

LA TEORIA GENERAL DE SISTEMAS

Antonio Flórez¹
Javier Thomas²

“La vida en sociedad está organizada alrededor de sistemas complejos en los cuales, y por los cuales, el hombre trata de proporcionar alguna apariencia de orden a su universo”.

John P. van GIGCH (1987).

Resumen: En este artículo se presenta la TEORIA GENERAL DE SISTEMAS, teoría que permite aprehender la realidad de una manera global o sistémica. Se pretende promover su divulgación en el ambiente universitario y profesional, donde, a pesar de los antecedentes históricos, aún no se manifiesta un conocimiento formal y generalizado. Los temas esenciales tratados se refieren a su significado, antecedentes y a los principios fundamentales que conducen a la definición de la estructura y del funcionamiento de los sistemas en general. El trabajo termina con un énfasis especial sobre las discontinuidades en el funcionamiento de los sistemas (umbrales) y el concepto de nivel de resolución.

1. Introducción

El enfoque sistémico, como una manera de pensar y de aprehender lo natural y lo social, ha entrado con retardo al ambiente universitario colombiano. Prueba de ello es la escasez de publicaciones que sobre el tema existen a nuestro alcance y un mínimo de ellas en español.

Este artículo pretende una introducción a los conceptos básicos de la teoría general de sistemas -TGS- y motivar una forma de pensamiento al respecto con base en la bibliografía presentada, a la que podrán recurrir los lectores interesados en profundizar los conceptos.

La TGS hace un aporte conceptual esencial para el tratamiento de la demanda social frente a la naturaleza bajo la unidad conceptual y metodológica que de ella se deriva (pensamiento global) y avanzar en el uso de las

herramientas fundamentales del análisis sistémico adaptadas a la reflexión sobre las relaciones hombre-naturaleza.

Esta revisión bibliográfica se hizo con base en las obras de Rösney (1975), Bertalanffy (1976), Morin (1977), Durand (1979), Huggett (1980), Chadwick (1981), Bertrand (1981), Cloke et al. (1981) Gigh (1987), Haigh (1987) y Berdoulay (1988), entre otros.

2. Significado de la TGS

La realidad cambiante y compleja ha exigido del hombre día a día una mayor parcelación de su mundo: física atómica, neurocirugía, cibernética, espeleología, etc. Cada ciencia en particular ha alcanzado un alto grado de especialización, responsable de los grandes avances académicos, científicos y tecnológicos. Su actitud frente al mundo: descomponerlo en tantos elementos simples como sea posible. Aquí, el desarrollo de la ciencia está muy ligado a las ideas positivistas, en una especie de oposición a lo "sistémico".

El positivismo valora los datos de la información frente a los sistemas científicos típicos del racionalismo de la mitad del siglo XVIII. Por lo tanto, se llegó a un reduccionismo científico en el que las ciencias naturales se convirtieron en un modelo de cientificidad según el cual, lo único científico era aquello obtenido de los datos procedentes de la información y según los postulados del positivismo (concepción monista del Mundo). Bajo esta corriente, en 1844 Compte definió la información como la única base del conocimiento y sólo mediante el estudio del fenómeno, eliminando así la especulación racional sobre el origen y el finalismo como otras vías para comprender la naturaleza.

Dicho tratamiento conllevó a las disciplinas científicas a enfrentarse a dos limitaciones significativas:

- a) Una visión reduccionista del universo, centrada en objetos aislados.

"En esta visión el objeto existe de manera positiva, sin que el observador/ conceptuador participe en su construcción con las estructuras de su entendimiento y las categorías de su cultura. Es sustancial; constituido de materia que tiene plenitud ontológica, es autosuficiente en su ser. El objeto es pues una entidad cerrada y distinta que se define aisladamente en su existencia, sus caracteres y sus propiedades, independiente de su entorno. Se determina tanto mejor su realidad << objetiva >> cuando se le aísla experimentalmente. Así la objetividad del universo de los objetos se sustenta en su doble independencia con respecto del observador humano y del medio natural." (Morin, 1977: 137).

De esta forma el conocimiento del objeto, es el de su situación espacial (posición, velocidad); de sus características y propiedades físicas (masa,

energía), de sus cualidades químicas (elementos, enlaces) y de las leyes generales que actúan sobre él.

Lo que caracteriza al objeto puede y debe ser medible, su naturaleza material que es la que califica e identifica su existencia, puede y debe ser analizada y descompuesta en sustancias simples o elementos, y es precisamente allí donde está la clave del universo; donde el átomo se convierte en la unidad de base existencial, ontológica y epistemológica; indivisible hasta Rutherford.

b) Aislamiento disciplinario. Las ciencias se desarrollan completamente cerradas hacia el interior de sí mismas, alimentando cada vez menos a los diversos campos científicos y negando también el aporte a sí misma.

Las ciencias particulares solo pueden generar principios universales circunscritos a su propia área del conocimiento dando como resultado explicaciones científicas, individuales, restringidas y de alguna forma fragmentadas. Y esto es precisamente lo que la TGS pretende romper, puesto que la división que hacemos del mundo es tan solo una abstracción en el camino de la comprensión de los hechos, mientras la realidad es integral, unificadora y totalizante; no habremos equivocado el camino para comprenderla?...no será pertinente enfrentarla, observarla y estudiarla como una totalidad?...no será necesario converger alrededor de una herramienta lógico-metodológica las diferentes disciplinas científicas?... Estas consideraciones nos conducen a una nueva disciplina: La TGS que busca formular principios válidos para sistemas en general (antes llamados objetos), sea cual fuere la naturaleza de sus componentes y las fuerzas interactivas o de organización presentes en ellas.

“No solo se parecen aspectos y puntos de vista generales en diferentes ciencias, con frecuencia hallamos leyes formalmente idénticas o isomorfas en diferentes campos. En muchos casos, leyes isomorfas valen para determinadas clases o subclases de <<sistemas>>, sin importar la naturaleza de las entidades envueltas. Parece que existen leyes generales de sistemas aplicables a cualquier sistema de determinado tipo, sin importar las propiedades particulares del sistema ni de los elementos participantes.” (Bertalanffy, 1976: 37).

Como nos hace notar Leff (1986), el problema de integrar diversas ramas del conocimiento académico, técnico y científico alrededor de un objeto común es ciertamente anterior al enfoque de la TGS. Se origina en la necesidad de articularlas a los procesos productivos de tipo capitalista, que exigen la constante reevaluación de esquemas tanto conceptuales como prácticos, que culminen en un ascenso de la eficiencia y por lo tanto en un incremento de las ganancias. Lo realmente innovador, y allí está la diferencia con este esfuerzo precedente, es que la TGS debe ser un puente metodológico en el enfoque integrador de las ciencias, a partir de una ruptura epistemológica en el nuevo proceso.

La confluencia de saberes diversos del conocimiento implica, necesariamente, distintos objetos y metodologías cognitivas; —¿ cómo lograr entonces la siquiera unificación discursiva alrededor de las necesidades y prioridades científicas?... — ¿ cómo llegar a una identificación inicial de variables que involucren la totalidad sin emerger de la singularidad?. La respuesta apunta únicamente en una sola dirección : “ la interdisciplinariedad “. Es a partir de la construcción de un nuevo objeto científico en el que participen los diversos especialistas, que se puede dar verdadera significancia a la TGS. Para Cagliardi (1986), los conceptos estructurantes determinan una reestructuración del sistema cognitivo, que reemplaza la acumulación repetitiva y disgregada de conocimientos, por un sistema constructivista que permite acercarse a los conceptos que “ arman “ los principios fundamentales de cada una de las disciplinas. Este proceso involucra un despojo de la herramientas tanto epistemológicas como conceptuales, así como de su producción, para ser reemplazado por un objeto y método activo, constructivo y constructivista interdisciplinario e integral.

No se trata pues de una multidisciplinariedad; donde cada uno de los especialistas ve el objeto de conocimiento (el mismo de hace 10, 200 o 1000 años) desde perspectivas diferentes, y la TGS permitiría al final, como herramienta metodológica, “ coserlas ” produciendo la nueva visión integral; sino, de participar activamente en la construcción del nuevo objeto de conocimiento, alimentado por todas y cada una de las disciplinas específicas y por su producción académica, científica, técnica y política.

3. Antecedentes

El concepto de sistema es muy antiguo, los griegos ya planteaban la interacción de objetos de la realidad y cómo su comportamiento se manifestaba en una totalidad. Aristóteles dijo: “El todo es más que la suma de las partes”, sentando las bases de la que hoy es la TGS. Para Platón y Sócrates, el mundo real existe independientemente de los sentidos, aunque los elementos de mayor importancia en lo real no siempre son fácilmente observables. Los pitagóricos, entre los que se destaca Heráclito, plantearon siempre una concepción “globalista” de la naturaleza.

Muchos hechos posteriores escaparon al marco analítico-racionalista y generaron avances científicos decisivos : Freud definió al hombre como el animal racional incapaz de controlar el subconsciente; Darwin ubicó al hombre como parte del reino animal; Copérnico postuló que la Tierra no era el centro del (sistema) universo y Einstein fundó la teoría de la relatividad.

Los ejemplos anteriores muestran que además de la observación y medición directa de lo real, existen también experiencias, sistemas, estructuras que no podemos aprehender mediante su manifestación, de donde se infiere una contribución del idealismo aplicado por Hegel y Ritter en su

pretención de la “globalidad y totalidad”. Igualmente Schelling se refería a la naturaleza como un sistema autosuficiente bajo los principios de la organización, acciones recíprocas de los elementos y la emergencia de una totalidad unitaria.

Engels, en su *Dialéctica de la naturaleza*, refiriéndose a la dialéctica objetiva (aquella que domina la naturaleza) encuentra, como el movimiento está dado por la compensación entre -mecanismo interactivo- las fuerzas de atracción y repulsión presentes al interior de la naturaleza, representadas a su vez en los seis pares opuestos: partes y todo, simple y compuesto, identidad y diferencia, causa y efecto, positivo y negativo y azar y necesidad. Define a su vez el movimiento como todos los cambios y procesos naturales implícitos en el desplazamiento de lugar y agrega que la naturaleza es un sistema, una concatenación general de cuerpos en cuya acción mutua se evidencia el movimiento de la materia. La forma fundamental de todo movimiento es la atracción y la repulsión (Engels, Trad. W. Roses, 1961). Así, plantea el funcionamiento de un sistema como el resultado de un conjunto de tensiones. Al respecto, Kant consideraba la materia como la unidad de atracción y repulsión.

Si bien, en la TGS no encontramos la utilización directa del término dialéctica, nos es fácil apreciar conceptos estructurantes -no estructurales-. El sistema surge como tal, ante todo, por la interacción adaptativa y equilibrante entre energencias y constreñimientos; donde el todo es más y a la vez menos que la suma de las partes, y posee una identidad supraindividual que está determinada comparativamente por las interrelaciones internas. De la misma forma, las partes constituyen el todo sin llegar a constituirlo, dependiendo al mismo tiempo de él, como parte de su estructura y funcionamiento.

“Parte y todo, por ejemplo, son ya categorías que resultan insuficientes en la naturaleza inorgánica; la eyaculación del semen, el embrión, y el animal recién nacido no pueden concebirse como <<partes>> separadas del <<todo>>: esto conduciría a un tratamiento deformado. Parte solamente en el cadáver; así, por ejemplo, los miembros y los órganos de un cuerpo vivo no deben considerarse simplemente como partes de él, ya que sólo son lo que son dentro de su unidad y no se comportan, en modo alguno, de un modo indiferente ante ella. Sólo se convierten en partes del cuerpo, en manos del anatomista, el cual ya no se ocupa, sin embargo de cuerpos vivos, sino de cadáveres” (Engels, Trad. W. Rocés, 1961:180).

La dialéctica afirma que la lucha de los contrarios es la que genera una dinámica; y qué otra cosa puede ser que el estado oscilante de equilibrio adaptativo llamado “steady state” por los pensadores de este siglo?. Partes y todo, y/o simple y compuesto y/o causa y efecto, en fin, todos y cada uno de estos, se encuentran presentes en la naturaleza, pero no en equilibrio estático -sumatoria de fuerzas nulas entre espacio(s), tiempo(s), materia(s) y

energía(s)-, sino, en una lucha constante y armónica que resulta en un estado óptimo que permite un proceso evolutivo ascendente.

A pesar de una historia cimentada del enfoque sistémico, es sólo a partir de 1920 en que la deducción toma cuerpo en el proceso científico. Parsons utilizó en 1937 conceptos como estructura, función, tensión y sistema, presentes en su libro "La estructura de la acción social"; Stanley, botánico inglés, acuñó el término de ecosistema tan manejado hoy en ecología (1935); en psicología, la teoría de la Gestalt aportó elementos claves para comprender la visión sistémica, etc; sin embargo fué Bertalanffy quien en 1945 se propuso articular todos estos conceptos y desarrollar una teoría:

"Existen modelos, principios y leyes aplicables a sistemas generalizados o a sus subclases, sin importar su género particular, la naturaleza de sus elementos componentes y las relaciones o fuerzas que imperan entre ellos. Parece legítimo pedir una teoría no ya de sistemas de clase más o menos especial, sino de principios universales aplicables a los sistemas en general" (Bertalanffy, 1976: 32).

Más adelante el mismo Bertalanffy (p.34) afirmaba:

"Se diría entonces que una teoría general de los sistemas sería un instrumento útil al dar, por una parte, modelos utilizables y transferibles entre diferentes campos y evitar, por otra, vagas analogías que han perjudicado a menudo el progreso en dichos campos".

A partir de la década del 60 se habla de la quiebra del positivismo y un afianzamiento del pensamiento holístico impulsado por la emergencia de movimientos radicales, el deterioro de la vida urbana y el conflicto de la ciencia moderna y los valores de la vida humana. En el idealismo, la naturaleza existía para el hombre y era el hombre quien le daba su existencia y su significado. Hoy se duda de la justificación del dominio de la naturaleza por el hombre (criterio de la cultura occidental).

Los efectos de esta línea de pensamiento se cimentan con varias publicaciones entre las que se destacan las del Club de Roma "Alto al crecimiento" (1972) y "El Macroscopio" de Rosnay (1975). En esta última, se plantea la sistémica como la manera de comprender globalmente la estructura y el funcionamiento de los sistemas naturales y sociales. A partir de estas fechas, se destacan muchas obras en las que se destaca el pensamiento sistémico como fondo de sus conceptos (ver referencias) y aplicadas también al campo social, Ej.: Lohorit (1971) con "El hombre y la ciudad" y Habermas (1982) con "La lógica de las Ciencias Sociales".

En los capítulos siguientes se presentarán los contenidos del enfoque sistémico, basados en los conceptos según la bibliografía citada.

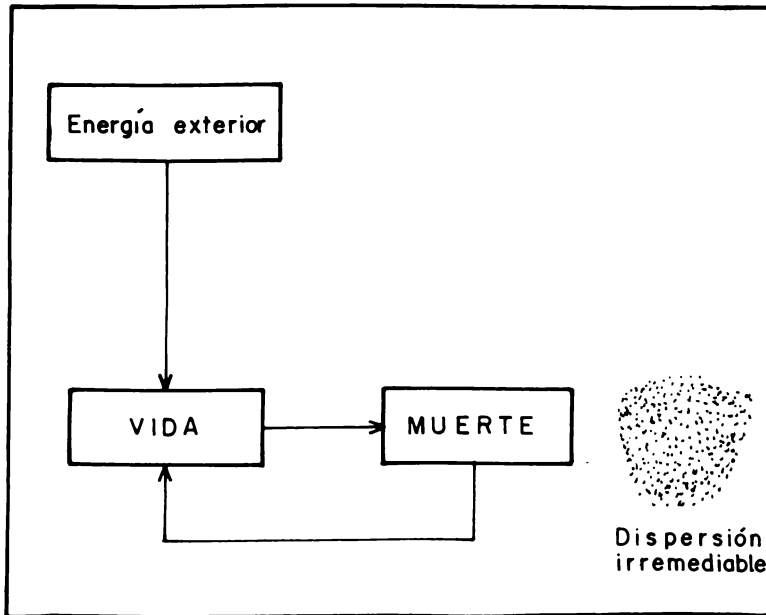


Fig. 1. ORGANIZACIÓN, RETROACCIÓN, DESORGANIZACIÓN, ENTROPIA. Tomado de Morin 1980

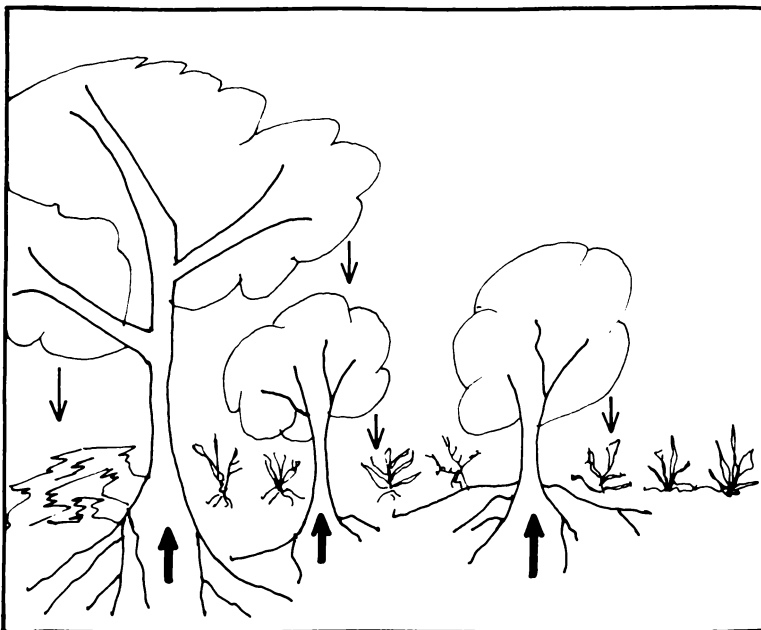


Fig. 2. RETROACCIÓN. Mineralización de la materia orgánica y reabsorción

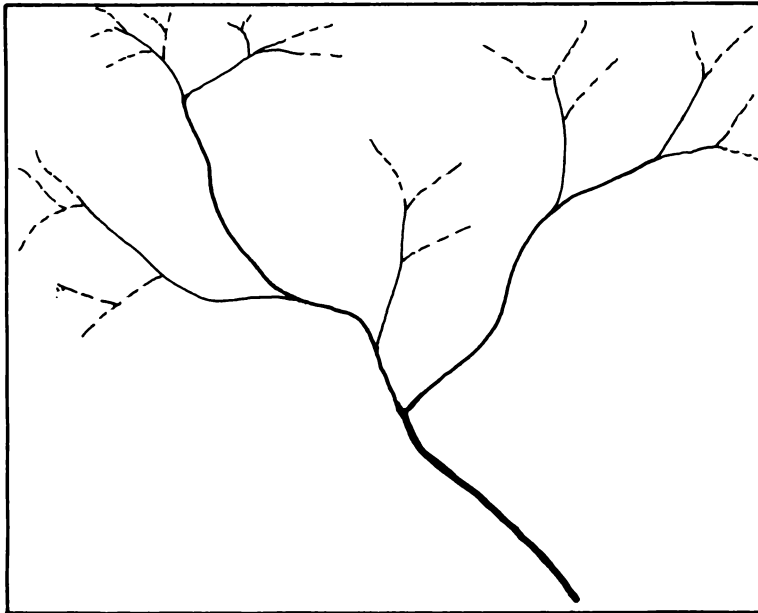


Fig.3. ORGANIZACION, JERARQUIA. Cuenca hidrográfrica, árbol, árbol de la vida...

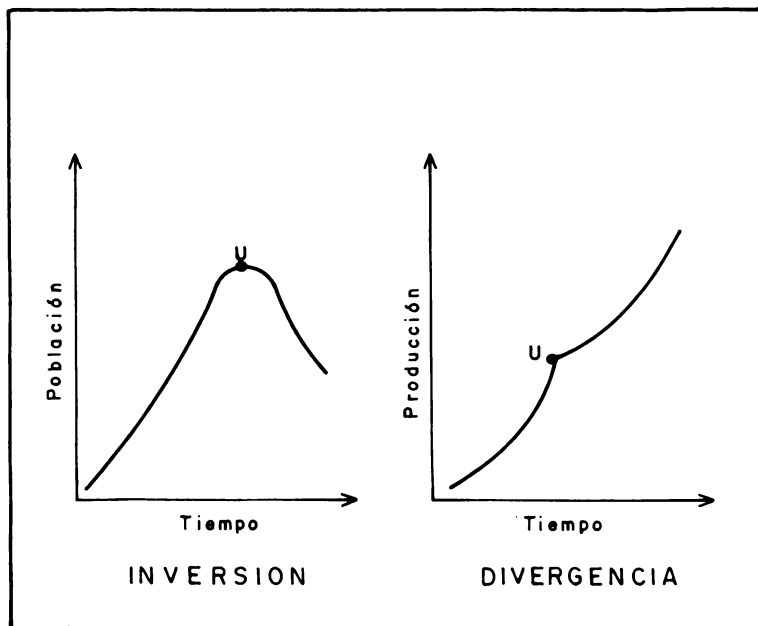


Fig. 4 . UMBRALES

4. Definición

Mencionábamos antes cómo a partir de la TGS se desarrolla una inversión tanto lógico-filosófica como metodológica en la concepción, interpretación y posterior modelamiento de la realidad; el objeto como ente final, absoluto, irreductible y esclarecedor pierde significancia ante las interacciones presentes entre los diversos elementos constitutivos de un objeto (en sí mismo, internamente y con su entorno); poco a poco se le abre paso la conciencia de la arquitectura de los sistemas conteniéndose, edificándose e interrelacionándose en un encadenamiento virtual donde por fuera de ellos no existe sino dispersión y caos. Bien lo decía Morin (1977: 99): “El fenómeno que nosotros llamamos naturaleza no es más que esta extraordinaria solidaridad de sistemas encajonados edificándose los unos sobre los otros, por los otros, con los otros y contra los otros: La naturaleza son los sistemas de sistemas, en rosario, en racimos, en pólipos, en matorrales, en archipiélagos”.

Más adelante Morin (p.99) agrega que “así, la vida es un sistema de sistemas de sistemas, no sólo porque el organismo es un sistema de órganos que son sistema de moléculas que son sistemas de átomos, sino también porque el ser vivo es un sistema individual que participa de un sistema de reproducción, tanto uno como otro participan en un ecosistema que hace parte de la biosfera”.

Para Rosnay (1975), el enfoque sistémico es una metodología que permite ensamblar y organizar los conocimientos para una mayor eficacia en la acción; engloba la totalidad de los elementos del sistema, sus interacciones y sus interdependencias. El mismo autor, define el sistema como un conjunto de elementos en interacción dinámica organizados jerárquicamente en función de un fin.

Para Chadwick (1981), el sistema, como la belleza, está en el ojo del observador y se puede definir de varias maneras de acuerdo a un interés. El análisis riguroso de los objetos, atributos y relaciones según el requerimiento define el nivel de resolución de un sistema. A medida que aumenta el nivel de resolución se tendrá un sistema con muchos elementos y relaciones complejas y si se disminuye el nivel se pierde significancia individual. Para algunos propósitos, ciertos elementos o subsistemas se tratan como “cajas negras”, es como el nivel inferior del sistema a considerar; así, un carro sería una caja negra dentro del sistema de transporte de una ciudad.

Los sistemas lógicos y la formulación de modelos generales se aplican a todas las ciencias buscando el orden en los términos más simples. Más que una oposición entre los enfoques analíticos y sistémicos, debe verse en ellos una complementariedad, aunque irreductibles el uno al otro.

La TGS busca identificar las características comunes a muchas clases diferentes de sistemas y destaca los aspectos fundamentales :

- estructura - ser
- función - actuar
- evolución - llegar a ser

Es importante destacar la obra de Cloke et al. (1991) quienes plantean que el realismo es una filosofía de las ciencias basada en el uso de la abstracción para identificar las fuerzas causales y las ligasiones de las estructuras específicas que se realizan bajo condiciones específicas. Para los mismos autores, existen unos principios ontológicos:

-Los conceptos y los modelos son transitivos, mientras que las entidades reales y las relaciones son intransitivas, incluyendo el medio natural y el mundo social.

-La realidad se estratifica en : real, factual y empírica (relaciones).

-La causalidad se basa en las interacciones, de donde la causa puede o no conducir a eventos que pueden o no observarse en lo empírico.

De otra parte, los autores citados oponen los principios epistemológicos:

-Lo empírico y lo convencional se objetan y se ubican más bien como definiciones reales de las propiedades básicas y de la naturaleza de una entidad o estructura particular.

-El concepto de explicación refleja e incluye la suposición de mecanismos explicativos y los intentos de demostrar su existencia.

Vemos como nuestro universo es un gran juego de sistemas, interactuando, superponiéndose, en fin polisistémico; pero qué es un sistema? Es una serie de elementos que de forma organizada interactúan formando una unidad. En esta definición encontramos dos conceptos que son los que lo arman. El primero es el de la interrelación de elementos (estructura), y el segundo el de la totalidad (holismo ó sinergia).

5. Conceptos fundamentales

Los conceptos fundamentales que definen un sistema son la interacción, la globalidad, la organización y la complejidad. Cada concepto tiene un significado y aquí se toman básicamente a partir de Durand (1979) y de Morin (1977).

Interacción:

Las relaciones entre los elementos de un sistema son biunívocas

$$A \leftrightarrow B \text{ y no } A \rightarrow B \text{ o } B \rightarrow A$$

y las modificaciones que ocurren en un elemento modifican a su vez la globalidad del sistema. En un sistema social, el aumento de conocimientos tecnológicos (información) aumentará las posibilidades de optimización y evolución del sistema mismo; parte de la energía en un sistema "árbol" se almacena en los frutos, la carga de frutos puede romper algunas ramas bajo su propio peso; el crecimiento de un bosque en terrenos deleznales y pendiente fuerte puede destruirse por su propio peso al provocar deslizamientos. En estos ejemplos se habla de retroacciones (feedback) que es una forma particular de interacción.

Comunmente se utilizan términos como relación, correlación e interacción. La relación se concibe bajo el criterio de lazo o de unión; así, es el carácter de dos o más objetos tales que una modificación en el uno implica una modificación en el otro. De esta manera, la relación se entiende como un lazo de dependencia de influencia recíproca. La correlación mide el grado de dependencia entre dos o más elementos o fenómenos relacionados.

Los sistemas se definen como tales en función de su auto-organización y la organización radica en el hecho de que ocurren interacciones entre los elementos y entre éstos con el sistema mismo y con su entorno. Así, la interacción se entiende como la acción biunívoca o de interdependencia. Para Morin (1977) no hay principio sistémico anterior y exterior a la interacciones entre elementos, sino unas condiciones físicas bajo las cuales ciertos fenómenos interactuantes se convierten en organizacionales.

Globalidad:

Un sistema es diferente de la suma de los elementos y por lo tanto su conocimiento es irreductible al de sus partes, es el concepto de sinergia.

Una de las principales peculiaridades de un sistema es la existencia de cualidades resultantes de la integración de los elementos y que se reconocen únicamente en la totalidad, superando las características individuales pero sin negarlas en sí.

"La complejidad primera y fundamental del sistema es asociar en sí la idea de unidad por una parte, y la de diversidad o multiplicidad por la otra, que en principio se repelen y excluyen. Y lo que hay que comprender son los caracteres de la unidad compleja: un sistema es una unidad global, no elemental, puesto que está constituido por partes diversas interrelacionadas. Es una unidad original, no originaria: dispone de cualidades propias e irreductibles, pero debe ser producido, construido, organizado. Es una unidad individual, no indivisible: se puede descomponer en elementos separados, pero entonces su existencia se descompone. Es una entidad hegemónica, no homogénea: está constituido por elementos diversos, dotados de caracteres propios que tienen su poder. La idea de unidad compleja

va a tomar densidad si presentimos que no podemos reducir ni el todo a las partes, ni las partes al todo, ni lo uno a lo múltiple, sino es preciso que intentemos concebir juntas, de forma a la vez complementaria y antagonista, las nociones de todo y partes, de uno y de lo diverso” (Morin, 1977: 105).

Las relaciones entre el todo y las partes, y las partes y el todo son las que garantizan la unidad en la diversidad. Las emergencias y los constreñimientos garantizan este equilibrio.

Las emergencias son las propiedades y características nuevas que aparecen en un sistema en relación con las propiedades de ellos considerados individualmente; los constreñimientos hacen referencia a las propiedades y cualidades que pierden los elementos al formar un sistema.

Las emergencias nos conducen por lo tanto a la afirmación “El todo es más que la suma de las partes” y a su vez los constreñimientos a la de “El todo es menos que la suma de las partes”. Las emergencias surgen de las interrelaciones, de las interacciones, está claro que las propiedades de un organismo sobrepasan la suma de las propiedades de sus constituyentes. La naturaleza hace más que adiciones: Integra, de la misma forma toda asociación implica constreñimientos: de las partes interdependientes las unas a las otras, de las partes sobre el todo, del todo sobre las partes. “Pero mientras que los constreñimientos de las partes sobre el todo se refieren en principio a sus caracteres materiales de las partes, los constreñimientos del todo sobre las partes son en primer lugar de organización” (Morin, 1978: 136).

El todo implica la emergencia de cualidades que no poseen los elementos. Si consideramos el agua como un sistema, este tiene propiedades físico-químicas diferentes de las del hidrógeno y del oxígeno.

Pascal afirmaba que es imposible conocer el todo sin conocer las partes y viceversa. Monod propuso el término “integron”, Lovelock (1987) propuso el término GAIA para establecer una analogía del planeta Tierra como un ser (global) viviente y Haigh (1987) aplicó la noción de “holon” (del griego holos = todo) a la investigación del paisaje.

La emergencia conduce a la noción de jerarquía.

Todo – jerarquía – características complejas

Cappel (1981), se refiere a la visión geográfica de Ratzel como un enfoque organicista de la Tierra que lo conduce a un planteamiento integrado de los fenómenos vitales (concepción orgánica o biogeográfica). Es la concepción hologeica en la que considera conjuntamente los elementos naturales y el hombre.

El holismo consiste en que para poder comprender un objeto debe abordarse desde la totalidad, a partir de las manifestaciones presentes en la

unidad y surgidos a su vez de las interrelaciones entre sus elementos constitutivos. No se puede comprender la realidad si se aíslan sus componentes ya que su visión va a ser aislada también. Por lo tanto, para poder comprender cualquier sistema (antes objeto) debe abordarse como tal, como un todo, no tratar de reducirlo a sus partes para comprenderlo y/o explicarlo, pues al hacerlo se pierde la verdadera esencia de él como tal (las interrelaciones organizativas).

Organización:

La organización se refiere al arreglo de las relaciones entre los componentes o individuos (árbol, suelo, lluvia, substrato), lo cual produce una unidad nueva con cualidades diferentes a las de los componentes. La materia, la energía y la información son ensambladas y puestas en acción bajo una forma organizada.

La organización implica los conceptos de proceso, estado, optimización y arreglo o disposición. Incluye aspectos estructurales y funcionales.

La estructura hace referencia a la organización interna de los elementos. Las uniones pueden ir desde la asociación (unión de individuos o elementos que conservan rasgos de su individualidad), a la combinación (relación más estrecha y transformacional entre los elementos y que determina un todo más unificado).

Según Morin (1977: 103),

“la organización es la disposición de las relaciones entre componentes o individuos que produce una unidad compleja o sistema, dotado de cualidades desconocidas en el nivel de los componentes. La organización une de manera interrelacional elementos, individuos o eventos que a partir de ahí se convierten en los componentes de un todo. Asegura la solidaridad y solidez relativa a estas uniones, así le da al sistema una cierta posibilidad de duración a pesar de las perturbaciones aleatorias. La organización transforma, produce, reúne y mantiene”.

Transforma porque: - conduce al sistema a lograr determinados fines preconcebidos (función) y - a su vez permite la evolución de los elementos dentro del sistema sin perder, en algunos casos, sus características individuales. “Los elementos tienen las características del sistema, pero éste no tiene las de los elementos”.

Produce: ya que el resultado final que se espera del sistema está determinado por la función.

Reune: porque articula los elementos.

Y mantiene: pues si se perturba la organización, genera mecanismos de ajuste.

La organización es la que determina que el sistema trabaje de una manera determinada y se dirija hacia cierto punto puesto que su estructura depende no sólo de los elementos sino también de las interrelaciones que ocurren al interior inducidas por la organización. La función y la organización aportan las directrices de sostén, de mecánica, de dinámica y de productividad del sistema.

La organización determina internamente dos manifestaciones contrarias que caracterizan los procesos de ajuste; procesos que no llegan sin embargo a ser contradictorios sino que reafirman el concepto mismo de sistema. Las emergencias y constreñimientos. Las emergencias son las propiedades y características de los sistemas y que no las tienen los elementos considerados de forma aislada o dispuestos en otro sistema. Los constreñimientos hacen referencia a las cualidades y propiedades de los elementos que desaparecen en el sistema.

Allí donde la organización crea y desarrolla regulaciones activas, controles y mecanismos de funcionamiento, es donde se manifiesta con gran fuerza los principios interdependientes de emergencia y constreñimiento.

Complejidad:

Durand (op.c.), llama la atención en el sentido de no confundir la complejidad con la complicación.

El racionalismo se orientaba a simplificar los fenómenos eliminando lo desconocido, aquello que pudiera ser aleatorio, Pero, aunque no podemos comprenderlo todo, la complejidad está presente en todos los sistemas y se explica por :

-La composición misma del sistema, según el número y las características de sus elementos y de sus interacciones.

-Las provenientes de la incertidumbre de lo aleatorio propio del entorno del sistema.

-Las relaciones ambiguas entre determinismo y azar aparentes, o entre el orden y el desorden.

6. Tipos de sistemas

La clasificación de Stafford Beer (1959) {citado por Chadwick, 1981} se basa en los criterios de complejidad y determinismo, dando una clasificación cuádruple, desde los sistemas determinísticos simples a los sistemas

probabilísticos complejos : en general, las máquinas son complejas pero determinísticas, mientras que lanzar una moneda al aire es un sistema simple e incluye dos posibilidades.

No existe una clasificación unificada sobre la división de los sistemas, ella depende básicamente del fin perseguido; sin embargo, se pueden agrupar así:

a. Según la materialidad del objeto de estudio: **físicos** (todos los tangibles, materiales como un computador, el cuerpo humano, etc) y **abstractos** (ideas, pensamiento, filosofía, etc).

b. Según su comportamiento: **Deterministas** (cuyo comportamiento es completamente predecible, por ejemplo unas gafas, un esfero, etc.) y **Probabilista** (cuyo comportamiento se describe en probabilidades, no es 100% predecible, por ejemplo animales).

c. Según su grado de complejidad: De **Simple** a **Complejos**, dependiendo del grado de complejidad de las interrelaciones, las funciones que cumpla y los productos obtenidos.

d. Un sistema existe en relación con su entorno y puede ser cerrado o abierto: **Cerrados**, (aquellos que no tienen intercambio de materia y energía con el entorno, poco presentes en la naturaleza). Como ejemplo se puede considerar el ciclo hidrológico, en el que se recibe energía de un sistema externo (Sol) que genera una circulación del agua del mar a la atmósfera, a los continentes y regresa al mar; en este caso no ocurren intercambios de base, sólo que el agua puede estar en los diferentes espacios y diferida en el tiempo así como bajo estados diferentes. Por esto, se considera que el total de agua no cambia. Los sistemas **Abiertos** (con un constante intercambio de energía y materia con su medio, son en especial todos los organismos vivos).

e. Según su gobierno: **Gobernados** (aquellos que no tienen la capacidad de autodirigirse y son gobernados por agentes externos, por ejemplo computadores, autos y demás objetos creados por el hombre), y los **Autogobernados** (con capacidad propia de dirigir, modificar y corregir sus actos). El proceso de dirección de los sistemas autogobernados es el objeto de estudio de la cibernética; ella trata los sistemas de control y comunicación de animales y máquinas; se sustenta en dos aspectos:

1) La estructura de un órgano de un ser viviente es semejante al de una máquina, y por lo tanto sus deducciones son aplicables tanto a la máquina como al animal; y

2) Lo esencial en una máquina y en un organismo vivo, en lo que tiene de análogo a un sistema automático es la transmisión de información. Este proceso de autofijar y automodificar su comportamiento para lograr determinados fines se conoce como teleología. En sentido estricto los únicos sistemas

autónomos y autogobernados son los hombres y sus manifestaciones socio-culturales; sin embargo, existen máquinas que se pueden considerar relativamente autogobernadas, p.e. un radar, un computador “inteligente” (programado para aprender de sus errores y corregir su conducta), etc.

f. Chorley & Kennedy (1971) (citados por Huggett, 1980), propusieron una clasificación según el grado de complejidad. Las estructuras simples se describen como sistemas morfológicos donde se analizan las relaciones entre las partes del sistema, utilizando coeficientes de correlación; en un nivel más alto de complejidad están los sistemas en cascada en que las partes se unen por un flujo de masa y/o energía; le siguen los sistemas de proceso-respuesta caracterizados por lo menos por una unión entre una variable morfológica y un flujo en el sistema de cascada; en el nivel más alto están los sistemas control en los que el sistema de proceso-respuesta está controlado en sus componentes claves por el hombre.

En relación con la problemática ambiental, los sistemas más relevantes son aquellos que tienen que ver con el análisis espacial y los flujos internos y externos a los sistemas.

7. Principios estructurales

La estructura de un sistema no es estática, sino que es la primacía del cambio y se considera como la forma en que el movimiento real es transferido. Chadwick (1981), citando a Buckley (1967), afirma que las estructuras sociales y naturales no son más que las interacciones (en tiempo y espacio) de los procesos en curso de cambio y desarrollo que ocurren a niveles diferentes.

En un sistema, la estructura está definida por elementos identificables materialmente:

a) Límite: aquel que define las fronteras del sistema y lo separa del mundo exterior. p.e., la membrana de una célula, la frontera de un país, etc.

b) Categorías de elementos: elementos dentro de una categoría, definidas en términos de relación. p.e., las moléculas de una célula, los habitantes de un país, etc.

c) Almacenamiento: energía acumulada que necesita el sistema para funcionar (stocks de energía, información y materia).

d) Red de comunicación: aquella que permite el intercambio de energía, materia e información entre los elementos constitutivos en los diversos procesos internos.

8. Principios y procesos funcionales

Son los procesos realizados en función del tiempo y que permiten la operatividad dentro del sistema, considerando los siguientes conceptos:

a) **Flujos:** transferencia de energía, materia o información que circulan dentro del sistema y en relación con su entorno. Es un proceso constante, dinámico y presente a todos los niveles.

b) **Compuertas (o llaves):** forma de acelerar o retardar alguna parte del funcionamiento del sistema. Llamados también centros de decisión.

c) **Discontinuidades:** Representados por los límites (tanto máximos como mínimos) permisibles para su funcionamiento. Conocidos como umbrales; en su mayoría no son predecibles. Dada la importancia del concepto, se dedica un capítulo especial a su tipología.

d) **Feed-back:** circuitos de retroacción o retroalimentación, encargados de mantener al sistema con la energía necesaria para un funcionamiento estable.

Entre los principios fundamentales, es importante anotar que la organización es uno de ellos debido a su carácter transformador y productor, aspectos bajo los cuales ya fue tratado el tema en el capítulo correspondiente a los conceptos fundamentales.

Las características fundamentales de un sistema se refieren a los procesos funcionales, entre los que conviene destacar los de retroalimentación, entropía, homeóstasis y umbrales.

Retroalimentación (feed-back)

Todo sistema cuya organización sea activa (sistema abierto), es un sistema en el que a su interior se dan procesos antagónicos y/o de ajuste en un continuo (funcionamiento). La energía y la materia fluyen constantemente en un ciclo medio-sistema-medio, transformación ininterrumpida que mantiene el sistema. Este mecanismo conocido como retroacción se encarga de mantener la energía y la materia necesaria para el cumplimiento de las funciones vitales del sistema.

La retroacción que mantiene la constancia del sistema es conocida como negativa; los nuevos datos, energía o materia introducidos al sistema no aceleran el proceso de transformación; sus efectos son estabilizantes, conduciéndolo a un comportamiento adaptativo o de finalidad. En ciertos casos se estabiliza, y mantiene el curso normal de la evolución.

La retroalimentación positiva es aquella cuya entrada de datos, energía o materia contribuyen a acelerar la transformación, sus efectos son acumulativos, y finalmente desintegrantes, manifestándose en una ruptura. El feed-back positivo conduce a un comportamiento divergente, de explosión, de expansión indefinida, o inmovilización total.

Entropía

Para Berdoulay (1988), los puntos de partida de las investigaciones contemporáneas sobre el orden y el desorden se encuentran en el segundo principio de la termodinámica, según el cual un sistema físico evoluciona irreversiblemente hacia un estado de entropía máxima que alcanza cuando está en equilibrio. Así, la definición de la entropía se hace en términos de energía o de estática y por las relaciones entre el orden y la información.

La entropía corresponde a la segunda ley de la termodinámica, es la medida de la degradación de la energía en los sistemas. Tiene su origen en las contradicciones internas y externas del sistema y tiende a descomponerlo en sus elementos constitutivo para desorganizarlo; es la antiorganización.

A su vez, como la retroacción, se subdivide en positiva y negativa. La primera se hace presente cuando las contradicciones son más fuertes que los mecanismos reguladores, y los residuos del sistema (basura), son lo suficientemente significativos para bloquear su funcionamiento, romper consiguientemente su estructura (desordenarlo) y transformarlo en otro (normalmente hay un proceso de evolución hacia sistemas más complejos, pero en algunos casos se puede presentar una involución); este estado es conocido también como el máximo de entropía y es típico de los sistemas cerrados. Cuando se pueden contrarrestar los efectos desorganizadores y el sistema logra estabilizarse hablamos de negantropía (entropía negativa). Dicho estado permite la evolución constante; sin presencia de rupturas bruscas; hacia la muerte (todos los sistemas son perecederos), pero permitiéndole crecer y desarrollarse antes del holocausto. Se conoce también como el mínimo de entropía, propio de los organismos vivos. En un plazo mayor o menor de tiempo, la entropía positiva termina por imponerse conduciendo irremediamente al sistema hacia su extinción (que a la vez es el nacimiento de otro sistema).

La evolución del sistema lo conduce a una complejidad cada vez mayor, a la vez que se genera una diferenciación más precisa frente a los sistemas circundantes y en términos del espacio ocupado. La mayor complejidad y diferenciación del sistema se conoce como **sintropía**.

El cambio irreversible (acumulación de entropía negativa o **negantropía**) se aplica los sistemas naturales incluyendo al hombre y basados en el concepto de que el tiempo es irreversible. Los sistemas abiertos evolucionan de manera irreversible.

Homeostasis

Es el conjunto de procesos de autorregulación que conduce a la constancia del medio interno, independientemente del entorno y dentro de los límites permisibles para garantizar la supervivencia.

Es necesario enfatizar que la homeóstasis es una serie de mecanismos que involucra la retroacción, las entropía, los flujos y los canales. La homeóstasis permite el equilibrio dinámico (steady state) que es el que a su vez permite la marcha normal del sistema y lo mantiene dentro del umbral de funcionamiento y supervivencia garantizando así su permanencia. Si la entropía positiva es superior a la retroacción negativa, el sistema se desequilibra y posteriormente muere; pero si el caso es inverso logra estabilizarse y mantenerse. Entropía y retroacción son los mecanismos que garantizan cierto equilibrio en el sistema, flujos (energía, materia) y canales de comunicación que aportan los medios indispensables para que estos dispositivos actúen.

9. Los umbrales

El concepto de límite o de umbral se apoya en el de discontinuidad y ésta implica de hecho una dinámica de los elementos y del sistema que lo contiene.

Algunas discontinuidades pueden ocurrir por una perturbación en el proceso evolutivo y provocada desde el exterior. Otras discontinuidades ocurren por causas endógenas como parte de la dinámica interna. En uno y otro caso, la ruptura es el resultado de una interacción, una vez que una energía logra vencer una resistencia se genera una modificación. Se conoce como el punto donde cambian las características internas del sistema, bien sea en las interrelaciones (estructura u organización), como en las interacciones y sus implicaciones (funcionamiento), modificando por lo tanto su sentido evolutivo. La discontinuidad (umbral) se produce en un lugar de debilidad espacio-temporal (en determinado lugar específico, y en el momento más propicio), siendo causa y resultado de una evolución.

A partir de un umbral, la evolución salta y cambia de ritmo en su sentido y en su naturaleza, pero, en general, es el resultado de una preparación a lo largo de la cual se acumula energía o materia (o tensiones sociales) que hacen saltar el elemento o el sistema.

Clasificación de los umbrales

Los tipos de umbrales, cuyo concepto se presenta a continuación, se basa en Brunet (1967).

Umbral de manifestación

Un fenómeno sólo se manifiesta cuando los factores de movimiento sobrepasan un valor mínimo. Es con base en este concepto que se determinan realidades como la temperatura a partir de la cual el agua empieza a congelarse, o la cantidad de pollos en un galpón a partir de la cual aparecerá el canibalismo, o a partir de qué intensidad de aguaceros aparecerán los procesos de saltación pluvial y escurrimiento difuso sobre un suelo.

En el orden social, a partir de qué número de habitantes en una comuna se detecta la necesidad de construir el servicio de acueducto o alcantarillado.

Umbral de extinción

La extinción ocurre en un momento cuando la cantidad de algo disminuye hasta que el fenómeno deja de funcionar. En el caso de una ciudad de crecimiento desordenado, sería el momento en que no es posible asegurar el suministro de agua, ésta disminuye en cantidad relativa frente a la demanda. Por debajo de un valor crítico de lluvias, los ecosistemas se extinguen y dan paso a la formación de desiertos.

Umbral de divergencia.

En la evolución de un sistema puede ocurrir que un movimiento cambie bruscamente de velocidad sin que cambie el sentido. Así, la industrialización de un producto agrícola puede disminuir por la acción de una plaga, pero se puede recuperar al siguiente año.

Las divergencias se ven normalmente en las curvas que muestran la variación temporal de un fenómeno, cuyas rupturas se explican por discontinuidades pasajeras. El precio del café colombiano puede subir debido a una helada en el Brasil, pero una vez que cesan los efectos de la helada el precio recobrará su tendencia en el sentido anterior.

Umbral de inversión

El sentido de una evolución puede cambiar totalmente a partir de un punto crítico en que se invierte la evolución a un sentido contrario. Este hecho se muestra generalmente con curvas de variación que toman la forma de "U" o de "V", mostrando la inversión.

El umbral que define el cambio puede ser un óptimo y de lado y lado las condiciones no serán satisfactorias para el mantenimiento del sistema.

El cambio de ciertos sistemas políticos ocurre por umbrales de inversión, p.e. el paso de un sistema totalitario a uno democrático.

Este umbral es la frontera a partir de la cual ocurren fenómenos opuestos. Brunet cita el caso de los economistas pesimistas u optimistas en función de los cambios en los valores bursátiles.

Umbral de saturación

Este umbral se refiere a la capacidad máxima de un sistema para contener cierta cantidad relacionada con su energía, materia o tensiones.

A partir de una cierta cantidad de agua en el suelo, éste no tiene más capacidad de infiltración y genera escurrimiento; la acumulación de grasa en las venas puede impedir la circulación de la sangre; los problemas de acinamiento urbano se relacionan con la saturación de vehículos en las calles.

En la saturación, esta puede ocurrir porque se alcanza un valor-límite y el fenómeno no evoluciona más y conserva la forma adquirida en ese estado. O bien, puede ocurrir un cambio cualitativo; un grupo social explota por la acumulación de insatisfacciones.

Consecuencias de la aparición de los umbrales

Los umbrales pueden indicar que una energía vence una resistencia (ruptura) o que la energía no es suficiente para continuar el movimiento. Muchos fenómenos naturales o sociales se ajustan a este concepto, desde los cambios de estado de la materia hasta los cambios sociales.

El paso de ciertos umbrales puede implicar la aparición de fenómenos indeseables o un nuevo estado del sistema aunque los factores que lo causaron no resulten afectados notablemente.

Algunos umbrales llevan a la aparición de efectos irreversibles. El éxodo de la población ocurre a partir de cierta densidad de población o a partir de una cantidad de necesidades insatisfechas.

Otro criterio a tener en cuenta, es la velocidad con que ocurre un umbral y si hay tiempo para generar mecanismos de ajuste o no. Las catástrofes naturales se ajustan en general al concepto de eventos rápidos en el logro de un umbral.

Cualquier clasificación de umbrales debe enfatizar la prevención en su ocurrencia para actuar sobre su funcionamiento y sin olvidar que las discontinuidades ocurren a menudo en un punto de debilidad y como resultado de una interacción. Además las interacciones que genera el logro de un umbral pueden ser contradictorias, acumulativas o provocar retroacciones.

El investigador y quien toma las decisiones de manejo, debe conocer en qué momento o en qué sitio aparecerán los umbrales que harán cambiar la dirección en la evolución del sistema.

El sistema es enriquecimiento y empobrecimiento, ganancia en emergencias, pérdida por constreñimiento, procesos simultáneos, pudiendo presentarse, inclusive en algunos casos, mayor pérdida que ganancia, llevando al sistema a una paulatina regresión.

10. Nivel de resolución

En función del interés con que percibimos un sistema, definimos el nivel de conocimiento de los objetos y de la globalidad del sistema (su estructura y su funcionamiento). Este análisis y síntesis rigurosos según los requerimientos definen el nivel de resolución del sistema o la escala del sistema en relación con sus partes.

Un sistema se delimita en relación con su entorno, entendiendo a éste como el conjunto de todos los sistemas diferentes al que estamos interesados. No nos interesamos en los elementos del entorno.

Chadwick (1981) considera que el nivel de resolución está ligado a :

-El requerimiento de detalle con que definimos el sistema.

-Los elementos del sistema despliegan cierta riqueza de intercomunicación y generan subsistemas dentro del sistema. Así, en un sistema urbano podría interesarnos el flujo y tratamiento de las basuras mientras que ignoramos la industrialización como productora de bienes no consumibles (empaques).

-Al nivel más inferior de detalle con que se considera cada elemento o subsistema, nos interesa su comportamiento pero no su composición o su estructura. Lo que no interesa permanece en la “caja negra” de la información.

Haciendo referencia a los sistemas autogobernados, la tendencia en la producción de electrodomésticos en los próximos años será la de los dispositivos de la “lógica difusa” (fuzzy logic). En este sentido (Saburo, 1991), la máquina dispone de sensores integrados que le permiten autoprogramarse para optimizar su funcionamiento. Así, las relaciones se precisan, no van a la caja negra y el nivel de resolución de su función aumenta en pro de la optimización.

Conclusión

Las ideas expuestas permiten sólo una introducción general a la TGS de acuerdo con una exposición de los principios y conceptos generales con base en una revisión bibliográfica de por sí limitada. Sin embargo, se espera una motivación en el lector hacia una forma de pensar en términos sistémicos y a profundizar en la conceptualización y en la práctica.

Es interesante ver como algunos autores de obras recientes aplican en su concepción el enfoque sistémico. Brunet & Dollfus (1990), plantean el sistema mundo en su "Geografía Universal, Mundos Nuevos"; Bertrand (1981), propone una nueva geografía física puramente sistémica con base en el "geosistema" como herramienta conceptual; Lovelock (1979) con su hipótesis GAIA, considera la Tierra como un sistema vivo capaz de autorregularse; Haigh (1987), estableció la teoría jerárquica en la investigación del paisaje bajo el concepto de "Holon" y Scheidegger (1987, 1988), definió los principios fundamentales de la evolución del paisaje bajo la óptica sistémica de aplicación a los sistemas morfogénicos. La aplicación sistémica abarca actualmente muchos campos y vale la pena destacar la obra de Chadwick (1981) en planificación urbano-regional y los trabajos de Vidart (1986) y Watt (1978) relacionados con la ciencia del medio ambiente. Estos son unos pocos ejemplos del reconocimiento de las formas organizacionales (sistémicas) tanto naturales como sociales.

La sistémica implica una revolución en las formas de pensamiento que debe ir más allá de la descripción simple y generar principios y acciones definidas. Tal vez, una de las razones por las que la sistémica no es una práctica corriente en el manejo de los fenómenos naturales o socio-económicos se deba a la dificultad en el manejo cuantitativo o cualitativo de las interacciones y en el poder concebir al sistema como la globalidad que es, a diferencia de los elementos que podemos observar y medir separadamente. Sin embargo, la programación lineal y actualmente los avances en computación automatizada permiten el manejo de grandes volúmenes de información relacional (bases de datos relacionales).

Así, lo ambiental, bajo las relaciones hombre-naturaleza, nos enfrenta a una realidad cada vez más compleja de la que la sola teoría de la información no puede explicar la distribución espacial. Con el enfoque sistémico, la diferenciación de los espacios ocupados por los grupos sociales toma una dimensión dinámica en la que se asocia la estructura y el funcionamiento y, por lo tanto, el espacio aparece como un proceso producto del tiempo.

Las decisiones de ordenamiento territorial o de planificación económica se ejercen sobre sistemas socio-ambientales. Por esto, tanto los técnicos como los niveles de decisión deben conocer la estructura y el funcionamiento de los sistemas en cuestión para asegurar el éxito de la acción. Al respecto, el desarrollo actual de los Sistemas de Información Geográfica (SIG) permite

una operacionalización de las interacciones entre los elementos de un sistema geo-referenciado y modelar su comportamiento, lo cual constituye una herramienta valiosa en la toma de decisiones sobre ordenamiento territorial y planificación.

Tal como lo estatuye Morin (1988), la teoría general de sistemas ofrece la posibilidad de superar la disyuntiva entre los fenómenos materiales y la globalidad emergente vista por medio de los modelos, previo conocimiento de su estructura y funcionamiento. Para terminar, presentamos una reflexión de Morin (1988: 17) sobre la necesidad del pensamiento sistémico:

“Se puede comer sin conocer las leyes de la digestión, respirar sin conocer las leyes de la respiración, se puede pensar sin conocer las leyes ni la naturaleza del pensamiento, se puede conocer sin conocer el conocimiento. Sólo al descubrir el error y la ilusión que han sido impuestos como verdades, procura conocerse. Tenemos una necesidad vital de situar, reflexionar, reinterrogar nuestro conocimiento, conocer las condiciones, posibilidades y límites de sus aptitudes para alcanzar la verdad a la que tiende”.

Literatura

- BERDOULAY, Vincent,
1988 *Des mots et des lieux. La dynamique du discours géographique*. CNRS, Paris.
- BERTALANFFY, Ludwig von,
1987 *Teoría general de sistemas*. Fondo de Cultura Económica, Madrid.
- BERTOGLIO, Johansen,
1985 *Introducción a la teoría general de sistemas*. Limusa, México.
- BERTRAND, George,
1981 *Construire la Géographie Physique*. ERA, 427, CNRS, Toulouse, 48p.
- BRUNET, Roger,
1967. *Les phénomènes de discontinuité en géographie*. Mém. et Doc., Vol.7. CNRS, Paris, 117p.
- BRUNET, Roger et Olivier DOLLFUS,
1990 *Estructuras y dinámica del espacio*. Cap.8,9y 10 de la Géographie Universelle, Mondes Nouveaux). Trad. A.Flórez.
- CAGLIARDI, R.,
1986 *Los conceptos estructurales en el aprendizaje por investigación*. Rev. Enseñanza de las Ciencias, 4(1): 30-35.
- CHADWICK, George,
1981 *A systems view of planning* (2nd ed.). Pergamon Press, Oxford, 429p.
- CLOKE, Paul; Chris Philo & David Sadler,
1991 *Approaching human geography. An introduction to contemporary theoretical debates*. PCP, London, 240p.
- DURAND, Daniel,
1979 *La systématique*. Que sais-je? PUF, Paris. 126p.
- ENGELS, F.
1961 *La dialéctica de la naturaleza*. Trad. Wenceslao Roces, Ed. Grijalbo, México, 348p.
- GARCÍA, M. Ricardo,
1991 *Teoría general de sistemas. Una aplicación al análisis de la administración municipal*. ESAP, Bogotá, 156p.

- GIGCH, John P. van,
1987 *Teoría general de sistemas*. (2a.Ed.). Ed. Trillas, México, 607p.
- HABERMAS, Jürgen,
1982. *La lógica de las ciencias sociales*. Trad. Ed. Tecnos, Madrid, 1990, 506p.
- HAIGH, M. J.,
1987 *The Holon : Hierarchy theory and landscape research*. CATENA Suppl. 10:181-192.
- HUGGETT, Richard,
1980 *System analysis in geography*. Clarendon Press, Oxford, 208p.
- JAMES, Preston,
1972. *All possible worlds. A history of geographical ideas*. The Odyssey Press, N.Y., 621p.
- LABORIT, Henri,
1971 *El hombre y la ciudad*. Trad. Ed. Kairós. Barcelona, 1972, 227p.
- LEEF, Enrique,
1986 "Ambiente y articulación de ciencias". En: *Los problemas del conocimiento y la perspectiva ambiental del desarrollo*. Leff, 1986 (Ed.). Siglo XXI Eds. México, 476p.
- LOVELOCK, J. E.,
1985 *GAIA : Una nueva visión de la vida sobre la Tierra*. Muy Interesante, Biblioteca de Divulgación Científica, Ed. Orbis, Barcelona, 187p.
- MORIN, Edgar,
1977 *El método. I. La naturaleza de la naturaleza*. SEUIL, Paris. Trad. Española de Ed. Cátedra, Madrid.
- MORIN, Edgar,
1986 *El método. III. El conocimiento del conocimiento*. Trad. Ed. Cátedra, 1988. Madrid, 263p.
- POINSOT, Yves,
1987 *La teoría de los geosistemas. El marco conceptual y la metodología*. En: *Análisis Geográficos No.8*: 11-34. IGAC, Bogotá.
- ROSNAY, Joël de,
1975. *Le macroscopie. Vers une vision globale*. SEUIL, Paris, 249p.
- SABURO, Yuki,
1991 *Electrodomésticos con dispositivo Fuzzy-Logic: -La ola del futuro?*. Cuadernos de Japón. Vol. IV,1: 78-80.

VIDART, Daniel,
1986 *Filosofía ambiental. Epistemología, praxología, didáctica*. Editorial Nueva América, Bogotá, 549p.

WATT, Kenneth E.F.,
1978 *La ciencia del medio ambiente*. Salvat, 334p.

Notas:

¹ Profesor del Departamento de Geografía, Facultad de Ciencias Humanas, Universidad Nacional de Colombia.

² Lic. en Ciencias Sociales, Cand. Maestría en Geografía Convenio UPTC-IGAC.

