

CAPITULO I

El enfoque de los sistemas

1.1 El enfoque reduccionista

Hace un tiempo atrás, mientras me preparaba a efectuar un viaje fuera del país, tuve que ir al consultorio del médico, a quien visito periódicamente por una enfermedad crónica, con el fin de que me diera un certificado, explicando mi enfermedad, y que podría servirme como un antecedente en previsión de alguna afección que pudiera sufrir mientras estuviera en el extranjero.

Mientras esperaba al médico gastroenterólogo observé en una de las paredes de su clínica un gran cuadro que representaba las diferentes partes del organismo, cada una dentro de los contornos de la figura humana. Así, la primera figura representaba el esqueleto; la segunda, el aparato circulatorio; la tercera, el sistema digestivo, la cuarta el sistema muscular y la quinta, el sistema nervioso.

Cada una de ellas mostraba una parte de la anatomía humana, separada de tal modo que facilitara su estudio y la comprensión de las funciones de cada sistema en particular. Sin embargo, superponiéndolas de cierta manera se llegaba a ser humano como tal.

Es evidente que es a través de esas divisiones como la biología ha logrado estudiar e investigar la anatomía humana. Es decir, el progreso alcanzado por estas ciencias se debe, en gran parte, a lo que, generalmente, se denomina el enfoque reduccionista, en el cual se estudia un fenómeno complejo a través del análisis de sus elementos o partes componentes.

Observemos un problema trivial. A pesar de que muchos partidos de fútbol importantes son televisados, normalmente podemos observar el estadio lleno y la reventa de entradas, es decir, una fuerte presión para ver el juego desde allí. ¿Es que esa gente no dispone de un receptor de TV o le es imposible "visitar" a algún familiar o amigo que lo tenga? Creemos que no. Ver un partido de fútbol en TV, dice el aficionado, "no es lo mismo que verlo en la cancha". Aparte del ingrediente marginal (pero importante) del ruido, del contacto entre los espectadores, en fin, del estado emocional que provoca una contienda de equipos importantes, es difícil seguir el juego desde la pantalla del televisor. Uno observa al arquero efectuar un rechazo, ¿hacia dónde? No lo sabemos, hasta que la pantalla, siguiendo la trayectoria del balón, nos indica hacia qué jugador o posición éste iba dirigido. Lo mismo ocurre en casi todo el partido, excepto en los pases cortos. ¿Qué sucede? Simplemente, que la actual tecnología no nos permite "observar" toda la cancha desde la pantalla de TV. Sólo nos muestra el lugar donde se desarrolla la acción central (donde está el balón en juego), pero no nos permite observar el todo, el cuadro general, los movimientos de los jugadores sin el balón, los desplazamientos y las demarcaciones. En una palabra, observamos una parte del conjunto que no nos permite "gozar" del espectáculo completo.

Para dejar más clara la idea, y utilizando la imaginación del lector, supongamos que pudiéramos disponer de un aparato tal que nos permitiera observar solamente la conducta de un determinado jugador de uno de los dos equipos que se enfrentan en el estadio. Aparece sólo el individuo en acción. Evidentemente que, al cabo de unos minutos, nos parecería que este hombre se conduce de una manera bastante extraña que nosotros no comprendemos: le vemos correr, detenerse, saltar, caer al suelo, levantar las manos, moverse con un comportamiento errático. Sin embargo, si en un momento dado apretamos un botón de nuestro televisor y lo integramos al comportamiento del resto de los jugadores, árbitros y

público, entonces comprenderemos y nos explicaremos cabalmente una conducta hasta entonces extraña y absurda.

Sin embargo, esto no significa necesariamente que rechacemos el concepto de reducción. En ningún caso. La prueba evidente de su validez la encontramos en el resultado de su aplicación, en un crecimiento del saber humano. Lo que pretendemos decir es que los fenómenos no sólo deben ser estudiados a través de un enfoque reduccionista. También pueden ser vistos en su totalidad. En otras palabras, existen fenómenos que sólo pueden ser explicados tomando en cuenta el todo que los comprende y del que forman parte a través de su interacción. A medida que los sistemas (u "objetos de estudio") van siendo más complejos, (es decir, no sólo están constituidos por más partes, sino que también la interacción entre ellas se hace cada vez más compleja), parece ser que la explicación de los fenómenos que presentan las conductas de esos sistemas tiende a tomar en cuenta su "medio", su entorno. Es decir, su "totalidad".

Esto nos puede llevar a meditar que quizá conductas de sistemas (personas, animales, grupos, comunidades, sociedades, etc.) que hoy día nos parecen extrañas, inexplicables, imposibles de predecir, etc., tengan una respuesta adecuada si ampliamos el "objeto de investigación" y lo integramos en su totalidad. En realidad, muchos efectos no esperados que surgen, por ejemplo, con la aplicación de un mecanismo de control administrativo pueden ser perfectamente explicados (y/o anticipados) si se hubiera considerado la totalidad de la organización y no sólo el ámbito reducido en que se aplicó.¹

Por ejemplo, ya en los años 30, Kurt Lewin, el famoso psicólogo fundador de la escuela basada en la "teoría de los campos" (*Field*

Theory) para el estudio del comportamiento humano y de grupos señalaba que "lo que resulta importante en la teoría del campo es la forma en que procede el análisis. En vez de escoger uno u otro elemento aislado dentro de una situación, la importancia del cual no puede ser juzgada sin tomar en cuenta la situación como un todo, la teoría del campo encuentra ventajoso, como regla, comenzar por la caracterización de la situación como un todo. Después de la primera aproximación, los diversos aspectos y partes de la situación son sometidos a un análisis cada vez más específico y detallado. Es obvio que este método es la mejor manera para no errar el camino, engañados por uno u otro elemento de la situación".² Sin duda que Lewin pensaba ya en la idea integracionista, porque se enfrentaba a un objeto de estudio: el hombre y/o los grupos, que son sistemas bastante más complejos que un pedazo de mineral o una célula.

Por ejemplo, un concepto totalizante es indispensable en biología: el organismo; el concepto de individuo en psicología; el concepto de instituciones y clases sociales en sociología; el concepto de nación en las ciencias políticas contemporáneas; el concepto de cultura en antropología. Cada uno de estos sistemas (o totalidades) se presenta en forma natural, simplemente, porque lo percibimos así. Reconocemos a un organismo, a un individuo, a una nación. Y podemos suponer que bajo circunstancias apropiadas actúan como totalidades. Sin embargo, si confinamos nuestra atención exclusivamente a los modelos generales observables de estos "todos" no haremos grandes progresos en la comprensión de sus comportamientos. Obtenemos una comprensión más profunda de cómo un organismo realiza una acción si comprendemos cómo los componentes del acto están integrados por su sistema nervioso. También obtenemos un

¹ 'En su aplicación a la organización, ver O. Johansen: "Problemas Organizacionales: Soluciones y Efectos" CELECA 1, 1973.

² Kurt Lewin, citado en Malcom e Hilda Knowles "Introducción a la Dinámica de Grupo", co, Ed. Letras, 1969).

mayor conocimiento de por qué un país reacciona de una manera determinada ante los actos de otras naciones, si comprendemos cómo se toman las decisiones por parte de sus instituciones políticas y cómo *son* implementadas, es decir, cómo la acción de quizá millones de individuos se combina para resultar en un acto atribuible a la nación como un todo. En otras palabras, no sólo es necesario definir la totalidad sino también sus partes constituyentes³ y las interacciones de éstas.

La Teoría General de Sistemas describe un nivel de construcción teórico de modelos que se sitúa entre las construcciones altamente generalizadas de las matemáticas puras y las teorías específicas de las disciplinas especializadas y que en estos últimos años ha hecho sentir, cada vez más fuerte, la necesidad de un cuerpo sistemático de construcciones teóricas que pueda discutir, analizar y explicar las relaciones generales del mundo empírico. Según Boulding⁴ ese es el destino de la Teoría General de Sistemas. Por supuesto que no se busca establecer una teoría general de prácticamente cualquier cosa, única y total, que reemplace todas las teorías especiales de cada disciplina en particular.

Tal teoría, en la práctica, no tendría contenido, porque en la medida que aumentamos la generalidad tenemos que hacerlo a costa del contenido. Por ejemplo, se puede pensar en una persona en particular. Sin embargo, podemos generalizarla diciendo que es un ciudadano de una ciudad determinada. Hemos ganado en generalización, pero hemos perdido en cuanto al contenido particular de la persona. Pero podemos

llegar fácilmente a un segundo grado de generalización diciendo que es un hombre de una determinada nacionalidad. Luego podemos generalizarlo más aún, pensando en su sentido genérico: es un sistema vivo, y aún más, en otro grado de generalización es un sistema natural, por fin podemos decir que es un sistema abierto y, más aún, un sistema y finalmente un objeto.

Generalmente, las partes constituyentes también pueden ser consideradas como sistemas. Aquí se encuentra implícito el concepto de recursividad que será discutido más adelante.

Sin embargo, en alguna parte, entre lo específico que no tiene significado y lo general que no tiene contenido, debe existir para cada propósito y para cada nivel de abstracción, un grado óptimo de generalidad. Los teóricos de sistemas afirman que este óptimo grado de generalidad en teoría no siempre es alcanzado por las ciencias en particular.

Este punto de vista se ve cada vez más demostrado o adquiere mayor fuerza, cuando uno contempla las nuevas disciplinas que se crean y que representan, fundamentalmente, la "tierra de nadie" que separa a las disciplinas concretas. Así, hablamos de físico-química (que no es ni física pura ni química pura), de psicología social (que no es ni psicología pura ni sociología pura) y, más reciente aún, de bioquímica, biofisiología (y no sería extraño que ya se pensara en términos de psicobiofisiología o sociopsicobiofisiología). En este sentido, la teoría de sistemas (o el enfoque de sistemas) toma una posición contraria (como metodología) al enfoque reduccionista que discutimos anteriormente. Mientras este último tiende a la subdivisión cada vez mayor del todo, y al estudio particular de esas subdivisiones, el enfoque de sistemas pretende integrar

³ Generalmente, las partes constituyentes también pueden ser consideradas como sistemas. Aquí se encuentra implícito el concepto de recursividad que será discutido más adelante.

⁴ K. Boulding. "General Systems Theory - the Skeleton of Science", *Management Sciences* 2, (1956), 197.208.

las partes hasta alcanzar una totalidad lógica o de una independencia o autonomía relativa con respecto a la totalidad mayor de la cual también forma parte.

Los objetivos de la Teoría General de Sistemas pueden ser fijados a diferentes grados de ambición y de confianza. A un nivel de ambición bajo pero con un alto grado de confianza, su propósito es descubrir las similitudes o isomorfismos en las construcciones teóricas de las diferentes disciplinas, cuando éstas existen, y desarrollar modelos teóricos que tengan aplicación al menos en dos campos diferentes de estudio. A un nivel más alto de ambición, pero, quizás, con un grado de confianza menor, espera desarrollar algo parecido a un "espectro" de teorías, un sistema de sistemas que pueda llevar a cabo la función de un gestalt⁵ en las construcciones teóricas. Este espectro o gestalt ha tenido gran valor en campos específicos del conocimiento humano, al dirigir las investigaciones hacia los vacíos que ellos revelan. Por ejemplo, tenemos el caso de la tabla periódica de elementos en química. Durante muchas décadas dirigieron la investigación hacia el descubrimiento de elementos desconocidos para llenar los vacíos de la tabla, hasta que éstos fueron completamente llenados.

La necesidad de una teoría general de sistemas se ve acentuada por la situación actual de las ciencias, señala Boulding.⁶ El conocimiento no es algo que exista y crezca en abstracto. Es una función del organismo humano y de las organizaciones sociales. El conocimiento oculto no es conocimiento. El

⁵ Gestalt: (palabra alemana que significa, aproximadamente "configuración"). Es la experiencia perceptiva normal en la cual la totalidad es vista o comprendida como algo más que la simple suma de sus partes. El ejemplo clásico es un dibujo que puede ser percibido ya sea como florero o como dos caras humanas. J.A. Brussel y G.L. Cantzlaar: *Diccionario de Psiquiatría* (México, CECSA Ed. 1972) p. 128.

⁶./bid p. 198.

conocimiento crece a través de la recepción de información, es decir, de la obtención de mensajes capaces de reorganizar el conocimiento del receptor. Por lo tanto el crecimiento del conocimiento, en general, depende directamente de este flujo de comunicaciones entre científicos. Según Boulding la situación crítica en que se encuentra la ciencia hoy día se ha debido a la dificultad, cada vez mayor, de tales comunicaciones entre los científicos como una totalidad. "La especialización ha superado al intercambio de la comunicación entre los discípulos y se hace cada vez más difícil, y la República del aprendizaje se está desintegrando en subculturas aisladas con sólo tenues líneas de comunicación entre ellas una situación que amenaza con una guerra civil intelectual".

Boulding explica esta crisis en el cuerpo del conocimiento diciendo que, en el curso de la especialización, los receptores de la información también se especializan. Así el físico sólo habla de física, el economista de economía, el astrónomo de astronomía, y, lo que es peor aún, el físico nuclear sólo habla de física nuclear, el astrofísico de astrofísica. Está sucediendo un profundo proceso de "percepción selectiva" demostrado, para el caso de la especialización dentro de una empresa industrial, por H.A. Simon.⁷ Boulding se pregunta si la ciencia no se transformará en un conjunto de ermitaños enclaustrados, cada uno hablando para sí mismo con palabras de un lenguaje particular que sólo él puede comprender.

Mientras más se divide la ciencia en subgrupos y menor sea la comunicación entre las disciplinas, mayor es la probabilidad de que el crecimiento total del conocimiento sea reducido por la

⁷ Se entiende por percepción selectiva, de acuerdo con H.A. Simon al hecho de que cada persona (los ejecutivos en su estudio particular) percibirá aquellos aspectos de una situación que se relacionan específicamente con las actividades y objetivos propios (o de su organización. Dearborn y Simon, "Selective Perception: Note on A Departmental Identification of Executives", *Sociometry* 21, (1958), pp. 140-144.

pérdida de comunicación relevante. El esparcimiento de la sordera especializada significa que una persona que debiera saber algo que otra conoce es incapaz de encontrarlo por la falta de un "oído generalizado". Ahora bien, uno de los principales objetivos de la Teoría General de Sistemas es la multiplicación de estos oídos generalizados y el desarrollo de un marco de referencia de teoría general que permita que un especialista pueda alcanzar a captar y comprender la comunicación relevante de otro especialista.

Aparentemente, aquí parecería encontrarse implícita una contradicción, porque por un lado estamos hablando y quejándonos de la falta de comunicaciones y por el otro, estamos presenciando el mayor crecimiento que haya experimentado el campo de las comunicaciones, o más bien, la transmisión de informaciones. En efecto, sin duda alguna, la primera gran revolución en las comunicaciones fue la invención del lenguaje hablado y escrito. La segunda revolución fue la invención de la imprenta que divulgó los escritos relegados hasta entonces a los monasterios y a las personas de alta cultura y riqueza. La tercera revolución es la de nuestros días, comenzada a principios de siglo con la invención de la telegrafía y que hoy día continúa con la transmisión televisada vía satélite, los transistores y otros mecanismos que transmiten y/o procesan información en tiempo infinitesimal.

Sin embargo, este enorme avance en las comunicaciones corresponde, fundamentalmente, a un fenómeno de "esparcimiento", de distribución cada vez más masiva de información (un fenómeno característico es la revolución del "pocket book"). En otras palabras, y tomando como ejemplo el cerebro, estamos logrando la *irradiación* del estímulo a través de toda la masa encefálica, pero, y aquí se rompe la contradicción, estamos cada vez más distantes de la preparación, adecuación y

sensibilización de los centros receptores a quienes va dirigida la información, lo que en el cerebro corresponde al principio de la concentración. Falta, por lo tanto, lo que Boulding denomina "oído generalizado" para hacer frente a la sordera producida por la especialización, lo que se traduce en concreto en un *vocabulario común* que pueda proporcionar la Teoría General de Sistemas, a través de la búsqueda y el reconocimiento de los isomorfismos.

De este modo, es posible que un economista, que comprenda las fuertes similitudes formales que existen entre la teoría de la utilidad y la teoría de los campos en física, se encuentre en mejor situación para aprender del físico, que uno que no visualiza esta similitud. De la misma forma un especialista que trabaja con el concepto de crecimiento (sea un virologista, un citologista, un psicólogo, sociólogo o economista) estará más sensitivo a las contribuciones de los otros campos, si está consciente de la cantidad de similitudes del proceso de crecimiento en campos empíricos bastante diferentes.

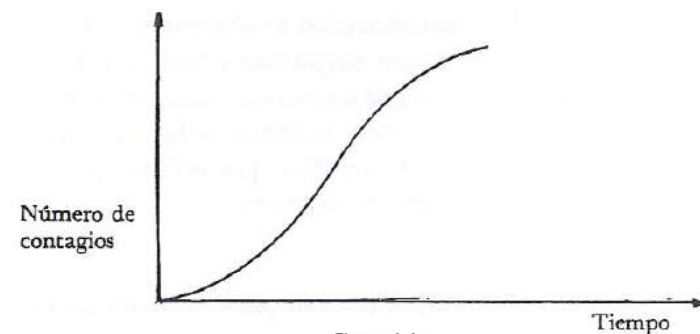


Figura 1.1

Observemos el siguiente ejemplo concreto. Los bioestadísticos han definido algunas funciones matemáticas que representan un modelo del desarrollo y conducta de las

enfermedades contagiosas. Gráficamente, estas funciones tienen la forma de *S* como se muestra en la figura 1.1.

En los comienzos de la epidemia el número de contagios es relativamente bajo. Al cabo de un tiempo, la tasa de crecimiento aumenta considerablemente al extenderse los contagios debido a la interacción de la población. Sin embargo, se llega a un punto en que su crecimiento disminuye, hasta llegar, prácticamente a hacerse asintótica, es decir, en que cesa el crecimiento (la tasa se hace cero) y la curva se transforma en una recta horizontal al eje de las *X* (cuando la mayoría o la totalidad de la población está o ha sufrido ya el contagio).

Observando las características de la conducta de este sistema un experto en mercados y publicidad puede que encuentre una gran similitud entre el comportamiento de la enfermedad contagiosa con el desarrollo de la propaganda de un producto o idea en una oportunidad, porque, si se piensa un poco, parece que la propaganda de un mensaje dentro de un área se asemeja bastante a la propagación de una enfermedad.

Maravillosa la similitud —podrá decir alguien, pero puede agregar— ¿y qué?..

Bueno, no es necesario ser un clarividente para comprender que si esta similitud es tal, el publicista estará en una posición de determinar hasta qué momento debe mantener la campaña publicitaria. Porque parecería que, llegado a un punto, (de acuerdo con la curva *S*) la propaganda será inefectiva y mantenerla sólo servirá para aumentar los costos. Habrá llegado el momento de detenerla o cambiarla.⁸

⁸ Efectivamente, la Teoría General de Sistemas ha sido criticada en este sentido. La esencia de esta crítica es el argumento: "supongamos que encontramos una analogía entre dos

1.2., Dos enfoques para el estudio de la Teoría General de Sistemas

Existen dos enfoques para el desarrollo de la Teoría General de Sistemas, que la misma teoría sugiere. Estos enfoques, como se apreciará, deben tomarse más bien como complementarios que como competitivos o como dos caminos cuya exploración tiene valor.

El primer enfoque es observar al universo empírico y escoger ciertos fenómenos generales que se encuentran en las diferentes disciplinas y tratar de construir un modelo teórico que sea relevante para esos fenómenos. Este método, en vez de estudiar sistema tras sistema, considera un conjunto de todos los sistemas concebibles (en los que se manifiesta el fenómeno general en cuestión) y busca reducirlo a un conjunto de un tamaño más razonable.

Por ejemplo, en casi todas las disciplinas encontramos ejemplos de población, es decir, agregados de individuos que se comportan de acuerdo con cierta definición; a. esa población, los individuos son sumados (nacimientos) y restados (defunciones) y en ella la edad de los individuos es una variable importante e identificable.

Estas poblaciones muestran movimientos dinámicos propios, que pueden ser descritos con bastante precisión a través de ecuaciones en diferencia. Las poblaciones de las diferentes especies también muestran una interacción dinámica. Los modelos de cambios de población aparecen en muchos

sistemas, esto no significa nada". Impícita aquí se encuentra la idea de la "correlación espúrea". Von Bertalanffy, en su artículo General System Theory "A Critical Review of General Systems" VII, 1962, 1-20 comenta estas críticas.

campos particulares del conocimiento: sistemas ecológicos en biología, la teoría del capital en economía, que trata de las poblaciones de "bienes", la ecología social y aún ciertos problemas de la mecánica estadística. En todos estos campos, la población cambia, tanto en su número absoluto como en su estructura, y los cambios pueden ser analizados en términos de funciones de nacimiento y de supervivencia, relacionando el número de nacimientos con el número de muertes o fallecimientos dentro de grupos de edades específicos y relacionados con diferentes aspectos del sistema. En todos estos campos, la interacción de la población puede ser analizada en términos de relaciones competitivas complementarias y parásitas entre la población de diferentes especies, ya sea que éstas estén formadas por animales, bienes, clases sociales, o moléculas.

Otro fenómeno de importancia universal para todas las disciplinas es el de la interacción de un individuo de algún tipo con su medio. Cada disciplina estudia alguna especie de individuos (electrones, átomos, moléculas, cristales, virus, células, plantas, animales, el hombre, la familia, una tribu, un estado, una iglesia, una empresa, el universo, etc.). Cada uno de estos individuos muestra un "comportamiento" (acciones o cambios) y se considera que su conducta se encuentra relacionada en varias formas con el medio ambiente que lo rodea, es decir, con otros individuos con los que él entra en contacto o tiene alguna relación. Se ve en cada uno algo como una estructura o complejo de individuos del orden inmediatamente inferior a él; (los átomos son un arreglo de protones y electrones; las moléculas un conjunto de átomos, las células de moléculas; las plantas, los animales, el hombre de células, las organizaciones sociales, de hombres, etc.). La conducta de cada uno se explica por la estructura y los arreglos de los individuos inferiores que lo componen, o por cierto principio de equilibrio en homeóstasis de acuerdo con ciertos "estados"

que el individuo prefiere. La conducta se describe en términos de la restauración de estos estados preferidos cuando ellos son modificados por cambios sucedidos en el medio.

Un tercer fenómeno de importancia universal es el del crecimiento. En cierto sentido, la teoría del crecimiento puede ser considerada como una subdivisión de la teoría del comportamiento individual ya que el crecimiento es un importante aspecto de la conducta. Sin embargo, existen importantes diferencias entre la teoría de equilibrio y la teoría del crecimiento, lo que obliga a darle a la teoría del crecimiento una categoría especial. Difícilmente encontraremos una ciencia en que el fenómeno del crecimiento no posea alguna importancia, y aunque existe una gran diferencia entre el crecimiento de los cristales, de los embriones y de las sociedades, muchos de los conceptos que son importantes en los niveles inferiores, también proveen de ideas a los niveles superiores.

Un cuarto aspecto de la teoría del individuo y de sus interrelaciones, al cual puede dársele un tratamiento especial, es la *teoría de la información y de la comunicación*. El concepto de información desarrollado por Shannon ha tenido valiosas aplicaciones fuera de su campo original, la ingeniería eléctrica: se le aplica especialmente en las ciencias sociales (en el estudio de las organizaciones como redes de comunicación y centros de decisiones); en las ciencias biológicas (en el estudio del comportamiento del sistema nervioso, del cerebro, las neuronas, etc.) Es interesante observar que el proceso de conducta psíquica desarrollado por Freud puede ser perfectamente explicado en términos de comunicaciones entre el id, el ego y el superego. En el nivel biológico, el concepto de información puede servir para desarrollar nociones generales de estructuración y de mediciones abstractas de organización, lo que nos da una tercera dimensión básica, fuera de la masa y la energía. Los procesos de

comunicación e información se encuentran en una amplia gama de situaciones empíricas y son, sin duda alguna, esenciales para el desarrollo de organizaciones tanto en el mundo biológico como en el mundo social. Existen muchas definiciones de información, pero nosotros adoptaremos aquella que señala que *la información es una disminución de la incertidumbre*.

Un segundo enfoque posible para la teoría general de sistemas es ordenar los campos empíricos en una jerarquía de acuerdo con la complejidad de la organización de sus individuos básicos o unidades de conducta y tratar de desarrollar un nivel de abstracción apropiado a cada uno de ellos. Este es un enfoque más sistemático que el anterior y conduce a lo que se ha denominado "un sistema de sistemas".

Boulding⁹ presenta un ordenamiento jerárquico a los posibles niveles que determinan un ordenamiento de los diferentes sistemas que nos rodean. En este punto, nos limitaremos a indicar someramente los diferentes peldaños de la jerarquía, tema que trataremos con más detalles en el capítulo 2 al discutir los niveles de organización. La ordenación de Boulding es la siguiente:

- Primer nivel: *Estructuras estáticas* (ejemplo: el modelo de los electrones dentro del átomo).
- Segundo nivel: *Sistemas dinámicos simples* (ejemplo: el sistema solar).
- Tercer nivel: *Sistemas cibernéticos o de control* (ejemplo: el termostato).
- Cuarto nivel: *Los sistemas abiertos* (ejemplo: las células).
- Quinto nivel: *Genético Social* (ejemplo: las plantas).
- Sexto nivel: *Animal*

- Séptimo nivel: *El hombre*
- Octavo nivel: *Las estructuras sociales* (ejemplo: una empresa).
- Noveno nivel: *Los sistemas trascendentes* (ejemplo: lo absoluto).

Una ventaja que muestra esta jerarquía de sistemas es que nos da alguna idea sobre la presencia de vacíos presentes tanto en el conocimiento empírico como teórico. Por ejemplo, los modelos teóricos adecuados se extienden hasta el cuarto nivel (los sistemas abiertos) y no mucho más allá. El conocimiento empírico es deficiente, prácticamente en cada nivel. Dentro del nivel de las estructuras estáticas se encuentran disponibles modelos bastante adecuados y acabados tanto en geografía como en química, geología, anatomía y ciencias sociales descriptivas. Sin embargo, aun dentro de este nivel, el más simple, todavía está lejos de resolverse el problema de una adecuada descripción de las estructuras completas.

Más allá del segundo nivel, los modelos teóricos adecuados comienzan a escasear, aunque en los últimos años se ha observado un gran impulso en los niveles tres y cuatro. La teoría de los mecanismos de control se ha establecido como una nueva disciplina, a la vez que la cibernética y la teoría de los sistemas abiertos o sistemas que se automantienen, han hecho rápidos avances. Sin embargo, aparentemente, nos encontramos sólo en los comienzos.

Más allá del cuarto nivel podemos dudar que dispongamos de los rudimentos de sistemas teóricos. El complicado mecanismo del crecimiento, mediante el cual el complejo genético organiza las materias a su alrededor es casi un completo misterio. Frente a los sistemas estamos casi indefensos y sólo ocasionalmente podemos cooperar con sistemas que, básicamente, no comprendemos. Sin

⁹ Boulding, "The Image". Ann Arbor, The University of Michigan Press, 1956.

embargo, el futuro se encuentra abierto para que los hombres de ciencia, utilizando este nuevo enfoque, puedan avanzar en los modelos de comportamiento de niveles cada vez más superiores (y más complejos) de modo de explicarnos la conducta de esos sistemas con los consiguientes beneficios para el hombre y su comunidad.

Boulding denomina a la teoría general de sistemas el "Esqueleto de la Ciencia" en el sentido de que esta teoría busca un marco de referencia a una estructura de sistemas sobre el cual "colgar la carne y la sangre de las disciplinas particulares en el ordenado y coherente cuerpo de conocimientos".

1.3 Tendencias que buscan la aplicación práctica de la Teoría General de Sistemas

En los puntos anteriores discutíamos la Teoría General de Sistemas, tal como la plantean sus pioneros (Von Bertalanffy, Boulding y otros). A partir de esta teoría han surgido varias tendencias que buscan su aplicación práctica a través de las ciencias aplicadas. Por ejemplo, existe un buen número de nuevos desarrollos que intentan alcanzar el objetivo señalado más arriba. Entre otros, podemos enumerar los siguientes:

a) La Cibernética

Esta nueva ciencia, desarrollada por Norbert Wiener del MIT en su clásico libro "Cibemética",¹⁰ se basa en el principio de la retroalimentación (o causalidad circular) y de homeóstasis; explica los mecanismos de comunicación y control en las máquinas y los seres vivos que ayudan a comprender los comportamientos generados por estos sistemas que se caracterizan por sus propósitos, motivados por la búsqueda de

algún objetivo, con capacidades de auto-organización y de auto-control.

Según S. Beer, Wiener, al definir la cibernética como "la ciencia de la comunicación y el control en el animal y en la máquina", apuntaba a las leyes de los sistemas complejos que permanecen invariables cuando se transforma su materia. Considerándola en su sentido más amplio, Beer¹¹ la define como "la ciencia de la organización efectiva". Allí señala que las leyes de los sistemas complejos son invariables, no frente a las transformaciones de su materia, sino también de su *contenido*. *Nada* importa, dice Beer, que el contenido del sistema sea neurofisiológico, automotor, social o económico.

b) La Teoría de la Información

Esta introduce el concepto de información como una cantidad mensurable, mediante una expresión isomórfica con la entropía negativa en física. En efecto, los matemáticos que han desarrollado esta teoría han llegado a la sorprendente conclusión de que la fórmula de la información es exactamente igual a la fórmula de la entropía, sólo con el signo cambiado, de donde se deduce que:

$$\text{información} = - \text{entropía} \text{ o } \text{información} = \text{neguentropía}$$

Ahora bien, la entropía (positiva en física es una medida de desorden. Luego la información (o entropía negativa) o neguentropía es una medida de organización. En este sentido, es interesante observar una conclusión a que ha llegado J.J. Miller¹² que señala que, mientras más complejos son los sistemas (entendiéndose por complejidad el número posible de estados

¹⁰ N. Wiener, "Cybernetics", (Cambridge Mass MIT Press, 1961).

¹¹ S. Beer, "Práctica Cibernética en el Gobierno", (Santiago, CORVO 1973). Título original en inglés "Fanfare for Effect and Freedom". Conferencia dictada en Brighton, Inglaterra, en Febrero de 1973.

¹² J.J. Miller, "The Living Systems", Behavioral Sciences.

que puede presentar cada parre y el número de las posibles relaciones entre esas partes) mayor es la energía que dichos sistemas destinan tanto a la obtención de la información como a su procesamiento, decisión, almacenaje y/o comunicación.

c) La Teoría de los Juegos (o Games Theory)

Desarrollada por Morgenstein y, principalmente, por von Neuman, trata de analizar, mediante un novedoso marco de referencia matemática, la competencia que se produce entre dos o más sistemas racionales (o por parte de un sistema) antagonista, los que buscan maximizar sus ganancias y minimizar sus pérdidas (es decir, buscan alcanzar o "jugar" la estrategia óptima).

A través de esta técnica se puede estudiar el comportamiento de partes en conflicto, sean ellas individuos, oligopolios o naciones. Evidentemente, aun los supuestos sobre los cuales descansa esta teoría son bastante restrictivos (suponen conducta racional entre los competidores), sin embargo, su avance, es decir, la eliminación, o al menos, la extensión o mayor flexibilidad de los supuestos dependerá del avance realizado no sólo en este campo, sino en campos afines, como son la conducta o dinámica de grupos y, en general, la o las teorías que tratan de explicar y resolver (o predecir) los conflictos.¹³

d) La Teoría de la Decisión

En general, en este campo se han seguido dos líneas diferentes de análisis. Una es la Teoría de la Decisión misma, que busca analizar, en una forma parecida a la Teoría de los Juegos, la selección racional de alternativas dentro de las organizaciones o sistemas sociales. Se basa en el examen de un gran número

de situaciones y sus posibles consecuencias, determinando así (por procedimientos estadísticos, fundamentalmente basados en la toma de las probabilidades), una decisión que optimice el resultado.

La otra línea de análisis, encabezada básicamente por H.A. Simon, es el estudio de la "conducta" que sigue el sistema social, en su totalidad y en cada una de sus partes, al afrontar el proceso de decisiones. Esto ha conducido a una teoría "conductista" de la empresa¹⁴ a diferencia de la teoría económica, muy en boga entre los economistas que han desarrollado la teoría de la competencia perfecta y/o imperfecta (Boulding, Chamberling, y otros). En ella se estudia el comportamiento de estos sistemas sociales que se caracterizan por perseguir ciertos objetivos.

Esta aproximación ha modificado sustancialmente la teoría administrativa al describir el comportamiento de los centros de decisiones, enfatizando el problema de las comunicaciones y sus riesgos, etc.

e) La Topología o Matemática Relacional

La Topología ha sido reconocida como un área particular de las matemáticas en los últimos 50 años, y su principal crecimiento se ha originado dentro de los últimos 30 años. Es una de las nuevas ramas de las matemáticas que ha demostrado más poder y ha producido fuertes repercusiones en la mayoría de las antiguas ramas de esta ciencia y ha tenido también efecto importante en las otras ciencias, incluso en las ciencias sociales. Partió como una respuesta a la necesidad del análisis clásico del cálculo y de las ecuaciones diferenciales. Sin embargo, la topología no es una rama del análisis, sino una especie de

¹³ De hecho, y para indicar la relevancia que ha tomado el estudio de los conflictos, existe ya, por lo menos, una publicación especializada en este tema.

¹⁴ Ver por ejemplo a Cyert y March: "A Behavioral Theory of the Firm" (Englewood-Cliffs, Prentice-Hall Inc. 1963).

geometría, una geometría más bien de pensamiento geométrico basado en la prueba de la existencia de un cierto teorema, en campos tales como las redes, los gráficos, los conjuntos.

Su aplicación al estudio de las interacciones entre las partes de los sistemas (sociales o de otro tipo) se hace evidente. Por ejemplo, L. Spier¹⁵ expresa la teoría de los gráficos como un método para comprender la conducta administrativa. Señala que es una gran ayuda para ilustrar las propiedades estructurales de un problema administrativo, o de una estructura organizacional y las propiedades de las conexiones entre sus partes.

f) El Análisis Factorial

Es decir el aislamiento, por medio del análisis matemático, de los factores en aquellos problemas caracterizados por ser multivariantes.

Su aplicación se ha concentrado en diferentes áreas; dentro de las ciencias sociales especialmente en psicología. En esta ciencia, este planteamiento trata de determinar las principales dimensiones de los grupos (por ejemplo, en el estudio de la dinámica de grupos), mediante la identificación de sus elementos claves. Esto significa que se puede medir en un gran grupo una cantidad de atributos y determinar un número bastante más limitado de dimensiones independientes, por medio de las cuales pueda ser más económico y funcionalmente definido medir cualquier grupo particular de una población grupal mayor. En la dinámica de grupos se define como "sintalidad" lo que el término de *personalidad* define en el individuo. Los factores principales

15 Spier. "Graph Theory as a Method for Exploring Business Behavior" en J. W. Mc Guire *Interdisciplinary Studies in Business Behavior*; (Chicago, South Western Pub. Co. 1962, pp. 10-98.

encontrados por los psicólogos sociales que apoyan este enfoque son los de energía, habilidad y dirección.¹⁶

g) La Ingeniería de Sistemas

Se refiere a la planeación, diseño, evaluación y construcción científica de sistemas hombre-máquina. El interés teórico de este campo se encuentra en el hecho de que aquellas entidades cuyos componentes son heterogéneos (hombres, máquinas, edificios, dinero y otros objetos, flujos de materias primas, flujos de producción, etc.) pueden ser analizados como sistemas o se les puede aplicar el análisis de sistemas.

La Ingeniería de sistemas de acuerdo con Hall¹⁷ es una parte de la técnica creativa organizada que se ha desarrollado¹⁸ como una forma de estudiar los sistemas complejos (especialmente industriales). El aumento de la complejidad se pone de manifiesto con el creciente número de interacciones entre los miembros de una población en crecimiento, la acelerada división del trabajo y la especialización de las funciones, el empleo creciente de las máquinas que reemplazan a la mano de obra, con el consiguiente aumento de la productividad y la creciente velocidad y volumen en las comunicaciones y transporte.

h) La Investigación de Operaciones

Es el control científico de los sistemas existentes de hombres, máquinas, materiales, dinero, etc. Quizás la definición más

¹⁶ M. y H. Knowles, op. cit. p. 21. Ejemplos de estas aplicaciones en el campo del estudio de la dinámica de grupos son entre otros "Las Dimensiones de la Sintalidad de los Pequeños Grupos" por R.B. Cattell, D.P. Saunders y G.F. Stice, *Man and Relations*, 1953, VI, 331, "La Emergencia de la Dirección en Pequeños Grupos Temporales de Seres Humanos" por C.A. Gibb, disertación doctoral inédita, Universidad de Illinois, 1949.

¹⁷ A. D. Hall "Ingeniería de Sistemas" (México, CECSA ed. 1964).

¹⁸ Según Hall, las partes en que se divide la técnica creativa organizada son 1) La investigación, 2) La ingeniería de Sistemas; 3) Los desarrollos; 4) La Manufactura y 5) su operación.

moderna y avanzada en este campo sea la de Staffor Beer, uno de los primeros participantes en el Operational Research, que se creó en Inglaterra durante la Segunda Guerra Mundial, y que, formado por sabios y técnicos de las diferentes ramas del saber, se enfrentó y resolvió problemas particulares presentados por las fuerzas armadas.

Beer define a la investigación de operaciones como: "El ataque de la ciencia moderna a los complejos problemas que surgen de la dirección y la administración de los grandes sistemas compuestos por hombres, máquinas, materiales y dinero en la industria, el comercio, el gobierno y la defensa. Si enfoque distintivo es el desarrollo de un modelo científico del sistema incorporando factores tales como el azar y el riesgo, con los cuales predecir y comparar los resultados de las diferentes decisiones, estrategias o controles alternativos. El propósito es ayudar a la administración a determinar su política y sus acciones de una manera científica¹⁹. Esta definición después de muchas consultas con los principales expertos británicos en este campo fue adoptada por la "Operational Research Society of Great Britain".

¹⁹ S. Beer, "Decision and Control", (London, John Wiley And Sons Inc., 1970), p. 92.