

## TEORÍA GENERAL DE SISTEMAS (TGS)

En un sentido amplio, la Teoría General de Sistemas (TGS) se presenta como una forma sistemática y científica de aproximación y representación de la realidad. En tanto paradigma científico, la TGS se caracteriza por su perspectiva holística e integradora, en donde lo importante son las relaciones y los conjuntos que a partir de ellas emergen.

El concepto de sistema, tal como está planteado en la actualidad, tiene sus orígenes en el trabajo sobre *Teoría de los Sistemas Abiertos*, que hizo público, allá por 1925, Ludwing von Bertalanffy, biólogo alemán, quién más tarde desarrolló el concepto de sistema para poder encarar la resolución de problemas complejos relacionados con seres vivos. Para von Bertalanffy nada existe hasta que no exista un sistema.

Un sistema es un conjunto de dos o más elementos, de cualquier clase o naturaleza interrelacionados entre sí y con el medio o entorno que los contiene.

Los elementos del conjunto y el conjunto de elementos que forman el sistema tienen las siguientes propiedades:

1. Las características o el comportamiento de cada elemento tienen efecto sobre las propiedades o comportamiento del conjunto tomado como un todo.

2. Las propiedades y el comportamiento de cada elemento y la forma que afectan al conjunto, dependen de las propiedades y comportamiento de al menos otro de los elementos del conjunto. Por consiguiente, ningún elemento tiene un efecto independiente sobre el todo y cada uno está afectado por al menos otro elemento.

3. Cada posible subgrupo de elementos del conjunto tiene las primeras dos propiedades: cada uno tiene un efecto no independiente sobre el todo. Un sistema no puede dividirse en subsistemas independientes. Pierde sus condiciones esenciales.

Un sistema representa más que la suma de sus componentes. A causa de las tres propiedades mencionadas anteriormente, un conjunto de elementos que constituyen un sistema tiene siempre alguna característica, o un modo de comportamiento, diferente del de sus elementos o subsistemas.

El concepto de sistema es muy amplio y abarca tanto *sistemas estáticos* como *sistemas dinámicos*. Veamos algunos ejemplos:

-Un recipiente con agua, en el que no entra ni sale líquido (y como consecuencia el nivel permanece constante) es, en principio, un sistema estático, otros sistemas estáticos podrían ser la estructura de un edificio, una piedra, etc.

-Un depósito en el que entra y sale agua es un sistema dinámico, otros sistemas dinámicos son, por ejemplo, el sistema circulatorio sanguíneo, una célula viva, el motor de un automóvil funcionando, etc.

En el enfoque sistémico centramos el análisis en los sistemas dinámicos, y como planteo general decimos que:

*Un sistema es un conjunto de elementos en interacción dinámica, organizados en función de un objetivo.*

Los elementos de un sistema forman un todo y pueden ser conceptos, objetos y/o sujetos, es decir que un sistema está compuesto de elementos vivientes, o de no vivientes, o de ambos simultáneamente.

En todo sistema podemos señalar:

1. Elementos;
2. Interacción;
3. Organización;
4. Finalidad (objetivo).

Los sistemas tienen una finalidad (sirven para algo), es decir que, cumplen una función. La expresión, “cumplen una función” es válida tanto para los concebidos por el hombre (en este caso el planteo es claro, pues todo lo hecho por el hombre tiene una finalidad; asumida consciente o inconsciente), como para los sistemas naturales, que también cumplen una función (mantener su estructura, su funcionamiento, su equilibrio, etc.), si no la cumplen se destruyen, desaparecen. La finalidad es el objetivo del sistema.

Los sistemas objeto de nuestro estudio, comparten una característica, la **complejidad**.

La complejidad implica:

1. Variedad de elementos, dotados de funciones específicas y organizados en niveles jerárquicos;

2. Interacción de los elementos entre sí y con el medio; en general interacciones no lineales.

Un sistema puede estar compuesto de otros sistemas que llamamos subsistemas, y a su vez puede formar parte de un sistema más grande que podemos llamar supersistema, metasisistema, sistema total o sistema global. Por ejemplo, el sistema de transporte de una ciudad está compuesto, entre otras cosas, de unidades de transporte, que por derecho propio son a su vez sistemas, y este sistema de transporte forma parte a su vez de un macrosistema: el sistema de servicios públicos de una ciudad.

En todo sistema podemos señalar, su estructura y su funcionamiento.

Estructuralmente un sistema puede ser divisible, pero funcionalmente, un sistema es indivisible ya que algunas de sus propiedades esenciales se perderían con la división. Cada elemento aislado pierde las características que tenía en su conjunto original, pues de la interacción entre elementos surgen nuevas propiedades que no son la simple suma de las propiedades de cada elemento. Pero cada sistema sí puede a su vez, agruparse con otros para constituir un sistema superior. Y así, los problemas se resuelven no aislándolos sino considerándolos parte de un problema superior, o sea dentro de un sistema de mayor alcance y extensión.

### **SISTEMAS ABIERTOS, SISTEMAS CERRADOS Y SISTEMAS AISLADOS**

Desde el punto de vista de su vinculación con el entorno podemos clasificar a los sistemas en abiertos, cerrados y aislados.

Los sistemas abiertos son aquellos que están en relación con su entorno (con su medio), con el que mantienen un permanente intercambio, este intercambio puede ser tanto de energía, de materia, de información, etc., como de residuos, de contaminación, de desorden, etc. En sistema abierto podemos hablar de una entrada y de una salida.



Un sistema cerrado, en las ciencias naturales como la física es aquel que intercambia únicamente energía (calor, por ejemplo) con el entorno, y no materia.

Un sistema aislado es aquel que no tiene ningún tipo de intercambio con el medio exterior. Un sistema aislado es un sistema que no tiene medio. Ahora bien, un circuito

asilado es una abstracción que no tiene vigencia en la vida real, pero que debido a la simplificación que significa manejarse con datos que están limitados dentro del sistema ha permitido establecer leyes generales de la ciencia.



## **EL ENFOQUE SISTEMICO COMO INSTRUMENTO DE ESTUDIO**

El enfoque sistémico es un poderoso instrumento de estudio que tiene múltiples posibilidades de utilización. Aplicado al funcionamiento de un sistema, permite obtener importantes conclusiones, sin profundizar en detalles técnicos que complicarían o dificultarían el análisis; en este caso se priorizan los aspectos más globales que posibilitan sacar conclusiones no solamente desde el punto de vista técnico, sino también desde el social, el ecológico, etc.; además se busca encontrar criterios que permitan efectuar comparaciones con otros sistemas.

### **¿QUÉ ES UN (BIO) SISTEMA?**

El término “**sistema**” deriva del griego. Quiere decir composición, pero no se refiere a una mera yuxtaposición de elementos. Un sistema está constituido por elementos compuestos que mantienen relaciones entre sí, o sea el sistema consta de los elementos y de las relaciones. Posee propiedades que derivan de estas relaciones y que no pueden ser obtenidas simplemente por yuxtaposición o suma de los elementos. Existen sistemas naturales, como el sistema solar o los ecosistemas. También los hay artificiales, como por ejemplo un sistema informático. En particular, los sistemas vivos en principio, todos son naturales, aunque actualmente muchos sistemas vivos son un producto conjunto de naturaleza y técnica. Pero ni un sistema planetario, ni tampoco una computadora son sistemas vivientes. Por lo tanto, la cuestión conceptual de interés a la Biología de Sistemas o Biología Sistémica o *Systems Biology* (SB) no es simplemente “¿qué es un sistema?”, sino más específicamente “**¿qué es un biosistema?**”. Los sistemas vivos tienen características específicas. A diferencia de los artefactos comunes, los vivientes no resultan del ensamblaje de piezas preexistentes. Están compuestos de partes, no de piezas. Y estas partes aparecen durante un proceso de diferenciación, al tiempo que se desarrolla el sistema mismo. En otras palabras, los biosistemas tienen una historia, una filogénesis y ontogénesis, una evolución y un desarrollo. Por lo tanto, los biosistemas

son dinámicos, vistos desde una perspectiva evolucionista y en colaboración con la biología del desarrollo y la embriología. Y, por otro lado, los sistemas biológicos conservan su identidad a lo largo de toda su vida. En gran medida es la base genética la que permite dicha estabilidad, porque permanece desde el inicio de la vida de un organismo hasta el final de la misma y se repite en todas sus células.

Es verdad que los biosistemas son complejos. En ellos las partes se vuelven las unas hacia las otras, se *pliegan*. De ahí la complejidad (*cum-plexum*) de los sistemas. Pero, una vez más, encontramos en los biosistemas particularidades que no se dan en los sistemas en general. La complejidad de los biosistemas es más funcional que estructural. Poseen una organización que va más allá del simple orden. Nada puede ser definido como biosistemas si carece de una complejidad con *sentido*, una complejidad orientada. Y el sentido, o la orientación, viene dado por la función. Por ejemplo, a menudo describimos cómo funciona la división celular que se verifica con normalidad en un tejido. Sin embargo, el mismo proceso biológico nos parece disfuncional cuando se da en un tumor. En suma, algo es funcional o no en relación con un viviente concreto.

### **Qué entidades biológicas pueden contar como biosistemas**

Se trata de ver qué entidades biológicas cumplen con las características que hemos atribuido a los biosistemas. Es decir, qué unidades biológicas son en realidad entidades funcionales, complejas, generadas mediante evolución y desarrollo. Se podría establecer que las entidades por excelencia son los organismos: un animal, una planta, un hongo, una bacteria. En consecuencia, cada organismo viviente es, paradigmáticamente, un biosistema. Es el principal punto de referencia de la funcionalidad y la complejidad.

No obstante, como se sabe, la vida está estructurada jerárquicamente. Otros niveles de la vida pueden contar también como biosistemas. En sentido primario lo son los organismos, pero en un cierto sentido derivado o secundario también son biosistemas las partes de los organismos: sistemas como el digestivo, miembros u órganos como el corazón, tejidos como el epitelio, y células integradas en metazoos y metafitos. En un sentido todavía más degradado pueden contar como biosistemas entidades como los simbioses, los orgánulos celulares y los virus.

### Referencias

**Fuente:** Rosnay, Joel, *El macroscopio, hacia una visión global*, Editorial ac, Madrid, 1993 (ver capítulo 2, «La revolución sistémica: una nueva cultura»). Disponible un fragmento en: <http://www.correodelmaestro.com/pruebas/antiores/2005/octubre/nosotros113.htm>