



**Instituto Nacional de Estadística
e Informática**

**¿QUE ES LA TEORIA GENERAL
DE SISTEMAS?**

COLECCION CULTURA INFORMATICA

INSTITUTO NACIONAL DE ESTADISTICA E INFORMATICA

Elaborado por la Sub-Jefatura de Informática

Dirección Técnica Desarrollo Informático

Teléfono 433-4223 – Anexos 314– 315

Telefax 433-5568

INTERNET infoinei@inei.gob.pe

Impreso en los talleres de la Oficina de Impresiones de la Oficina Técnica de Difusión Estadística y Tecnología Informática del Instituto Nacional de Estadística e Informática (INEI)

Edición : 500 Ejemplares

Dirección, Redacción y Talleres: Av. General Garzón N° 658
Jesús María

Orden : 604-99-01-OTDETI-INEI

El Instituto Nacional de Estadística e Informática (INEI), como ente rector del Sistema Nacional de Informática, continuando con la publicación de la Colección “Cultura Informática”, pone a disposición su Vigésimo Primer Número, titulado **¿Qué es la Teoría General de Sistemas?**.

La presente publicación trata de temas como: ¿Qué es la Teoría General de Sistemas?, Surgimiento de la Teoría General de Sistemas, definiciones para los Sistemas Generales, clasificaciones básicas de sistemas, la teoría general de sistemas desde un punto de vista epistemológico, ¿Qué es el pensamiento de sistemas?, conceptos básicos de la Teoría General de Sistemas, y por último tomamos a la tierra como el gran sistema en que vivimos, haciendo un enfoque general de los sistemas en donde interactúan otros sistemas más pequeños, que serán vistos como subsistemas.

El Instituto Nacional de Estadística e Informática, pone a disposición de sus lectores, la presente publicación, esperando sea de gran utilidad.

Econ. Félix Murillo Alfaro
JEFE
INSTITUTO NACIONAL DE ESTADISTICA
E INFORMATICA

Contenido

Introducción.....	7
I. ¿Qué es la Teoría General de Sistemas?.....	8
II. Surgimiento de la Teoría General de Sistemas.....	10
III. Definiciones Generales de sistemas.....	16
- Concepto de sistema	17
IV. Clasificaciones Básicas de Sistemas.....	18
- Complejidad y modelos.....	20
V. La Teoría General de Sistemas desde un punto de vista Epistemológico.....	22
- ¿Qué es el pensamiento de Sistemas?.....	24
VI. Conceptos Básicos de la Teoría General de Sistemas.....	26
VII. La Tierra, el Gran Sistema en que Vivimos.....	37
- Una Visión General.	37
- Objetivos Generales y Específicos	37
- Movimiento de la Energía y Procesos Cíclico de la Materia.....	38
- Niveles de Organización de la Materia	38
- La Ciencia del Ambiente	39
- Segunda Ley de la Termodinámica	40
- Los Ecosistemas y la Biosfera	44
VIII. Bibliografía	46

Introducción

La observación de sistemas es una perspectiva la cual es tema de actualidad.

Si un hombre aprende a diferenciar entre estar dentro y estar fuera de un lugar, entonces siempre sabrá cuándo está dentro y cuándo está fuera del lugar. Así también entenderá, **independientemente de lo que ésto signifique**, que muchas cosas están dentro o fuera de algún lugar. Quizá esta tarea no sea fácil y en algunos casos tal vez, sea imposible poder distinguir un "**afuera**" de un "**adentro**". Pero en la mayoría de los casos nuestro amigo podrá hacer, **al menos para él**, una distinción satisfactoria.

Ver sistemas lo podemos considerar entonces como la posibilidad de distinguir que nuestra primera aproximación a un sistema debe ser a través de la mirada...

En el presente trabajo damos una mirada a la Teoría General de Sistemas, haciendo un esfuerzo por entender un poco más la realidad en que vivimos y con la que estamos interactuando constantemente, para así poder conservar mejor nuestra relación con el mundo en el que vivimos, haciendo de él un mejor lugar para vivir.

I. ¿Qué es la Teoría General de Sistemas?

La Teoría General de Sistemas viene a ser el resultado de gran parte del movimiento de investigación general de los sistemas, constituyendo un conglomerado de principios e ideas que han establecido un grado superior de orden y comprensión científicos, en muchos campos del conocimiento. La moderna investigación de los sistemas puede servir de base a un marco más adecuado para hacer justicia a las complejidades y propiedades dinámicas de los sistemas.

Desde hace algún tiempo hemos sido partícipes del surgimiento de "sistemas" como concepto clave en la investigación científica. Los sistemas se estudian desde hace siglos, pero algo más se ha agregado. La inclinación a estudiar sistemas como entidades, más que como conglomerado de partes, es conveniente para analizar fenómenos estrechamente relacionados y examinar segmentos de la naturaleza cada vez mayores. La indagación de sistemas pretende un esfuerzo cooperativo entre las diversas disciplinas científicas y la ingeniería, sin más interés que lograr una mayor comprensión del conocimiento humano.

La Teoría General de Sistemas puede definirse como:



Una forma ordenada y científica de aproximación y representación del mundo real, y simultáneamente, como una orientación hacia una práctica estimulante para formas de trabajo transdisciplinario.

La Teoría General de Sistemas (TGS) se distingue por su perspectiva integradora, donde se considera importante la interacción y los conjuntos que a partir de ella brotan. Gracias a la práctica, la TGS crea un ambiente ideal para la socialización e intercambio de información entre especialistas y especialidades. De acuerdo a los aspectos y

consideraciones anteriores, la TGS es un ejemplo de perspectiva científica.

La Teoría General de Sistemas también es vista como una teoría matemática convencional, un tipo de pensamiento, una ordenación de acuerdo a niveles de teorías de sistemas con generalidad creciente.

La Teoría General de Sistemas es la historia de una filosofía, una metodología de análisis, el estudio de la realidad y el desarrollo modelos, a partir de los cuales se puede intentar una aproximación gradual en cuanto a la percepción de una parte de esa globalidad que es el universo, configurando un modelo del mismo no aislado del resto al que llamaremos sistema.

Todos los sistemas comprendidos de esta manera por un individuo dan origen a un modelo del universo, una visión integral cuya clave justifica plenamente cualquier parte de la creación, por pequeña que sea o que podamos considerar, que juega un papel y no puede ser estudiada y captada su realidad última en un contexto aislado.

La ciencia de los sistemas o sistémica es su ejemplo, es decir, su realización práctica, y su puesta en obra es también un ejercicio de humildad, ya que un bien sistémico ha de partir del reconocimiento de su propia limitación y de la necesidad de colaborar con otros, para llegar a captar la realidad en la forma más adecuada para los fines propuestos.

La Teoría General de Sistemas tiene objetivos, los cuales son los siguientes:

1. Promover y difundir el desarrollo de una terminología general que permita describir las características, funciones y comportamientos sistémicos.
2. Generar el desarrollo de un conjunto de normas que sean aplicables a todos estos comportamientos
3. Dar impulso a una formalización (matemática) de estas leyes.

II. Surgimiento de la Teoría General de Sistemas



La Teoría General de Sistemas, idea desarrollada por L. Von Bertalanffy en 1930, fue un tema nuevo que causó impacto en la comunidad científica, lo que motivó el interés de muchos para su investigación, motivo por el cual un grupo conformado sólo por personas que tenían inquietudes similares formaron la Sociedad para la Investigación de Sistemas Generales conjuntamente con Anatol Rapoport, Kennet Boulding, Ralph Gerard y otros en 1954.

No pasó mucho tiempo, para que el investigador y estudioso Kennet Boulding realice una clasificación sobre cinco prioridades básicas de la Teoría General de Sistemas. Según la investigación realizada, podemos llamar a estas prioridades: postulados, presuposiciones o juicios de valor.

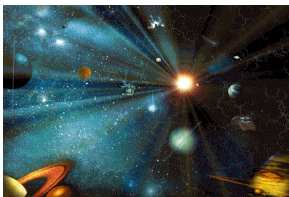
1. Es preferible que exista una seguridad en el orden, regularidad y carencia de azar, para no encontrarnos en la incertidumbre y esperar un estado fortuito.
2. El orden del mundo empírico hace de éste un buen lugar, que sea motivante, y que origine mucha atracción con respecto a los teóricos de los sistemas.
3. El mundo externo y práctico mantiene un orden en el ordenamiento, es decir un orden en segundo plano: una ley de leyes.
4. El orden se mantiene con la matemática y el análisis cuantitativo, que son herramientas de un valor.
5. El tratar de encontrar la ley y el orden juntos hace que sea necesaria la búsqueda de referencias prácticas.

Pero el nombre que conocemos de esta Sociedad no es el que dio origen a su constitución, pues primero fue conocida como Society for General Systems Research (SGSR), luego fue convertida en la International Society for General Systems Research (ISGSR), para finalmente lo que hoy se conoce como la International Society for the Systems Sciences (ISSS), cuyos objetivos fueron:



- Realizar una investigación sobre el isomorfismo de conceptos, leyes y modelos en varios campos y facilitar las transferencias entre aquellos.
- Promover y desarrollar modelos teóricos en campos en que éstos no existen.
- Tendencia a dar una concepción estándar y reducir la duplicidad de los esfuerzos teóricos.
- Promocionar la unidad de la ciencia a través de principios conceptuales y mejoramiento de la comunicación entre los especialistas.

Los Estudiosos de la Teoría General de Sistemas no han sido sólo investigadores del orden en el orden y de las leyes en las leyes, sino que están en la búsqueda de casos esenciales y particulares de un orden abstracto. La constante búsqueda de encontrar relaciones prácticas para idealizar un orden y una ley formal, puede iniciarse de cualquiera de los dos puntos originales, el teórico y el práctico.



La Teoría General de Sistemas está basada en la búsqueda de la **ley y el orden en el universo**, ampliando su búsqueda y convirtiéndola en la búsqueda de un orden de órdenes y una ley de leyes. Por esto se le llamó Teoría General de Sistemas.

Schoderbek y otros estudiosos en 1993 atribuyeron a la Teoría General de Sistemas ciertas características:

- **Interrelación:** Entre los elementos del Sistema, tomando en cuenta cada uno de los elementos en forma individual.
- **Totalidad:** El enfoque de sistemas es un tipo gestálico de enfoque, que trata de hacer frente a todo con todos sus componentes de forma interrelacionada.
- **Búsqueda de Objetivos:** Los sistemas están compuestos por elementos, los cuales son siempre considerados. La interacción de estos elementos hace que siempre se alcancen las metas trazadas, una situación final o posición de equilibrio.
- **Insumos y productos:** Son importantes para el funcionamiento de los sistemas, generando las actividades que originarán el logro de las metas.
- **Transformación:** Un sistema transforma entradas y salidas.
- **Entropía:** Directamente relacionado con un estado de desorden. Los sistemas tienden hacia el desorden, si se dejan aislados perderán el dinamismo, convirtiéndose en sistemas inertes. Trataremos este tema más adelante.
- **Regulación:** Todos los componentes que interactúan dentro del sistema deben ser regulados para de esta forma cumplir con los objetivos deseados.
- **Jerarquía:** Existen los sistemas que son un conjunto de subsistemas.
- **Diferenciación:** Todos los sistemas contienen unidades especializadas dedicadas a funciones específicas.
- **Equifinalidad:** Este concepto es definido más adelante.

Holones

Sistema es un término con una concepción muy amplia, es decir puede abarcar muchos conceptos, por esta razón es que se sugirió propuestas como alternativas de sistema para nombrar el concepto de un todo, algunas de las propuestas son: “org”(Gerard, 1964), “integron”(Jacob, 1974), y “holon”(Koelster, 1967, 1978). Siendo esta última aceptada y utilizada de manera significativa, pero

despejaría un poco más el panorama conceptual de las personas si se popularizaran los términos, es decir; si en lugar de pensamiento de sistemas dijéramos “pensamiento holónico” o “pensamientos con holones” (Checkland, 1988).

Entidad: Es la constitución esencial de algo y por lo tanto es un concepto básico. Las entidades dependen de sus atributos, si es que éstos saltan a la vista y pueden ser medidos, entonces se dice que pueden tener una existencia concreta. Pero si sus atributos o cualidades son inherentes o conceptuales se dice que son de existencia abstracta.

Atributos:

Los atributos son los que caracterizan a una entidad, pues de acuerdo a éstos se distinguen, esta distinción puede ser cuantitativa o cualitativa. Es decir que son las propiedades estructurales o funcionales que caracterizan las partes o componentes de un sistema. Los atributos cuantitativos son visibles o perceptibles a los sentidos, éstos pueden ser medidos y no cambian, de esta forma pueden ser identificados mediante el uso de elementos que nos servirán para la realización de tales mediciones, basados en unidades o patrones de referencia.

Relaciones: Son la asociación entre las entidades o sus atributos, pueden ser de distinta índole, es decir, estructural, configuración, estado o propiedades de elementos, partes o constituyentes de una entidad.

Mirando el horizonte



La perspectiva de la Teoría General de Sistemas (TGS), surge en reacción o como una respuesta a la escasez de recursos y la no aplicabilidad de las definiciones o enfoques

analítico-reduccionistas y sus principios mecánico-causales (Arnold & Rodríguez, 1990). Entonces se puede determinar que la Teoría General de Sistemas se basa en un principio clave el cual es la noción de totalidad orgánica, mientras que el paradigma anterior estaba basado en una imagen inorgánica del mundo. Sin necesidad de ir muy lejos, la TGS ha originado gran interés generando un veloz desarrollo de diversas tendencias, destacando entre éstas la cibernética (N. Wiener), la dinámica de sistemas (J. Forrester) y la teoría de la información (C. Shannon).

Si bien el campo de aplicaciones de la TGS es ilimitado, al usarla en fenómenos humanos, sociales y culturales, se advierte que sus raíces tienen bases sólidas en el área de los sistemas naturales (organismos) y en el de los sistemas artificiales (máquinas). Mientras más equivalencias encontremos o reconozcamos entre organismos, máquinas, hombres y formas de organización social, existirá mayor posibilidad para aplicar el enfoque de la TGS de manera correcta, pero mientras más experimentemos los atributos que caracterizan lo humano, lo social, lo cultural y sus correspondientes sistemas, quedarán a la vista sus obsolescencias y deficiencias.

III. Definiciones Generales de Sistemas

Siempre se habla de sistemas que tienen en vista una totalidad cuyas propiedades no son atribuibles a la simple adición de las propiedades de sus partes y componentes.

Etimológicamente hablando, y por razones de concreción, se puede decir que la noción de "sistema" proviene de dos vocablos griegos los cuales son: *syn e istemi*, que traducidos a nuestro idioma quiere decir "reunir en un todo organizado" (Rodríguez Ulloa, 1985)

En las definiciones más simples se identifican los sistemas como conjuntos de elementos que actúan de forma conjunta relacionándose entre sí, que mantienen al sistema directa o indirectamente unido de modo más o menos estable, de acuerdo a la finalidad que persiguen. Esas definiciones que nos concentran fuertemente en procesos sistémicos internos, deben, necesariamente, ser completadas con una concepción de sistemas abiertos, en donde queda establecida como condición para la continuidad sistémica, el establecimiento de un flujo de relaciones con el ambiente.

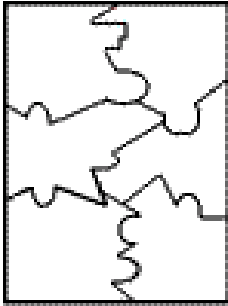
A partir de estas consideraciones la TGS puede ser desagregada, dando lugar a dos grandes grupos de estrategias para la investigación en sistemas generales:

- a. La orientación en la perspectiva de sistemas en donde las distinciones conceptuales se concentran en una relación entre el todo (sistema) y sus partes (elementos).
- b. Las perspectivas de sistemas en donde las distinciones conceptuales se concentran en los procesos de frontera (sistemas/ambiente).

En el primer caso, la característica principal de un sistema está dada por la dependencia mutua entre las partes que lo forman y el orden que se encuentra bajo tal interdependencia. En el segundo, lo central son las corrientes de entradas y de salidas mediante las cuales se establece una relación entre el sistema y su ambiente. Ambos enfoques son ciertamente complementarios.

Concepto de Sistema

En general, podemos definir a un Sistema de la siguiente forma:



Grupo de partes y objetos que actúan de manera interrelacionada y que forman un todo o que se encuentran bajo la influencia de fuerzas en alguna relación definida. Están dinámicamente relacionados en el tiempo. Algunos autores definen sistema como cualquier conjunto de dispositivos que colaboran en la realización de un fin específico. En informática, la palabra sistema se utiliza en varios contextos. Así, una computadora es considerada como el sistema formado por su hardware y su sistema operativo. Sistema, se considera también a cualquier colección o combinación de programas, procedimientos, datos y equipamiento utilizado en el procesamiento de información: un sistema de contabilidad, un sistema de facturación, un sistema de gestión de base de datos, etc.

Los sistemas se pueden dividir en cerrados y abiertos:

Sistema Cerrado: Es aquel en que las variaciones del medio que afectan al sistema son conocidas. Su ocurrencia no puede ser predecida y la naturaleza de sus variaciones es conocida.

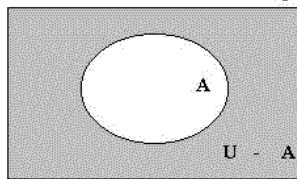
Sistema Abierto: Es aquel en el que existe un intercambio de energía de información entre el subsistema (sistema) y su medio o entorno. El intercambio es de tal naturaleza que logra mantener alguna forma de equilibrio continuo, y las relaciones con el entorno son tales que admiten cambios y adaptaciones, como el crecimiento en el caso de los organismos biológicos.

En otras palabras, un sistema depende de la influencia externa que tenga, de aquí su dependencia para sobrevivir, el cual se encuentra abierto ante cualquier estímulo o intercambio con el mundo externo.

IV Clasificaciones Básicas de Sistemas

Es oportuno aclarar que no obstante el rol renovador para la ciencia clásica, la TGS no se despegó –en lo fundamental– del modo cartesiano (separación sujeto/objeto). Así forman parte de sus problemas tanto la definición del status de realidad de sus objetos, como el desarrollo de un instrumental analítico adecuado para el tratamiento lineal de los comportamientos sistémicos (esquema de casualidad). Bajo ese marco de referencia los sistemas pueden clasificarse de la siguiente manera:

- a. Según su definición los sistemas se pueden agrupar en reales, ideales y modelos. Mientras los primeros presumen una existencia independiente por parte del observador (quien los puede descubrir), los segundos vienen a ser

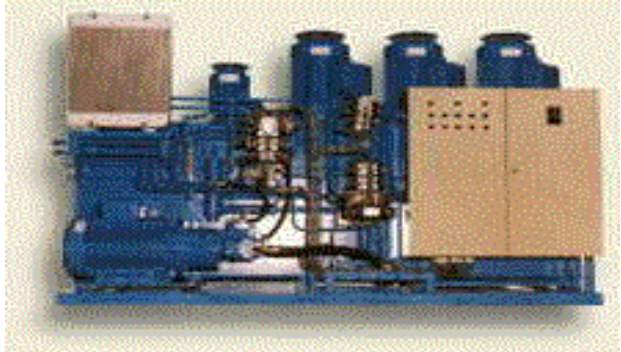


Complemento de A (A^c)

construcciones simbólicas, como el caso de la lógica y la matemática, mientras que el tercer tipo

corresponde a abstracciones de la realidad, en donde se combina lo conceptual con las características de los objetos.

- b. Con relación a su origen los sistemas pueden ser naturales o artificiales, distinción que está orientada a destacar la dependencia o no en su estructuración, por parte de otros sistemas.



- c. Con relación al ambiente o grado de aislamiento los sistemas pueden ser cerrados o abiertos, según el tipo de intercambio que establecen con sus ambientes. Como se sabe, en este punto se han producido importantes innovaciones en la TGS (observación de segundo orden), tales como las nociones que se refieren a procesos que aluden a estructuras disipativas, autorreferencialidad, autoobservación, autodescripción, autoorganización, reflexión y autopoiesis (Arnold, M & D. Rodríguez 1991).

Checkland (1981) también realizó una clasificación, en la que considera a los sistemas de la siguiente forma:

- a. *Sistemas Naturales*: Aquellos sistemas que han sido elaborados por la naturaleza, desde el nivel de estructuras atómicas hasta los sistemas vivos, los sistemas solares y el universo.



- b. *Sistemas Diseñados*: Aquellos que han sido diseñados por el hombre y son parte del mundo real. Pueden ser de dos tipos: Abstractos y Concretos. Por ejemplo los sistemas diseñados abstractos pueden ser, **la filosofía, la matemática, las ideologías, la religión, el lenguaje**. Y como ejemplos de sistemas diseñados concretos podemos hablar de **un computador, una casa, un auto, etc**.



- c. *Sistemas de Actividad Humana*: Son sistemas que describen al ser humano epistemológicamente, a través de lo que hace. Se basan en la apreciación de lo que en el mundo real una persona o

grupos de personas podrían estar haciendo, es decir, en la intencionalidad que tiene el sistema humano que se observe.

- d. Sistemas Culturales*, Sistemas formados por la agrupación de personas, podría hablarse de **la empresa, la familia, el grupo de estudio de la universidad, etc.**

Complejidad y Modelos

Si queremos hablar de sistemas, entonces tenemos que hablar de modelos. Como se ha dicho, el enfoque de sistemas implica la conceptualización de lo que es la realidad en términos de totalidades. Para poder conceptualizar estas totalidades, se necesita hacer elaboraciones mentales complejas, por ello se necesita tener los instrumentos intelectuales para que esas representaciones mentales puedan ser claramente expresadas. Aquí juegan un papel preponderante los modelos, y de allí su gran utilidad y la estrechez de su relación con el enfoque de sistemas.

En consecuencia, nos preguntamos ¿qué es un modelo?, un modelo no es otra cosa que la representación de la realidad; es una abstracción, una simplificación de la misma.

Los modelos pueden ser de dos tipos:

- A. Modelos Físicos:** Que son representaciones físicas de la realidad. Ej: Maquetas de Aeromodelismo reducida a escala.



B. Modelos Abstractos:

Son representaciones de tipo verbal, matemático o gráfico (planos, dibujos), que hacen posible se desarrollen muchos modelos verbales, matemáticos y gráficos. La diferencia entre cada uno de ellos son los distintos tipos de lenguajes que son utilizados para poder manifestar las formas de conceptualización de la realidad.

Los modelos nos sirven para conocer el sistema que tenemos bajo estudio. También, para aprender acerca de lo que acontece en el sistema o para intentar predecir su probable comportamiento y así poder actuar sobre una posible acción futura del mismo.



Los modelos se usan cuando existe interés en el estudio de un sistema, no sin haber tomado en cuenta que éste resultó válido para su ejecución, ejerciendo un proceso de aprendizaje sobre el comportamiento del mismo y para anticiparse a su posible comportamiento futuro. Así se logra tomar

medidas cautelares

evitando consecuencias que no queremos, y todo esto a un menor costo del que podría acarrear si se hiciese en la realidad.

Los cambios que han sido realizados a lo largo de los años en el país, hubiesen sido menos costosos si en vez de experimentarlos en la propia realidad se hubiera podido analizar sus posibles consecuencias mediante el desarrollo de modelos sistémicos que considera diversas variables de dicha realidad. Así, ahora no existirían tantos lamentos por lo que se hizo y lo que no se hizo.

V. La Teoría General de Sistemas desde un punto de vista Epistemológico

Según Bertalanffy (1976) se puede hablar de una filosofía de sistemas, ya que toda teoría científica de gran alcance tiene aspectos metafísicos. Se dice que la “teoría” no debe entenderse en su sentido restringido, esto es, matemático, sino que la palabra teoría está más cercana, en su definición, a la idea de paradigma de Kuhn.

En la filosofía de sistemas se distingue una ontología de sistemas, una epistemología de sistemas y una filosofía de valores de sistemas.

La ontología se refiere a la definición de un sistema y a la comprensión de cómo se muestran los sistemas en los diferentes niveles del mundo de lo observable, es decir, la ontología trata de definir mejor las diferencias que existen entre *Sistema Real* y *Sistema Conceptual*. Los sistemas reales son, por ejemplo, galaxias, perros, células y átomos. Los sistemas conceptuales son la lógica, la matemática, la música y, en general, toda construcción simbólica.

Bertalanffy entiende la ciencia como un subsistema del sistema conceptual definiéndola como un *sistema abstraído* es decir, un sistema conceptual correspondiente a la realidad. El señala que la distinción entre un sistema real y conceptual está sujeta a debate y que aún no se ha llegado a un acuerdo final con respecto a su definición, por lo que no debe considerarse en forma rígida.

La epistemología de sistemas se refiere a la distancia de la TGS con respecto al positivismo o empirismo lógico. Bertalanffy, refiriéndose a sí mismo, dice: “En filosofía, la información del autor siguió la tradición del neopositivismo del grupo de Moritz Schlik, a quien llamaron posteriormente Círculo de Viena. Pero, como tenía que ser, su interés en el misticismo alemán, el relativismo histórico de Spengler y la historia del arte, aunado a otras actitudes no ortodoxas, evitaron que llegara a ser un buen positivista. Tenía una relación con el grupo berlinés de la Sociedad de Filosofía Empírica mucho más fuerte en la década de 1920 – 30. Allí descollaban el filósofo-físico Hans Reichenbach, el psicólogo A. Herzberg y el ingeniero Parseval (inventor del dirigible). Bertalanffy señala que la epistemología del positivismo lógico es fiscalista y atomista. Fiscalista, considerando al lenguaje de la ciencia física como único lenguaje para la ciencia, por lo tanto, la física es considerada como el único modelo de ciencia.

Atomista, en el sentido que busca fundamentos últimos sobre los cuales apoyar el conocimiento, que tendrían el carácter indubitable.

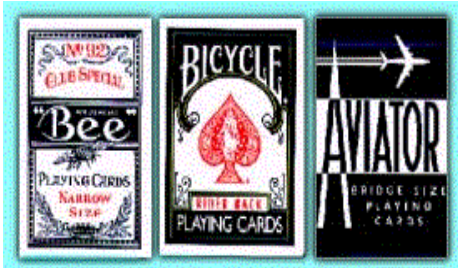
Por otro lado, la TGS no comparte la causalidad lineal o unidireccional, la tesis que la percepción es una reflexión de cosas reales o el conocimiento de una aproximación a la verdad o la



realidad. Bertalanffy señala “[La realidad] es una interacción entre el conocedor y conocido, dependiente de múltiples factores de naturaleza biológica, psicológica, cultural, lingüística, etc. La propia física nos enseña que no hay entidades últimas tales como corpúsculos y

ondas, que existan independientemente del observador. Esto conduce a una filosofía **“perspectivista”** para la cual la física, sin dejar de reconocerle logros en su campo y en otros, no representa el monopolio del conocimiento. Frente al reduccionismo y las teorías que declaran que la realidad no es **“nada sino”** (un montón de partículas físicas, genes, reflejos, pulsiones o lo que sea), vemos la ciencia como una de las **“perspectivas”** que el hombre, con su dotación y servidumbre biológica, cultural y lingüística, ha creado para vérselas con el universo al cual está **“arrojado”** o, más bien, al que está adaptado merced a la evolución y la historia”.

La filosofía de valores de sistemas se preocupa de la relación entre los seres humanos y el mundo, pues Bertalanffy señala que la imagen de ser humano diferirá si se entiende en el mundo como partículas físicas gobernadas por el azar o como un orden jerárquico simbólico. La TGS no acepta ninguna de esas visiones de mundo, sino que opta por una visión heurística. Finalmente, Bertalanffy reconoce que la teoría de sistemas comprende un conjunto de enfoques que difieren en estilo y propósito, entre los cuales se encuentra la teoría de conjuntos (Mesarovic), teoría de las redes (Rapoport), cibernética (Wiener), teoría de la información (Shannon y Weaver), teoría de los autómatas (Turin), teoría de los juegos (Von Newman), entre otras.



Por eso, la práctica del análisis aplicado de sistemas tienen que aplicar diversos modelos, de acuerdo con la naturaleza del caso y con criterios operacionales, aún cuando algunos

conceptos, modelos y principios de la TGS, como el orden jerárquico, la diferenciación progresiva, la retroalimentación, etc., son aplicables a grandes rasgos en sistemas materiales, psicológicos y socioculturales.

¿Qué es el Pensamiento de Sistemas?

El pensamiento de sistemas es el “Estudio de las relaciones entre las partes de un ente integrado (abstracto o concreto) y de la manera de comportarse como un todo con respecto al entorno que lo rodea”

Esta definición llevó a Bertalanffy a precisar un conjunto de conceptos que se mencionan a continuación:

- a. El concepto de sistema abierto, que rebata al de sistema cerrado, en el cual no existía ninguna interconexión con el entorno.
- b. El concepto de Equifinalidad, el cual permite dar una explicación como bajo diversas condiciones iniciales, es posible llegar al mismo estado final.
- c. El concepto de neguentropía, propuesto como contrapartida al de entropía. Los sistemas cerrados, de acuerdo con la segunda ley de la termodinámica, llevan al desorden y al caos. El grado de desorden es mensurable a través de la entropía. La única manera de contrarrestar la entropía emergente en un sistema cerrado es por medio del concepto de sistema abierto, que permite el ingreso de entropía negativa para establecer un equilibrio en la estructura del sistema.

A partir del trabajo de Bertalanffy surgen un conjunto de estudios y contribuciones de sus discípulos, como Anatol Rapoport en matemática y Kenneth Boulding en economía.

Lo que Bertalanffy y sus seguidores cuestionaban era la no adecuación e incompetencia de las ciencias clásicas para la explicación de los fenómenos biológicos, psicológicos y sociales, surgiendo de aquí, teorías interdisciplinarias que iban más allá de las ciencias clásicas. La idea central era el intercambio de conocimientos entre las diversas disciplinas, en la búsqueda de una ciencia única la que es expresada a través de la Teoría General de Sistemas (TGS).

VI. Conceptos Básicos de la Teoría General de Sistemas

Ambiente

Se refiere al área de sucesos y condiciones que fluyen sobre el comportamiento de un sistema. En lo que a complejidad se refiere, nunca un sistema puede igualarse con el ambiente y seguir conservando su identidad como sistema. La única posibilidad de relación entre un sistema y su ambiente, implica que el primero debe absorber selectivamente aspectos de éste. Sin embargo, esta estrategia tiene la desventaja de especializar la selectividad del sistema respecto a su ambiente, lo que disminuye su capacidad de reacción frente a los cambios externos. Esto último incide directamente en la aparición o desaparición de sistemas abiertos.

Atributo

Este concepto ya ha sido definido con anterioridad.

Cibernética



Se trata de un campo interdisciplinario que intenta abarcar el ámbito de los procesos de control y de comunicación (retroalimentación) tanto en máquinas como en seres vivos. El concepto es tomado del griego *Kibernetes* que nos refiere a la acción de timonear una goleta. Su significado lo podemos entender como la ciencia que estudia el

mecanismo de las conexiones nerviosas con los seres vivos, es decir, esta ciencia trata la construcción de aparatos y dispositivos capaces de transformar los datos que se les suministran en un resultado, de forma semejante a como lo hace el entendimiento humano.

Circularidad

Concepto cibernético que nos refiere a los procesos de autocausación. Cuando A causa B y B causa C, pero C causa A, luego A en lo esencial es autocausado (retroalimentación, morfóstasis, morfogénesis).

Complejidad

Por un lado indica la cantidad de elementos de un sistema (complejidad cuantitativa) y, por el otro, sus potenciales interacciones (conectividad) y el número de estados posibles que se producen a través de éstos (variedad, variabilidad). La complejidad sistémica está en directa proporción con su variedad y variabilidad, por lo tanto, es siempre una medida comparativa. Una versión más sofisticada de la TGS se funda en las nociones de diferencia de complejidad y variedad. Estos fenómenos han sido trabajados por la cibernética y están asociados a los postulados de R. Ashby en 1984, en donde se sugiere que el número de estados posibles que puede alcanzar el ambiente es prácticamente infinito. Según ésto, no habría sistema capaz de igualar tal variedad, puesto que si así fuera la identidad de ese sistema se diluiría en el ambiente.

Conglomerado

Cuando la suma de las partes, componentes y atributos en un conjunto es igual al todo, estamos en presencia de una totalidad desprovista de sinergia, es decir, de un conglomerado.

Elemento

Se entiende por elemento de un sistema las partes o los componentes que lo constituyen. Estas pueden referirse a objetos o procesos. Una vez identificados los elementos, pueden ser organizados en un modelo.

Energía



La energía que se incorpora a los sistemas se comporta según la ley de la conservación de la energía, lo que quiere decir que la cantidad de energía que permanece en un sistema es igual a la suma de la energía importada menos la suma de la energía exportada (entropía, negentropía).

Entropía

El segundo principio de la termodinámica establece el crecimiento de la entropía, es decir, la máxima probabilidad de los sistemas en su progresiva desorganización y, finalmente, homogeneización con el ambiente. Los sistemas cerrados están irremediabilmente condenados a la desorganización. No obstante, hay sistemas que, al menos temporalmente, revierten esta tendencia al aumentar sus estados de organización (negentropía, información).

Equifinalidad

Se refiere al hecho que un sistema vivo, a partir de distintas condiciones iniciales y por distintos caminos llega a un mismo estado final. El fin se refiere a la mantención de un estado de equilibrio fluyente. **“Puede alcanzarse el mismo estado final, la misma meta, partiendo de diferentes condiciones iniciales y siguiendo distintos itinerarios en los procesos orgánicos”** El proceso inverso se denomina multifinalidad, es decir, **“condiciones iniciales similares pueden llevar a estados finales diferentes”**.

Equilibrio



Los estados de equilibrios sistémicos pueden ser alcanzados en los sistemas abiertos por diversos caminos, esto se denomina equifinalidad y multifinalidad. La mantención del equilibrio en sistemas abiertos implica

necesariamente la importación de recursos provenientes del ambiente. Estos recursos pueden consistir en flujos energéticos, materiales o informativos.

Emergencia

Este concepto se refiere a que la descomposición del sistema en unidades menores avanza hasta el límite en el que surge un nuevo nivel de emergencia correspondiente a otro sistema cualitativamente diferente. E. Morin (Arnold 1989) señaló que la emergencia de un sistema indica la posesión de cualidades y atributos que no se

sustentan en las partes aisladas y que, por otro lado, los elementos o partes de un sistema actualizan propiedades y cualidades que sólo son posibles en el contexto de un sistema dado. Esto significa que las propiedades inmanentes de los componentes sistémicos no pueden aclarar su emergencia.

Estructura

Las interrelaciones más o menos estables entre las partes o componentes de un sistema, que pueden ser verificadas (identificadas) en un momento dado, constituyen la estructura del sistema. Según Buckley (1970) las clases particulares de interrelaciones más o menos estables de los componentes que se verifican en un momento dado, constituyen la estructura particular del sistema en ese momento, alcanzando de tal modo una suerte de **“totalidad”** dotada de cierto grado de continuidad y de limitación. En algunos casos es preferible distinguir entre una estructura primaria (referida a las relaciones internas) y una hiperestructura (referida a las relaciones externas).

Frontera

Los sistemas consisten en totalidades y, por lo tanto, son indivisibles como sistemas (sinergia). Poseen partes y componentes (subsistema), pero éstos son otras totalidades (emergencia). En algunos sistemas sus fronteras o límites coinciden con discontinuidades estructurales entre éstos y sus ambientes, pero corrientemente la demarcación de los límites sistémicos quedan en manos de un observador (modelo). En términos operacionales puede decirse que la frontera del sistema es aquella línea que separa al sistema de su entorno y que define lo que le queda fuera de él.

Función

Se denomina función al output de un sistema que está dirigido a la mantención del sistema mayor en el que se encuentra inscrito.

Homeóstasis



Este concepto está especialmente referido a los organismos vivos en tanto sistemas adaptables. Los procesos homeostáticos operan ante variaciones de las condiciones del ambiente, corresponden a las compensaciones internas al sistema que sustituyen, bloquean

o complementan estos cambios con el objeto de mantener invariable la estructura sistémica, es decir, hacia la conservación de su forma. La mantención de formas dinámicas o trayectorias se denomina **homeorrosis** (sistemas cibernéticos).

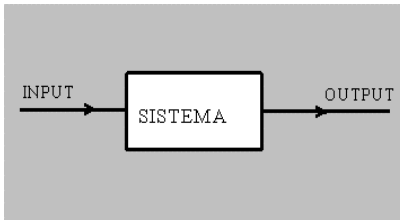
Información

La información tiene un comportamiento distinto al de la energía, pues su comunicación no elimina la información del emisor o fuente. En términos formales **“la cantidad de información que permanece en el sistema es igual a la información que existe más la que entra, es decir, hay una agregación neta en la entrada y la salida no elimina la información del sistema”**. La información es la más importante corriente negentrópica de que disponen los sistemas complejos.

Input/Output (modelo de)

Los conceptos de input y output nos aproximan instrumentalmente al problema de las fronteras y límites en sistemas abiertos. Se dice que los sistemas que operan bajo esta modalidad son procesadores de entradas y elaboradores de salidas.

Input



Todo sistema abierto requiere de recursos de su ambiente. Se denomina input a la importación de los recursos (energía, materia, información) que se requieren para dar inicio al ciclo de actividades del

sistema.

Output

Se denomina así a las corrientes de salidas de un sistema. Los outputs pueden diferenciarse según su destino en servicios, funciones y retroinputs.

Organización

N. Wiener planteó que la organización debía concebirse y entenderse como:



“una interdependencia de las distintas partes organizadas, pero una interdependencia que tiene grados. Ciertas interdependencias

deben ser más importantes que otras, lo que equivale a decir que la interdependencia interna no es completa”, por lo cual la organización sistémica se refiere al patrón de relaciones que definen los estados posibles (variabilidad) para un sistema determinado.

Modelo



Los modelos son objetos diseñados por un observador con el fin de compararlos con la realidad creando una relación directa con situaciones sistemicas

complejas. En todo sistema real, nos encontramos con la posibilidad de representarlo en más de un modelo. La decisión, en este punto, depende tanto de los objetivos como del modelador y de la capacidad de éste para distinguir las relaciones relevantes con relación a tales objetivos. La esencia de la modelística sistémica es la simplificación. El metamodelo sistémico más conocido es el esquema input-output.

Morfogénesis

Los sistemas complejos (humanos, sociales y culturales) se caracterizan por sus capacidades para elaborar o modificar sus formas con el objeto de conservarse viables (retroalimentación positiva). Se trata de procesos que apuntan al desarrollo, crecimiento o cambio en la forma, estructura y estado del sistema. Ejemplo de ello son los procesos de diferenciación, la especialización, el aprendizaje y otros.



En términos cibernéticos, los procesos causales mutuos (circularidad) que aumentan la desviación son denominados morfogenéticos. Estos procesos activan y potencian la posibilidad de adaptación de los sistemas a ambientes en cambio.

Morfóstasis

Son los procesos de intercambio con el ambiente que tienden a preservar o mantener una forma, una organización o un estado dado de un sistema (equilibrio, homeostasis, retroalimentación negativa). Procesos de este tipo son característicos de los sistemas vivos. En una perspectiva cibernética, la morfóstasis nos remite a los procesos causales mutuos que reducen o controlan las desviaciones.

Negentropía

Los sistemas vivos son capaces de conservar estados de organización improbables (entropía). Este fenómeno aparentemente contradictorio se explica por que los sistemas abiertos pueden importar energía extra para mantener sus estados en equilibrio en una organización e incluso desarrollar niveles más altos de improbabilidad. La negentropía, entonces, se refiere a la energía que el sistema importa del ambiente para mantener su organización y sobrevivir.

Observación (de segundo orden)



Se refiere a la nueva cibernética que incorpora como fundamento el problema de la observación de sistemas de observadores: se pasa de la observación de sistemas a la observación de sistemas de observadores.

Recursividad

Proceso que hace referencia a la introducción de los resultados de las operaciones de un sistema en él mismo (retroalimentación).

Relación

Las relaciones internas y externas de los sistemas han tomado diversas denominaciones. Entre otras: efectos recíprocos, interrelaciones, organización, comunicaciones, flujos, prestaciones, asociaciones, intercambios, interdependencias, coherencias, etc. Las

relaciones entre los elementos de un sistema y su ambiente son de vital importancia para la comprensión del comportamiento de sistemas vivos. Las relaciones pueden ser recíprocas (circularidad) o unidireccionales. Presentadas en un momento del sistema, las relaciones pueden ser observadas como una red estructurada bajo el esquema input/output.

Retroalimentación

Son los procesos mediante los cuales un sistema abierto recoge información sobre los efectos de sus decisiones internas en el medio, información que actúa sobre las decisiones (acciones) sucesivas. La retroalimentación puede ser negativa (cuando prima el control) o positiva (cuando prima la amplificación de las desviaciones). Mediante los mecanismos de retroalimentación, los sistemas regulan sus comportamientos de acuerdo a sus efectos reales y no a programas de outputs fijos. En los sistemas complejos están combinados ambos tipos de corrientes (circularidad, homeostasis).

Retroalimentación Negativa

Este concepto está asociado a los procesos de autorregulación u homeostáticos. Los sistemas con retroalimentación negativa se caracterizan por la mantención de determinados objetivos. En los sistemas mecánicos los objetivos quedan instalados por un sistema externo (el hombre u otra máquina).

Retroalimentación Positiva

Indica una cadena cerrada de relaciones causales en donde la variación de uno de sus componentes se propaga en otros componentes del sistema, reforzando la variación inicial y propiciando un comportamiento sistémico caracterizado por un autorreforzamiento de las variaciones (circularidad, morfogénesis). La retroalimentación positiva está asociada a los fenómenos de crecimiento y diferenciación. Cuando se mantiene un sistema y se modifican sus metas/fines nos encontramos ante un caso de retroalimentación positiva. En estos casos se aplica la relación desviación-amplificación.

Retroinput

Se refiere a las salidas del sistema que van dirigidas al mismo sistema (retroalimentación). En los sistemas humanos y sociales éstos corresponden a los procesos de autorreflexión .

Servicio

Son los outputs de un sistema que van a servir de inputs a otros sistemas o subsistemas equivalentes.

Sinergia



Todo sistema es sinérgico en tanto el examen de sus partes en forma aislada no puede explicar o predecir su comportamiento. La sinergia es, en consecuencia, un fenómeno que surge de las interacciones entre las partes o componentes de un sistema

(conglomerado). Este concepto responde al postulado aristotélico que dice que **“el todo no es igual a la suma de sus partes”**. La totalidad es la conservación del todo en la acción recíproca de las componentes (teleología). En términos menos esencialistas, podría señalarse que la sinergia es la propiedad común a todas aquellas cosas que observamos como sistemas.

Sistemas (dinámica de)

Comprende una metodología para la construcción de modelos de sistemas sociales, que establece procedimientos y técnicas para el uso de lenguajes formalizados, considerando en esta clase a sistemas socioeconómicos, sociológicos, pudiendo aplicarse también sus técnicas a sistemas ecológicos. Esta tiene los siguientes pasos:

- a. Observación del comportamiento de un sistema real.
- b. Identificación de los componentes y procesos fundamentales del mismo.
- c. Identificación de las estructuras de retroalimentación que permiten explicar su comportamiento.

- d. Construcción de un modelo formalizado sobre la base de la cuantificación de los atributos y sus relaciones.
- e. Introducción del modelo en un computador y
- f. Trabajo del modelo como modelo de simulación (Forrester).

Sistemas Abiertos

Se trata de sistemas que importan y procesan los elementos (energía, materia, información) de sus ambientes y esta es una característica propia de todos los sistemas vivos. Que un sistema sea abierto significa que establece intercambios permanentes con su ambiente, intercambios que determinan su equilibrio, capacidad reproductiva o continuidad, es decir, su viabilidad (entropía negativa, teleología, morfogénesis, equifinalidad).

Sistemas Cerrados

Un sistema es cerrado cuando ningún elemento de afuera entra y ninguno sale fuera del sistema. Estos alcanzan su estado máximo de equilibrio al igualarse con el medio (entropía, equilibrio). En ocasiones el término sistema cerrado es también aplicado a sistemas que se comportan de una manera fija, rítmica o sin variaciones, como sería el caso de los circuitos cerrados.

Sistemas Cibernéticos

Son aquellos que disponen de dispositivos internos de autocomando (autorregulación) que reaccionan ante informaciones de cambio en el ambiente, elaborando respuestas variables que contribuyen al cumplimiento de los fines instalados en el sistema (retroalimentación, homeorrosis).

Sistemas Triviales

Son sistemas con comportamientos altamente predecibles. Responden con un mismo output correspondiente, es decir, no modifican su comportamiento con la experiencia.

Subsistema

Se entiende por subsistema al conjunto de elementos y relaciones que responden a estructuras y funciones especializadas dentro de un sistema mayor. En términos generales, los subsistemas tienen las mismas propiedades que los sistemas (sinergia) y su delimitación es

relativa a la posición del observador de sistemas y al modelo que tenga de éstos. Desde este ángulo se puede hablar de subsistemas, sistemas o supersistemas, en tanto éstos posean las características sistémicas (sinergia).

Teleología

Este concepto expresa un modo de explicación basado en causales finales. Aristóteles y los Escolásticos son considerados como teleológicos en posición a las causalidades o mecanicistas.

Variabilidad

Indica el máximo de relaciones (hipotéticamente) posibles ($n!$).

Variedad

Comprende el número de elementos discretos en un sistema (v =cantidad de elementos).

Viabilidad

Indica una medida de la capacidad de sobrevivencia y adaptación (morfóstasis, morfogénesis) de un sistema a un medio en cambio.

VII. La Tierra, el Gran Sistema en que vivimos

Una Visión General:

¿Qué es la Ecología?. sistema de sustentación de la vida en la tierra, ámbito de la ecología, holística, segunda ley de la termodinámica.

El hombre desde que se dio cuenta que estaba destruyendo el hogar en que vive estuvo en busca de poder conocer y comprender cómo se organizan y relacionan los seres vivos en su medio natural. La Ecología no trata de analizar los detalles, sino de entender el conjunto. Considera la naturaleza como un conjunto de ellos, en el que todos los elementos se relacionan e influyen entre sí. El término **Ecología** nació hace unos cien años aproximadamente, para definir "el estudio de los seres vivos con relación a sus entornos y a otros seres vivos".

Actualmente conocemos a la Ecología como el estudio biológico de los ecosistemas, el cual observa las relaciones que existen entre el clima, los elementos y los compuestos químicos con los seres vivos, y la convivencia de éstos entre sí, como procesos de intercambio de materia y energía o como sustituciones de unos individuos por otros.

Como visión específica podemos apreciar que la organización, sistemas y objetos, ecosistemas en la biosfera, juegan un papel importante.

Objetivos Generales y Específicos

Análisis de la tierra como un conjunto de Sistemas y un punto de vista Ecológico

- Obtención de un panorama general del sistema ecológico.
- Análisis de algunos subsistemas del sistema ecológico.
- Análisis en detalle de algún subsistema con gran incidencia en el planeta.

Movimiento de la Energía y Proceso Cíclico de la Materia:

Existen dos procesos que son fundamentales para el desarrollo de la vida en la tierra:

- El flujo de energía de alta calidad (utilizable) proviene del Sol, a través de materiales o cosas vivas o cerca de la superficie de la tierra, luego en el entorno ambiental (principalmente como calor de baja calidad disperso en el aire o moléculas de agua a baja temperatura), y eventualmente en el espacio como radiación infrarroja.
- El ciclamiento de materia requerido por los organismos vivos a través de partes de la ecosfera.

Niveles de Organización de la Materia:

Círculo Ecológico.

La ecología está relacionada en primer lugar entre cinco de los niveles de organización de la materia: organismos, poblaciones, comunidades, ecosistemas y la ecosfera. Un organismo es cualquier forma de vida. Todos los organismos se clasifican en especies que constituyen la biodiversidad del planeta.



conjunto la ecosfera.

Una población es un grupo de individuos de la misma especie, que ocupa un área dada al mismo tiempo. El lugar donde una población vive, es su hábitat. Las poblaciones de todas las especies que ocupan un lugar determinado constituyen lo que se llama comunidad o comunidad biológica. Un ecosistema es una comunidad de especies diferentes que interactúan entre sí, y con los factores químicos y físicos que constituyen su ambiente no vivo. Todos los ecosistemas de la tierra constituyen en

La Ciencia del Ambiente

Una ciencia holística

El origen del término holística viene de la voz griega "**holos**"=**todo**. Durante los 250 años pasados, los científicos han estudiado la naturaleza, sobre todo examinando niveles cada vez más bajos de la organización de la materia. Este enfoque se llama *reduccionismo*. Se basa en la creencia de que es posible comprender las partículas subatómicas, se puede ascender por la escala de los niveles de organización inferiores a los átomos, posteriormente a las moléculas, y así sucesivamente hasta los organismos, las comunidades, los ecosistemas, la ecosfera y, finalmente el universo.

Por medio del enfoque *reduccionista* hemos podido aprender mucho acerca de la naturaleza, pero en las últimas décadas se ha aprendido que tiene un defecto básico. Cada nivel de organización de la materia tiene propiedades impredecibles o inentendibles sólo por comprensión de los niveles inferiores que integran su estructura. Incluso, si se aprende lo que hay que saber acerca de un árbol en particular, se sabrá sólo una pequeña parte de cómo funciona un bosque.

La ciencia de la *ecología* ha mostrado la necesidad de combinar el *reduccionismo* con el *holismo* -un intento por describir- todas las propiedades de un nivel de organización, y no solamente las basadas en los niveles inferiores de organización que constituyen su estructura subyacente.



Este planteamiento también busca comprender y describir cómo interactúan entre sí los diversos niveles de organización, y con sus entornos en constante cambio. Esta tarea desafiante e increíblemente difícil requiere investigación y cooperación interdisciplinarias, por ello la ciencia ambiental es una ciencia esencialmente *holística* que utiliza e integra los conocimientos

de Física, Química, Biología, Geología, Ingeniería y Tecnología de

recursos, Conservación y Administración de recursos, Demografía (el estudio de la dinámica poblacional), Economía y Ética.

Segunda Ley de la Termodinámica

No se puede "quedar a mano" siempre

De qué manera la primera ley de la termodinámica determina que ésta nunca puede ser creada ni destruida. Podría pensarse que siempre habrá energía suficiente, pero la energía también se acaba, es decir, si se usa una linterna eléctrica de pilas hasta que se agotan, se ha perdido algo. Si no es energía, ¿qué es? La respuesta es **calidad de energía**.



Cualquiera que sea el tipo de conversión de la energía de una forma a otra, siempre hay una disminución de la calidad de la energía, o de la cantidad de energía útil. A esta forma de transformación de la energía se conoce como

principio de degradación de la energía, o bien como la segunda ley de la termodinámica: Cuando la energía cambia de una forma a otra, parte de la energía útil siempre es degradada a una calidad inferior, más dispersa (entropía más alta) y menos útil. Generalmente, tal energía se degrada a la forma de calor que fluye al ambiente y es dispersada con el movimiento al azar de las moléculas de aire o agua, a una temperatura relativamente baja.

Cuanto más energía usemos, tanto más energía desordenada, de bajo grado (calor) o entropía, se agrega al ambiente.

La vida y la segunda ley de la termodinámica

La vida representa una creación y la conservación de estructuras ordenadas (baja entropía). Por tanto, podría pensarse que la vida no está gobernada por esta ley. Sin embargo, para la conservación y formación del arreglo altamente ordenado de las moléculas y la red organizada de cambios químicos en el cuerpo humano, recursos materiales y energéticos de alta calidad del ambiente deben ser usados y adquiridos continuamente. A medida que se usan estos recursos, se agrega (disipa) calor de baja calidad, desordenado (entropía alta) y material de desecho al entorno contribuyendo con una contaminación continua.

Plantar, cultivar, procesar y cocinar los alimentos, son actividades que requieren de energía de alta calidad y recursos materiales que envían calor de baja calidad y materia de desecho al ambiente. Además, pasan al ambiente también enormes cantidades de calor de baja calidad y material de desperdicio, cuando los depósitos concentrados de minerales y combustibles se extraen de la corteza terrestre, se procesan y utilizan o queman para calentar y enfriar las edificaciones que uno ocupa, para nuestro transporte y para elaborar caminos, ropa, albergues y otros elementos que usamos.

Las mediciones muestran que la cantidad total de entropía, en forma de calor de baja calidad disperso, y de materia de baja calidad dispersa, son también enviados al ambiente para mantenerlo a uno vivo (o cualquier otro organismo vivo), y poner a disposición todos los elementos que se usan, es mucho mayor que el orden conservado en el cuerpo.



Por tanto, todas las formas de vida representan minúsculos depósitos de orden (baja entropía) que son preservados por la creación de un mar de desorden (alta entropía) en el ambiente. La cualidad primaria de cualquier sociedad industrial avanzada, es una corriente siempre

creciente de energía de alta calidad y recursos materiales, para conservar el orden en los cuerpos humanos y los grandes receptáculos de orden que llamamos civilización.

Como consecuencia, las sociedades industriales que cuentan con un avance elevado hoy en día, incrementan la entropía del ambiente a una velocidad mayor que cualquier otra sociedad en la historia de la humanidad. La segunda ley de la energía dice que no podemos evitar esta trampa de la entropía, pero podemos reducir o minimizar nuestra producción del desorden entrópico.

Flujo de energía en los ecosistemas

No ocurre desperdicio alguno en el funcionamiento de los ecosistemas naturales. Todos los organismos, muertos o vivos, son fuentes potenciales de alimento para otros organismos.

Organización, Sistemas y Objetos

Organismos y ecosistemas comparten las regularidades de todos los sistemas físicos. En ellos los cambios energéticos nunca son totalmente reversibles y dichos cambios dejan huella en forma de organización, complejidad o información, que sigue acumulándose, debido a la dinámica de éstos, inevitablemente a las temperaturas bajo las cuales existe la vida. Los sistemas vivos se mantienen coherentes con respecto al tiempo, la información se distribuye por partes entre unos y otros de manera no uniforme y una de sus manifestaciones es la construcción de sistemas capaces de duplicar sistemas o partes de subsistemas subordinados.

Un sistema consiste en elementos idealmente separables y en las interacciones entre dichos elementos. La actividad de cada componente se encuentra en función de sus relaciones con los componentes que lo rodean, aparece, por tanto, como guiada, o bajo el control persistente de mecanismos de retroalimentación. Parece justo considerar a los ecosistemas como sistemas cibernéticos, por existir en ellos regulación y control mutuo de unas partes sobre otras.

Por lo tanto, parece quedar claro que tanto organismos como ecosistemas son buenos ejemplos de sistemas. El nivel de los

ecosistemas puede alcanzar una notable continuidad sobre el espacio y tiempo.

La excesiva rigidez en los ecosistemas puede llevarnos a una concepción estructuralista del mismo. Por el contrario, la falta de rigidez es una propiedad existencial de cualquier sistema. Si nos damos cuenta que sus componentes están ensamblados de manera muy estricta, tenemos en la mente un objeto, no un sistema. Al referirnos a un sistema damos por supuesta cierta flexibilidad y elasticidad internas, que hacen posible, además, en sistemas superiores (nosotros por ejemplo), la supervivencia del sistema.

Si tomamos como ejemplo un tren: la locomotora y los vagones se mueven juntos, ensamblados por unos acoplamientos que no permiten más que cambios poco importantes en las posiciones relativas de los componentes. Compárese este tren con un pelotón de automóviles, con sus conductores, que avanzan por una autopista. Guardan sus distancias, lo mismo que los vagones en un tren, pero en los automóviles esto ocurre gracias a un mecanismo cibernético más complicado, donde los circuitos de retroalimentación y la capacidad separada y grande de tomar decisiones son importantes.



Los conductores conservan la imagen irreal sugerida por la imaginación de su libertad individual, y la tienen para producir una catástrofe a través del mecanismo total del que forman parte. Las ligaduras

elásticas generadas por la interacción entre los conductores permiten que se den ondas de tráfico de una importancia mayor de lo que puede resultar de aceleraciones y desaceleraciones en el tren. Interacciones más personalizadas que aparecen y se desarrollan entre conductores particularmente irascibles, enriquecen aún más el sistema a que lo vuelven más dinámico.

El concepto de sistema con sus connotaciones de flexibilidad y tensión internas, se aplica de manera general. Restricciones debidas a la composición del espacio, al limitado alcance de algunas fuerzas y a la segunda ley de la termodinámica ponen a disposición el punto de partida para discutir sobre el tema de la complejidad. La teoría de la relatividad afirma la falta de rigidez del universo en los términos de una geometría euclidiana; la limitación de la velocidad de la radiación electromagnética no permite interacciones instantáneas a distancia. La teoría cuántica admite que los sistemas elementales pueden existir fuera de equilibrio y pueden manifestar un comportamiento que no está reconocido por el sistema mayor en el que están integrados y el cual, a su manera y a la vez, alimentan y permiten flexibilidad.

Los Ecosistemas y la Biosfera



Al hablar de biosfera no estamos hablando de una capa de materia viva delgada y uniforme, sino una entidad discontinua de "grano" heterogéneo, conformada por organismos muy diversos, desde los

virus a los mayores árboles y vertebrados. La biosfera está compuesta por individuos que son las piezas de construcción y determinación de las características de los ecosistemas, pero no son sus únicos componentes, sino que también debe tomarse en consideración un entorno físico: aire, agua, suelo y sus circunstancias particulares. Los individuos tienen existencia limitada y pertenecen a diferentes especies. A lo largo de la existencia individual sus propiedades se modifican, así como las formas de interacción en su proceso de socialización con otros individuos de la misma especie o de otras especies. Los ecosistemas forman parte de una importante clase de sistemas que se diferencian por estar formados de subsistemas reproducibles o duplicables.

Los subsistemas duplicables se producen por gracia de sus semejantes (como estamos acostumbrados a ver en el caso de los organismos) o bien por algún agente externo como en los ejemplos de las palabras y los artefactos culturales como tijeras, automóviles o pianos, que Cavalli-Sforza y Feldman (1981) llaman "organismos de segundo orden". La regulación del número de copias que se producen y de las que quedan de cada una de las diferentes especies, así como también los cambios en la constitución de las especies y en su adaptabilidad, son funciones que se encuentran en estrecha relación a la noción de sistema y de su funcionamiento en la encrucijada donde se encuentran selección, sucesión y coevolución.

Los ecosistemas son sistemas que aparentemente se organizan a sí mismos, lo que también acontece con sus componentes, que son los organismos. Maturana y Varela (1980) llamaron autopoiesis a esta propiedad y autopoieticas a las entidades con capacidad de autoorganización. Su funcionamiento nos lleva a estados nuevos que no son idénticos a los anteriores, sino que suelen mostrar un enriquecimiento en organización o complejidad adquiriendo nuevas características.

Se puede aceptar que la red de relaciones en un ecosistema empieza a originarse espontáneamente al azar, en función de los elementos disponibles, convergiendo luego hacia un campo de variación más restringido. Las especies no son piezas de construcción que tengan propiedades fijas y constantes y poblaciones de la misma especie en diferentes lugares o en diferentes momentos se caracterizan por distintas funciones de supervivencia y adaptabilidad. Aunque las especies pueden ser las mismas, la combinación de diferentes recursos, la organización de las diferentes relaciones alimentarias, y otras clases de interacciones alrededor de las especies cambian de un lugar a otro y en diferentes tiempos, en la forma como los recursos se combinan a lo largo de la vida, o a medida que los individuos se mueven de uno a otros lugares en grado diverso, también en relación con la estructura espacial de los respectivos ecosistemas.

No se puede estudiar y esperar respuestas con sentido si se usan modelos en los que las especies aparecen sólidamente emparejadas por parámetros constantes de interacción. Cualquier aproximación inspirada en la teoría de sistemas debería partir de relaciones poco estructuradas, y explorar como determinadas configuraciones, que son las más persistentes en los ecosistemas observables, derivan del primer conjunto posible a través de procesos de selección natural y de la propia dinámica de las diversas conexiones, que tenderían a producir diferenciación, con su inevitable aumento de la complejidad.

VIII. Bibliografía

La bibliografía que sirvió de consulta para el desarrollo del presente trabajo es la siguiente:

La Teoría General de Sistemas

Angel A. Sarabia

<http://www.isdefe.es/isdefe/mono2.htm>

*Los Recursos Humanos vistos desde
la Teoría General de Sistemas*

<http://www.geocities.com/WallStreet/9843/rrhhsis.htm>

¿Qué es la Teoría General de Sistemas y los Holones?

<http://www.geocities.com/Eureka/Office/4595/holones.html>

Concepto de Sistema y Teoría General de Sistemas

Lic. Juana Rincón

<http://www.caracas.c-com.net/~farrarez/sistema.htm>

*Introducción a los Conceptos Básicos de la Teoría General
de Sistemas*

Marcelo Arnold, Ph.D. y Francisco Osorio, M.A.

Departamento de Antropología - Universidad de Chile

<http://rehue.csociales.uchile.cl/publicaciones/moebio/03/frames45.htm>

La Sistémica y los Sistemas Blandos

Ricardo Rodríguez Ulloa, 1994