ecosistema, además de un flujo de energía, ocurre un flujo de materia. Esto, porque la energía del sistema es almacenada en forma química, es decir, la energía es acumulada en moléculas, formadas, a su vez por varios elementos químicos y su utilización ocurre mediante

la transformación de un compuesto en otro (reacciones de oxidación, principalmente). Así, es posible verificar el paso de energía de un eslabón a otro de la cadena alimentaria cuando, por ejemplo, el herbívoro se alimenta de materia orgánica vegetal y, enseguida, descompone, por oxidación, las moléculas ingeridas, utilizando y liberando su energía. Lo mismo ocurre con un animal depredador que se alimenta de los herbívoros y así por sucesivamente.

2. En el ecosistema (así como en cualquier sistema biológico o sistema viviente) hay una reposición natural de las piezas dañificadas o desgastadas por el uso, mientras que en un reloj o sistema mecánico cualquiera, al faltar o romperse uno de sus engranajes, se detiene todo el sistema. Así, en un ecosistema, las piezas (o sea, los organismos animales, vegetales y microorganismos que componen el sistema) son continuamente substituidas a través de la reproducción y el número de piezas resultante es siempre controlado por la acción predatoria, que tiene un papel controlador sobre el sistema. Por consiguiente, el ecosistema es mucho más dinámico que los sistemas mecánicos. Es decir, el ecosistema tiene un número variable de piezas que están continuamente siendo adaptadas a las condiciones climáticas, así como a la disponibilidad de energía y alimento, de acuerdo a las variaciones estacionales etc. El ecosistema se comporta, sobre todo, como un sistema que posee una capacidad casi infinita de autorregulación y adaptación. Esta capacidad, que permite al ecosistema mantenerse en un funcionamiento continuo y perfecto, y así conservar el flujo normal de energía y materia, independientemente de las variaciones ambientales, recibe el nombre de *homeostasis*.
3. El sistema mecánico (el reloj, en este caso) posee una finalidad. El fue deliberadamente construido para marcar las horas. Según los conceptos finalistas de la naturaleza, enunciados por Aristóteles con la frase "en la naturaleza nada se hace en vano", los ecosistemas así como cada uno de sus elementos componentes, fueron estructurados con una finalidad. Sin embargo, las interpretaciones racionalistas, más objetivas, consideran que la perfecta

estructuración de un ecosistema, con un máximo rendimiento en la conducción del flujo energético, es el producto de una infinidad de ensayos y combinaciones. En estos ensayos, los que mostraron menor utilidad o menor eficacia han sido sistemáticamente eliminados por la selección natural, a lo largo de un enorme período de tiempo. Así, la "finalidad" aparente no es más que una tendencia probabilística y ella misma está en constante alteración, a medida que el medio ambiente se modifica por circunstancias geológicas, climáticas y astronómicas. Se trataría, pues, de un proceso eminentemente oportunista, que está adecuándose continuamente a las condiciones ambientales vigentes. Según algunos autores, la finalidad de un ecosistema sería solamente la de mantenerse en constante equilibrio, como condición necesaria y suficiente para que el sistema funcione.

En conclusión, la naturaleza está organizada e integrada en ecosistemas, o sea, hay una organización *sistémica* de las formaciones naturales, en las que animales y vegetales están perfectamente integrados en relaciones de interdependencia para garantizar el flujo de energía y materia responsable del equilibrio general. Por esto, la intervención en los ecosistemas puede ser desastrosa, siempre que provoca alteraciones en su estructura. Es también por ello, que los llamados "desastres ecológicos" no siempre presentan relaciones de causa y efecto muy evidentes. Por eso, es necesario un conocimiento detallado de estas relaciones, antes de establecer cualquier acción modificadora de los sistemas naturales en cuestión.

BIBLIOGRAFIA

- BRANCO, S. M., 1999. *Ecosistêmica. Uma Abordagem Integrada dos Problemas do Meio Ambiente*. Segunda edição. Editora Edgard Blücher.

