



## CLASE 6

### LA TEORIA GENERAL DE LOS SISTEMAS. UNA BREVE INTRODUCCION

El objeto de la TGS es brindar un abordaje alternativo basado en pensar la realidad a partir de totalidades, e intentando así revertir la mirada fragmentaria y lineal del modelo de conocimiento científico dominante.

Surge en los años 1920-1930.

Autores de referencia:

*Ludwig Von Bertalanffy ("La Teoría General de los Sistemas")*

*Gregory Bateson ("Pasos para una Ecología de la Mente")*

### **Definición de Sistema**

Conjunto de elementos en interacción

(o bien: "Complejo de elementos en interacción" en donde "Complejo" significa "Conjunto Complejo")

### **Leyes y Propiedades de los Sistemas**

#### □ **Ley de no sumatividad**

"El todo es mayor que la suma de las partes"

$$T > \sum P$$

Por lo tanto el todo es igual a la suma de las partes mas un término adicional.

Ese término adicional es la sinergia S

$$T = \sum P + S$$

En este sentido, el enfoque sistémico se aparta del fragmentario, ya que a diferencia de éste no entiende el todo como mera sumatoria de sus partes.

No es posible entonces conocer la realidad de un sistema sólo conociendo a sus elementos constitutivos, ya que aparecen *propiedades emergentes del sistema como todo*, que no se encuentran en ninguna de sus partes por separado.

## **Sinergia**

Del griego "sin" = con y "ergia", energía "con energía"

La sinergia es el *grado de concertación* de las partes de un sistema.

Expresa el grado de organización de los elementos del sistema y es función del tipo de relaciones que los vinculan.

Un sistema será tanto más sinérgico cuanto mas armoniosamente logre su función.

La sinergia expresa también el grado de orden de un sistema, en ese sentido un sistema será tanto más sinérgico cuanto menor sea su entropía.

El enfoque sistémico pone así gran énfasis no sólo en los elementos constitutivos, si no en el tipo de relaciones que los vinculan.

Desde una perspectiva sistémica:

*"Cuando pensamos que 2 y 2 son 4, el y es lo más importante"*

Ejemplos:

Consideremos la palabra como sistema formado por letras. Con las letras A, R, M y O, se pueden formar distintas palabras: Armo, amor, Roma, ramo, mora etc.

Se ve así que con los mismos elementos constitutivos, se logran diferentes totalidades (en este caso semánticas) por cuanto lo que ha cambiado es la relación de orden.

Así vemos que no es posible entender la molécula conociendo las propiedades de los átomos constitutivos, ya que el tipo de enlace define propiedades emergentes.

Aunque sepamos como es el hidrógeno y como el oxígeno, no podremos entender lo que es el agua, si no la pensamos en su totalidad.

Del mismo modo, no es posible entender el sistema celular, solo conociendo sus moléculas ni sus orgánulos, ya que las células muestran propiedades emergentes de su propio nivel de organización.

Tampoco puede comprenderse el organismo sólo conociendo sus órganos, ni el ecosistema conociendo los organismos, ni las sociedades o colectivos humanos, sólo entendiendo a los individuos aislados.

#### □ **Interrelación y Retroalimentación**

Otra importante ley de los sistemas es que:

La modificación del estado de uno de los elementos de un sistema, modifica el estado los restantes elementos, y el estado mismo del sistema.

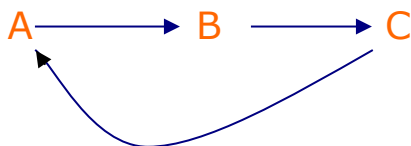
El pensamiento lineal entiende la realidad a través de "cadenas causales" de causa-efecto



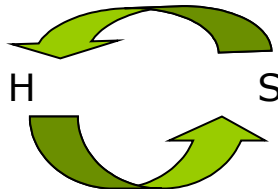
En este modelo A es causa de B, y B es el efecto provocado por A. B es la causa de C y C es el efecto de B.

La mirada sistémica en cambio utiliza el concepto de *retroalimentación*.

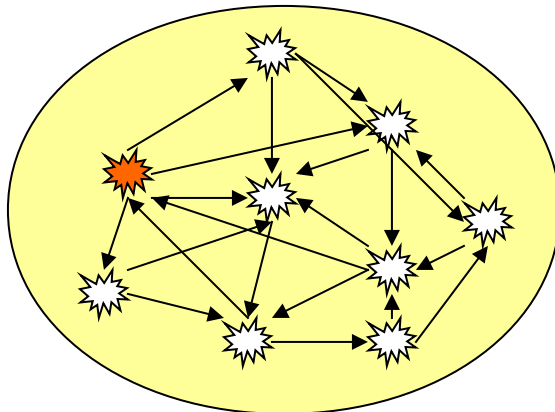
La retroalimentación acepta la circularidad entre efectos y causas. Algo que es causado por otra cosa, puede a su vez modificar o influir, directa o indirectamente a aquello que lo causa.



Aparecen inclusive relaciones de recursividad, como la popularmente llamada “del huevo y la gallina”, o entre hombre y sociedad.



Así, en un sistema, si un elemento modifica su condición, esto, a través de las complejas redes de interrelación, que incluyen diversas retroalimentaciones, se modificará la condición de los restantes elementos, y la del sistema como todo.



Podría decirse que en un sistema, todo se relaciona con todo.

Si imaginamos que en el dibujo anterior el elemento coloreado desaparece o cambia su estado, no es difícil ver que todos los demás modificarán su estado para compensar la perturbación.

Ejemplo:

En un ecosistema (sistema formado por un conjunto de poblaciones de diversas especies habitando un mismo espacio físico o biotopo) cada especie tiene una función característica.

Por ejemplo, la especie A se alimenta de B y B se alimenta de C.

Esta función se denomina "nicho ecológico".

Si por algún factor (biótico o abiótico) la población de la especie B se ve repentinamente reducida, es fácil darse cuenta que A también disminuirá, al escasear su alimento, y la población de C aumentará, por verse reducido su depredador.

Hasta aquí, las predicciones responden a un enfoque lineal.

Pero si el ecosistema tiene suficiente biodiversidad, existirá alguna otra especie que realice la función –es decir, ocupe el "nicho"– que realizaba B. O bien dicha función podrá ser realizada por varias especies en conjunto.

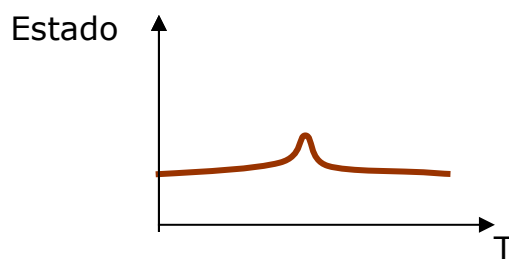
#### □ **Homeostasis**

El concepto de homeostasis alude al equilibrio de un sistema.

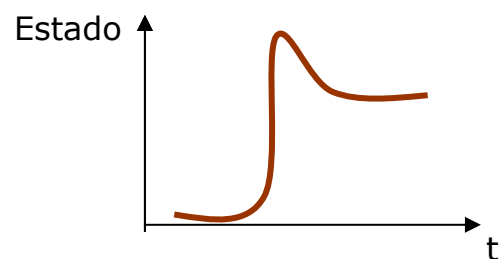
Cuando se produce una perturbación en alguno de los elementos del sistema, todo el sistema se modifica, como ya se dijo.

Si luego de la perturbación el sistema vuelve al estado original, se dice que el sistema ha recuperado su homeostasis.

También es posible que luego de una perturbación el sistema recupere su equilibrio u homeostasis, pero en un estado diferente al original.



Luego de la perturbación el sistema vuelve a su estado original

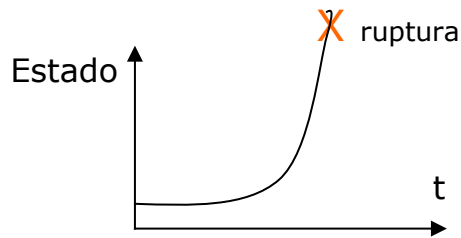


Luego de la perturbación el sistema vuelve a un estado *distinto* al original

Finalmente puede ocurrir que luego de una perturbación un sistema no sea capaz de recuperar su homeostasis, y sea llevado a la ruptura.

En este caso el sistema se descompone en partes constitutivas.

Aunque los elementos o partes constitutivas se puedan identificar, el sistema como todo mayor, ha dejado de existir.



-Cuando una perturbación es "absorbida" por el sistema, volviendo luego a su estado original, o bien provoca a través de distintas retroalimentaciones un cambio acotado, se dice que ha habido *retroalimentación negativa*

-Cuando en cambio la perturbación inicial se amplifica indefinidamente hasta el desequilibrio provocando la ruptura o disgregación del sistema, se dice que ha habido *retroalimentación positiva*

Ejemplo:

En un organismo, por ejemplo el cuerpo humano, al haber una perturbación (por ejemplo la infección de un tejido) esto afecta el estado del conjunto. Puede haber un estado transitorio –llamado enfermedad- fiebre, y otros parámetros modificados. Si el organismo logra recuperarse, esto significa que las retroalimentaciones han sido negativas y que finalmente el cuerpo recupera su homeostasis, en el estado original.

Cuando, en cambio, un organismo sufre modificaciones vinculadas al crecimiento, recupera su equilibrio u homeostasis en un estado distinto al original.

Finalmente, cuando un organismo muere, es porque ha habido retroalimentaciones positivas y no atenuadas, la homeostasis no ha podido recuperarse, y finalmente se produce la desagregación del sistema.

Aunque los tejidos y células permanezcan aún un tiempo identificables, y los elementos moleculares permanezcan mucho más tiempo, el sistema "organismo" ha dejado de existir como un todo.

## □ **Orden jerárquico de los sistemas**

Algunos autores sistémicos, entre ellos el propio Bertalanffy, consideran que los sistemas pueden ser clasificados en distintos tipos.

Estos tipos pueden ser ordenados según jerarquías.

Desde una perspectiva de complejidad creciente podríamos proponer la siguiente secuencia para los sistemas:

- *Subatómicos*
- *Atómicos*
- *Moleculares*
- *Macromoleculares*
- *Celulares*
- *Orgánicos*
- *Ecosistemas*
- *Sociales*

Bertalanffy establece un "catálogo informal de niveles principales en la jerarquía de los sistemas" basándose principalmente en Boulding (de menor a mayor):

*a) Estructuras estáticas, b) mecanismos de relojería, c) mecanismos de control, d) sistemas abiertos, e) Organismos inferiores, f) Animales, g) Hombre, h) Sistemas socio-culturales, i) Sistemas simbólicos.*

Desde cierta perspectiva los sistemas simbólicos o de pensamiento estarían en la cúspide del orden jerárquico, ya que implican la representación (o inclusive otorgarían existencia, según el marco filosófico-epistemológico) a todos los demás.

Es importante destacar que mayor tamaño no implica necesariamente mayor complejidad.

Si bien la Tierra, como macro-ecosistema es más complejo que un organismo, ya que incluye billones de ellos y sus interrelaciones, un planeta rocoso y desierto o una estrella, podría ser menos complejo que una célula.

## **Suprasistema y subsistema**

Como se infiere de lo anterior, un sistema puede ser a la vez elemento de un sistema mayor.

Un sistema que forma parte de un sistema mayor se llama *subsistema*, con respecto a este.

Del mismo modo, el sistema mayor es *suprasistema* con respecto al sistema incluido.

### □ **Principio de no extrapolación**

Dado que en cada nivel de sistema aparecen propiedades emergentes que no se encuentran en los elementos constitutivos, si no que son propias del sistema como todo, no es posible entender un sistema más complejo o de naturaleza diferente por mera extrapolación de las propiedades de un sistema más simple.

## **Isomorfismos**

Lo dicho en el párrafo anterior no debe sin embargo llevar a pensar que cada sistema tiene leyes absolutamente diferentes de todos los demás.

Existen leyes que todos los sistemas comparten, por el solo hecho de ser sistemas.

(Vg. La ley de no sumatividad, el hecho que la modificación de un elemento modifica al sistema en su conjunto, etc)

Al haber leyes comunes a todo sistema, existe la posibilidad de descubrir entre dos sistemas, *isomorfismos*.  
(del griego: igual forma)

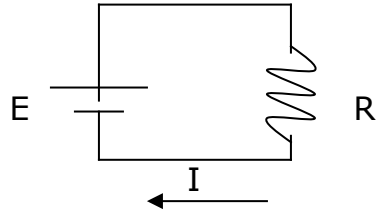
Así, conociendo el funcionamiento de un sistema, es posible, mediante la aplicación de un isomorfismo, inferir propiedades o conocer el funcionamiento de otro sistema distinto.

Sin embargo, para ello, deben transpolarse correctamente elementos y funciones, es decir, establecer las equivalencias correctas.



### Ejemplo 1:

Si se tiene un sistema eléctrico sencillo como:



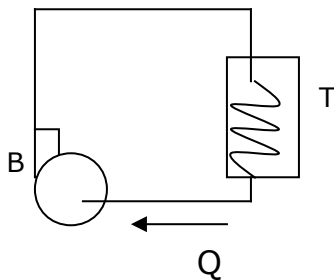
Se sabe que los "elementos" E (diferencia de potencial establecida por la fuente) e I (intensidad de la corriente) están relacionados a través de:

$$E / R = I$$

Donde R es la resistencia eléctrica.

Es decir, que cuanto mayor sea la resistencia menor será la intensidad.

Propongamos ahora un sistema hidráulico como el siguiente:



B es una bomba, T un tanque con una serpentina en su interior, y Q el caudal de agua.

Si bien este otro sistema es de naturaleza diferente, y tiene leyes propias (de la fluidodinámica y no del electromagnetismo) comparte ciertas propiedades en cuanto sistema.

Si se establece una equivalencia entre la fuente E del primer sistema y la bomba B en el segundo, y entre el resistor de resistencia R y el tanque con serpentina T, un isomorfismo nos permite presuponer que el caudal de agua Q resultara ser:

Proporcional a potencia de la bomba e inversamente proporcional a la pérdida de carga en el tanque:

$$P(B) / \Delta P (T) = K Q$$

Donde k es una constante de proporcionalidad

### *Ejemplo 2*

Sea un ecosistema.

Se sabe que a mayor índice de diversidad (ID) mayor será la sustentabilidad natural del mismo.

$$ID = N_e / N_i$$

Donde  $N_e$  es el número de especies y  $N_i$  el número de individuos en el ecosistema.

Esta ley ecosistémica nos dice que, cuanto más biodiverso sea el ecosistema, más fácilmente recuperará su homeostasis en caso de producirse un desequilibrio o perturbación.

Esto se debe a que, cuando una especie merma o su población se ve afectada, otras tienden a suplir su "nicho" y así reestablecer la homeostasis, como ya se explicó.

Resulta obvio que si hay mayor biodiversidad (muchas especies con escaso número de individuos cada una) no solo el "nicho" dejado vacante será relacionalmente menor, si no que habrá muchos mas recursos disponibles para cubrirlo.

Sería entonces posible establecer un isomorfismo que vincule el ecosistema con un sistema social.

Si consideramos que en un sistema social, la "socio-diversidad" esta dada por la diversidad de los instituciones y organizaciones que lo conforman, podriamos definir un "índice de sociodiversidad" como:

$$Isd = N_o / N_p$$

Es decir que Isd sería la relación entre el número de organizaciones e instituciones que integran ese sistema social, y el número total de personas en ese conjunto social.

Cuando Isd crece, también el sistema social se vuelve más sustentable.

Quiere decir que, si una sociedad está conformada por un alto número de pequeñas organizaciones diversas, sería mucho más estable (homeostático) que una sociedad cuyas organizaciones son de gran tamaño.

Para demostrar que este isomorfismo es válido, sería necesario profundizar más las equivalencias orgánicas y funcionales entre ecosistema y sociosistema, pero dejaremos el ejemplo aquí.

### **Intervenciones Sistémicas**

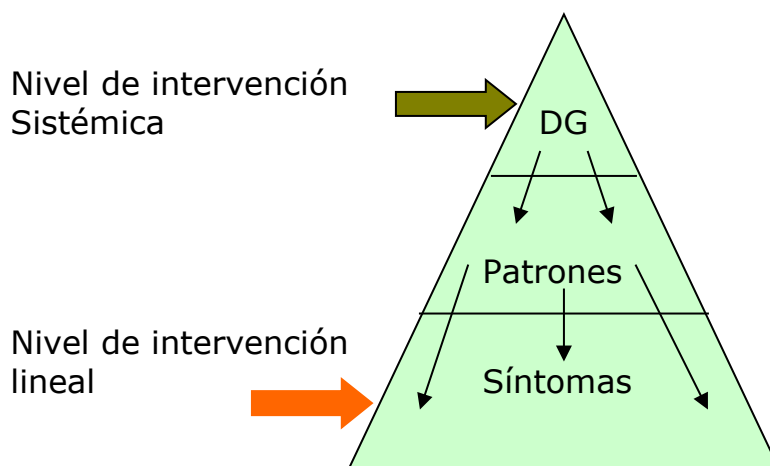
Desde una perspectiva sistémica, cuando emergen problemas, el abordaje es diferente al del modelo lineal.

En el modelo lineal, se actúa sobre *síntomas*.

Desde una perspectiva sistémica, en cambio, los síntomas deben ser observados a fin de agruparlos e interpretarlos según *patrones*.

Dichos patrones permiten finalmente descubrir las *dinámicas generativas* del problema.

Es decir que una intervención sistémica, preventiva o remediadora, es siempre a nivel de dinámicas generativas.

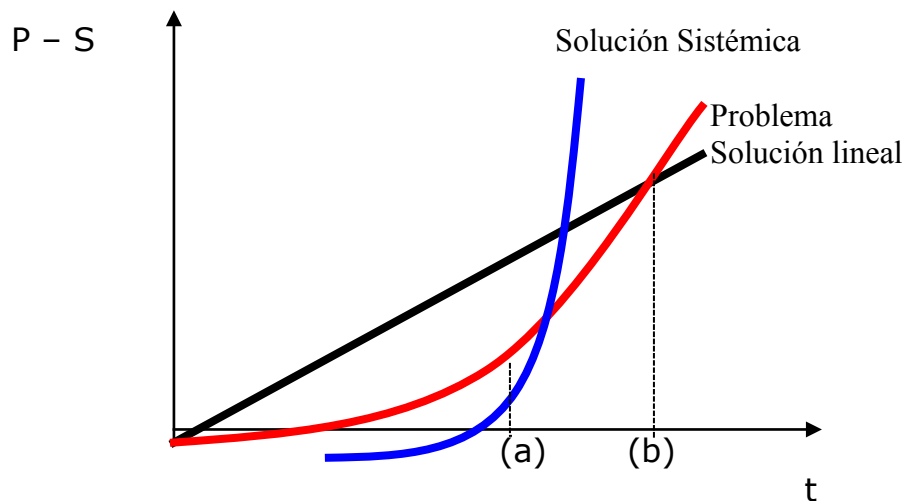


La intervención sistémica tiene una respuesta "exponencial", es decir, pequeña o poco visualizable al inicio, y de gran desarrollo y potencia en el tiempo.

(Maruyana ha estudiado la propagación de pequeñas perturbaciones a través de redes retroalimentativas, , que llegan a producir grandes efectos. Ilya Prigogine llama a esto el "efecto mariposa", y da como ejemplo la compleja e impredecible atmósfera, en la que es físicamente posible que el aleteo de una mariposa en Indonesia, produzca un huracán en la costa pacífica de América Latina)

Las intervenciones lineales, sobre síntomas, tienen a veces más impacto en el inicio del proceso, no pudiendo luego revertir a la larga las problemáticas, que se propagan exponencialmente.

A veces es necesario recurrir a intervenciones combinadas, que mediante medidas sobre síntomas logran "paliar" los problemas mas urgentes, aliviar los dolores mas agudos en lo inmediato, pero al mismo tiempo procuran soluciones definitivas o de raíz actuando sobre las dinámicas generativas.



El gráfico muestra en ordenadas, la variación de la magnitud tanto del problema como de la solución.  
Para revertir un problema, la solución debe ser de magnitud igual o mayor al mismo.  
Aquí se ve que:

Solo con el abordaje sistémico, hasta el tiempo "a" el problema es mayor en magnitud a la solución.

Por lo tanto, el abordaje lineal es útil para paliar los efectos del problema hasta el tiempo "b".

De este modo permite que la respuesta sistémica (lenta al principio) cobre magnitud.

Pero si no existiera respuesta sistémica, a la larga, es decir, a partir de "b" el problema comenzará a manifestarse en modo creciente.

Esto se puede visualizar en relación al concepto de desarrollo sustentable y su interpretación, que dentro del modelo hegemónico se entiende como continuar con la misma idea de desarrollo, pero tomando ciertos recaudos *pragmáticos y técnicos* (por ejemplo reciclado, tratamiento de efluentes, procesos de decontaminación, tecnologías "limpias", etc).

Estas técnicas actúan sobre los síntomas inmediatos, pero en ningún momento procuran descubrir los patrones.

Dichos patrones probablemente mostrarían que los problemas ambientales proceden de la visión fragmentaria, mecanicista –y en última instancia divisionista y conflictiva- que caracteriza a las instituciones modernas (estado nación, empresa privada, gremios, partidos).

Por detrás de esto, llegaríamos en última instancia a los sistemas de pensamiento, simbólicos y al mismo núcleo paradigmático propio de la modernidad.

Una acción sobre dinámicas generativas requiere entonces de cambio en los modelos mentales, el sistema de valores, el mismo concepto de poder, del que deviene la posterior construcción y articulación de los espacios socioinstitucionales.

El gráfico de la página siguiente, muestra este nivel de intervención, a nivel de dinámicas generativas:

Acción sobre dinámicas generativas = cambio en sistemas de Pensamiento.



Sistemas de Pensamiento

Sistemas Socio-Institucionales

Acción sobre síntomas mediante medidas pragmáticas y técnicas



Sistemas físicos y ambientales

