

La teoría general de sistemas: La estructura interna de la ciencia¹ Keneth E. Boulding²

Traducido del inglés por Néstor William Botero Duque³

||| POLITÉCNICA No. 4 | Medellín, mayo - julio de 2007, pp. 103-115

¹ El artículo original del autor apareció en la Revista Management Science, Vol 2, 1956 pp. 197-208. Hemos decidido publicarlo por haber sido un artículo pionero en el desarrollo de la Teoría General de Sistemas, la cual ha avanzado bastante desde el momento de su publicación original.

² Economista de profesión, fue uno de los pioneros en el desarrollo de la Teoría General de Sistemas, junto con el llamado padre de esta concepción Ludwig von Bertalanffy y otros teóricos como Talcott Parsons, W. Churchman, Alfred Emerson, Anatol Rapoport y otros.

³ Licenciado en Filosofía y Letras de la Universidad Pontificia Bolivariana. Máster en Administración de EAFIT. Docente Universitario. Actual Coordinador de la oficina de Graduados del Politécnico Colombiano Jaime Isaza Cadavid.

Resumen

El artículo, cuya traducción se presenta, fue escrito originalmente por uno de los pioneros del desarrollo de la TEORÍA GENERAL DE SISTEMAS y del pensamiento sistémico en general. Luego de unas consideraciones amplias sobre el tema, propone su autor una consideración jerárquica de niveles que va, desde el nivel de los sistemas estáticos, hasta llegar a los complejos niveles de la vida, de la vida humana y las sociedades. Toda esta consideración le sirve a su autor para mostrar los insuficientes desarrollos de las ciencias para abordar los distintos niveles de la realidad empírica y, por supuesto, para destacar la importancia de la T.G.S. para el logro de nuevos marcos de un conocimiento adecuado.

Palabras Clave

Sistema
Sistémico
Teoría General
Interdisciplinas
Complejidad
Jerarquía
Estructura
Armazón

Abstract

The translation of the article that we are presenting, was written by one of the pioneers in the development of the GENERAL SYSTEMS THEORY and the systemic thought as well. After a wide consideration of the item, his author proposes a hierarchical levels view, being the first one that of the static systems and going through as far as reaching the complex levels of life, human life and societies. Based on this considerations his author shows the low levels reached in the development of sciences to tackle the different levels of the empirical world and also to emphasize the importance of the General Systems Theory for the construction of new frameworks for an adequate knowledge.

Key Words

System
Systemic
General Theory
Interdisciplines
Complexity
Hierarchy
Structure
Framework



La teoría general de sistemas: La estructura interna de la ciencia

Keneth E. Boulding

Traducido del inglés por Néstor William Botero Duque

||| POLITÉCNICA No. 4 | Medellín, mayo - julio de 2007, pp. 102-114

Teoría general de sistemas es una expresión que se ha venido utilizando para describir el nivel de construcción de un modelo teórico que se encuentra en alguna parte, entre las construcciones altamente generalizadas de las matemáticas puras y las teorías específicas de las disciplinas especializadas. Las matemáticas apuntan a la organización de relaciones altamente generales en un sistema coherente, sistema que, no obstante, no tiene ningún tipo de conexiones necesarias con el mundo que lo rodea. Estudian todas las relaciones pensables, abstraídas de cualquiera situación concreta o de un conjunto de conocimientos empíricos. No se encuentran confinadas únicamente a las relaciones cuantitativas, definidas en sentido estricto, aceptando que el desarrollo de las matemáticas de la cualidad y de la estructura se encuentran ya en camino, aunque no estén tan avanzadas como las matemáticas de la cantidad y de los números. Sin embargo, en cierto sentido, se podría entender que las matemáticas contienen todas las teorías; pero, lo cierto es que no contienen ninguna: ellas son el lenguaje de la teoría, no nos proporcionan ningún contenido. En el otro extremo, tenemos las disciplinas y ciencias particulares, cada una con sus propios conjuntos de teorías. Cada disciplina corresponde a un cierto segmento del mundo empírico y cada una desarrolla las teorías que

tengan aplicación a ese su segmento empírico. Física, Química, Biología, Psicología, Sociología, Economía, etc., cada una esculpe, para ella misma, ciertos elementos de la experiencia humana y desarrolla teorías y patrones de actividad (investigación) que producen satisfacción al entendimiento y que son apropiadas para sus respectivos segmentos especiales.

En los últimos años, se ha sentido una creciente necesidad de unos constructos teóricos sistémicos⁴ que habrán de tratar acerca de las relaciones generales que se dan en el mundo empírico. Esa es la tarea de la T.G.S. No busca establecer una teoría particular que comprenda prácticamente todas las cosas, ni reemplazará todas las teorías especiales de las disciplinas particulares. Tal teoría carecería, casi por completo, de algún contenido, lo que significaría que sacrificaríamos el contenido por la generalidad, y que permitiría que dijéramos prácticamente todo acerca de nada. En algún lugar, entre lo específico sin significado y lo general sin contenido, debe haber, para cada propósito y para cada nivel de abstracción, un grado óptimo de generalidad. El argumento de los teóricos de los sistemas generales, es que este grado óptimo de generalidad en la teoría, no siempre es alcanzado por las ciencias particulares.

Los objetivos de la T.G.S. pueden proponerse, entonces, con grados variables de am-

⁴Traducimos la palabra "systematic", que utiliza el autor, por "sistémico" la cual ha sido posteriormente de uso más preciso para referirse a las propiedades de los sistemas, pero que Boulding, en sus primeras aproximaciones al concepto de sistema, no conoció.

bición y de confiabilidad. En un nivel bajo de ambición, con un alto grado de confiabilidad, apunta a destacar las similitudes en las construcciones de las diferentes disciplinas en las cuales existen, y a desarrollar modelos teóricos que tengan aplicación a, por lo menos, dos campos diferentes de estudio. En un alto nivel de ambición, pero, quizás, en un más bajo nivel de confiabilidad, se espera el desarrollo de algo así como un "espectro" de teoría –un sistema de sistemas que pueda desempeñar la función de la "gestalt" en construcciones teóricas. Tales "gestalts", en campos especiales, han sido de gran valor en la dirección u orientación de investigaciones de lagunas o lados oscuros que ellos muestran. Así, por ejemplo, como en el caso de la tabla periódica de los elementos en química, fue una investigación orientada, durante varias décadas, al descubrimiento de elementos desconocidos para abordar las lagunas que existían, hasta que se completó definitivamente la tabla. De manera similar, un "sistema de sistemas" puede ser de gran valor en la orientación de los teóricos hacia las lagunas de los modelos teóricos y puede ser, aún de mayor valor, para señalar los métodos para solucionarlas.

La necesidad de una teoría general de sistemas se acentúa por la actual situación sociológica de la ciencia. El conocimiento no es algo que exista y crezca en abstracto. Es una función de los organismos humanos y de la organización social. El conocimiento es siempre, por decirlo así, lo que alguien conoce. La más perfecta transcripción escrita del conocimiento no es conocimiento, si nadie conoce nada de ello. El conocimiento crece por la recepción de información significativa, esto es, por la asimilación de mensajes que un conocedor está en capacidad de reorganizar ese conocimiento. Rápidamente nos desgastaríamos en cuestiones tales como qué reorganizaciones constituyen crecimiento del conocimiento, definiendo "crecimiento se-

mántico" del conocimiento como aquellas reorganizaciones de las que puede hablar provechosamente, de manera oral o escrita, la gente bien formada. La ciencia es aquello de lo que pueden hablar provechosamente los científicos en su papel de tales. La crisis de la ciencia hoy, se presenta debido a la creciente dificultad de esa conversación provechosa entre los científicos en su totalidad. La especialización ha excedido los límites de su propio asunto; la comunicación entre las disciplinas se ha convertido en algo altamente difícil y la "República del aprendizaje" está irrumpiendo en subculturas aisladas con sólo tenues líneas de comunicación entre ellas –situación que amenaza una guerra civil intelectual. La razón de esta separación en el campo del conocimiento es que, en el curso de la especialización, los receptores de información acaban, ellos mismos, especializados. Así, los físicos sólo hablan a los físicos, los economistas, a los economistas y, peor aún: los físicos nucleares sólo hablan a los físicos nucleares y los econométristas, a los econométristas. Se pregunta uno, a veces, si la ciencia no llegará a detenerse en un conjunto de celdas encerradas entre sus propias paredes, en las que cada quien mascullará para sí mismo palabras en un lenguaje privado que sólo cada quien podrá entender.

En nuestros días, las artes podrían haber empujado a las ciencias a este desierto de mutua ininteligibilidad, lo cual puede haber sido debido únicamente a que las veloces intuiciones de las artes alcanzan el futuro de manera más rápida que el caminar pausado del conocimiento científico. Muchas ciencias se disgregan en subgrupos y una menor posibilidad de comunicación se hace posible entre las disciplinas, a pesar de que la mayor posibilidad del crecimiento total del conocimiento ha bajado su velocidad por la pérdida de una comunicación importante. La amplitud de la sordera especializada, significa que alguna persona, que debería conocer algo que alguien



más conoce, no está en capacidad de alcanzarlo debido a la falta de oídos generalizados.

Uno de los objetivos principales de la T.G.S. es el de desarrollar estos oídos generalizados y, por medio de una estructura de teoría general, el de capacitar a un especialista para recibir comunicación importante de otros campos. Así, el economista que se da cuenta de la fuerte similitud formal entre la teoría de la utilidad en economía y la teoría del campo en la física, se encuentra, seguramente, en una mejor posición para aprender de los físicos, que quien no lo está. De igual manera, un especialista que trabaja con el concepto de crecimiento –bien sea éste especializado en cristalografía, citología, virología, fisiólogo, psicólogo, sociólogo o economista- será más sensible a las contribuciones de otros campos, si él es consciente de las muchas similitudes del proceso del crecimiento en campos empíricos ampliamente diferentes.

No hay mucha duda acerca de la demanda que existe de una T.G.S., bien que se dé con un rótulo u otro. Un poco más difícil es buscar en el campo de la oferta. ¿Se da allí alguna y dónde está? ¿Cuál es la posibilidad de obtener más de esto y cómo? La situación puede describirse como prometedora y en fermento, a pesar de que no hay una total claridad acerca de lo que se promete o se ofrece. Algo que podría llamarse “movimiento interdisciplinario” se ha anticipado hace algún tiempo. Los primeros signos de este movimiento han sido el desarrollo de disciplinas híbridas. Así, la fisicoquímica nació en el tercer cuarto del siglo XIX, la psicología social en el segundo cuarto del siglo XX. En lo que respecta a las ciencias físicas y biológicas, la lista de disciplinas híbridas es actualmente bastante amplia –biofísica, bioquímica, astrofísica- todas ellas bien definidas. En las ciencias sociales, la antropología está bastante bien establecida. La psicología económica y la sociología económica, apenas empiezan. Aún hay signos de que

la economía política, que murió en su infancia cientos de años atrás, pueda renacer.

En los últimos años se ha dado un desarrollo adicional de gran interés en la forma de “interdisciplinas multisexuales”. Las disciplinas híbridas, como lo indican sus nombres unidos por guiones, vienen de dos respetables y honestos padres académicos. Las interdisciplinas más nuevas tienen un ancestro mucho más variado y, ocasionalmente aún, mucho más oscuro y resultan de la reorganización de material proveniente de muchos campos de estudio diferentes, por ejemplo, surgen de: la ingeniería eléctrica, la neurofisiología, la física, la biología y, aún, de una pequeña cantidad de economía. La teoría de la información, que se origina en la ingeniería de las comunicaciones, tiene aplicaciones importantes en muchos campos que tocan, desde la biología, hasta las disciplinas sociales. La teoría de la organización viene de la economía, la sociología, la ingeniería, la fisiología. Así como la ciencia de la gerencia es igualmente un producto interdisciplinario.

El plano más empírico y práctico del movimiento interdisciplinario, se ve reflejado en el desarrollo de muchas clases de institutos interdepartamentales. Algunos de estos, encuentran la base de su unidad en el campo empírico objeto de estudio, como los institutos de relaciones industriales, de información pública, de asuntos internacionales, etc. Otros están organizados alrededor de una metodología común para muchos campos y problemas diferentes, tales como el Centro de Investigación de Mediciones, el Centro del Grupo de estudios de Dinámica de la Universidad de Michigan.

Más importante aún que estos desarrollos visibles, quizás, a pesar de ser más difícil de percibir y de identificar, son los que provienen de la creciente insatisfacción en muchos departamentos, especialmente en los niveles de posgrado, con los antecedentes teóricos tradicionales exis-

tentes para los estudios empíricos, los cuales constituyen la mayor parte de las propuestas de tesis en los programas de Ph.D. Sólo un ejemplo del campo en que estoy más familiarizado: es tradicional en los estudios de relaciones laborales, moneda y banca e inversión extranjera, que salgan del departamento de economía. Muchos de los modelos y estructuras teóricas requeridos en estos campos, no obstante, no salen de la teoría económica, tal como se enseña, sino de la sociología, de la psicología social y de la antropología. Los estudiantes del departamento de economía, rara vez tienen la oportunidad de familiarizarse con estos modelos teóricos que pueden ser importantes para sus estudios y se impacientan con la teoría económica que les resulta ser de poca relevancia.

Es claro que existe mucho entusiasmo interdisciplinario por fuera. Si este entusiasmo quiere ser productivo, deberá operar dentro de ciertos marcos de coherencia. Es bastante fácil que lo interdisciplinario degenera en la no existencia de disciplina alguna. Si, por ello, el movimiento interdisciplinario no está dispuesto a perder aquel sentido de forma y estructura que constituyen la disciplina involucrada en las varias disciplinas separadas, deberá desarrollar su propia estructura. Esto lo concibo yo como la gran tarea de la T.G.S. Por esto, en el resto de este artículo propongo mirar algunos medios posibles para la estructuración de esa T.G.S.

Dos posibles acercamientos a la organización de la T.G.S. que deben pensarse como complementarios, más que como autónomos, o, al menos, como dos caminos que vale la pena explorar. El primero consiste en mirar el universo empírico y escoger ciertos fenómenos generales que se encuentran en muchas de las diferentes disciplinas y buscar la manera de construir modelos teóricos generales importantes para estos fenómenos. El segundo acercamiento consiste en ordenar los campos empíricos en una jerar-

quía de complejidad de organización del comportamiento de su "individuo" o unidad, y tratar de desarrollar un nivel de abstracción apropiado para cada uno.

Algunos ejemplos del primer acercamiento servirán para clarificar esto, sin la pretensión de ser exhaustivos. En casi todas las disciplinas, por ejemplo, encontramos ejemplos de poblaciones –agregación de individuos que se conforman a una definición común, a la cual los individuos se agregan (nacen) o se sustraen (mueren) y en la cual la edad de los individuos es una variable relevante e identificable. Estas poblaciones exhiben sus propios movimientos dinámicos, los cuales pueden describirse frecuentemente por sistemas simples de ecuaciones diferenciales. Las poblaciones de diferentes especies exhiben también interacciones dinámicas entre ellas, como en la teoría de Volterra. Los modelos de cambio poblacional e interacción se presentan en diferentes campos –sistemas ecológicos en biología, la teoría del capital en economía que tiene que ver con poblaciones de mercancías, ecología social, y, aún, en ciertos problemas de mecánica estadística. En todos estos campos, el cambio poblacional, tanto en números absolutos, como en estructura, pueden ser discutidos en términos de funciones de nacimiento y supervivencia, relacionando el número de nacimientos o de muertes en grupos específicos de edades en relación con varios aspectos del sistema. En todos estos campos, la interacción de población puede discutirse en términos de relaciones de oposición, de complementación o parasitarias, entre las poblaciones de diferentes especies, ya sea que ellas consistan en especies animales, bienes, clases sociales o moléculas.

Otro fenómeno de una significación casi universal para todas las disciplinas, es el de la interacción del individuo de una clase dada con su entorno. Cada una de las disciplinas estudia alguna clase de "individuo" –electrón, átomo, molé-

cula, cristal, virus, célula, planta, animal, hombre, familia, tribu, Estado, iglesia, empresa, universidad, etc. Cada uno de estos individuos muestra un comportamiento, acción o cambio y se considera que este comportamiento está relacionado, de alguna manera, con el entorno del individuo –es decir, con otros individuos con los cuales entra en contacto o conforma algunas relaciones. Se piensa a cada individuo como consistente en una estructura o complejidad de individuos de un orden inmediatamente inferior a él- los átomos están conformados por protones y electrones; las moléculas lo son de átomos; las células, de moléculas; las plantas, los animales y los hombres, de células; las organizaciones sociales, de hombres. El comportamiento de cada individuo se explica por la estructura y la configuración de individuos de más baja escala de los que están compuestos, o por ciertos principios de equilibrio u homeostasis, de acuerdo con los cuales ciertos “estados” son preferidos por el individuo. El comportamiento se describe en términos de restauración de estos estados preferidos cuando ellos son perturbados por cambios del entorno.

Otro fenómeno, también, de significación universal es el del crecimiento. La teoría del crecimiento es, de cierta manera, una subdivisión de la teoría del comportamiento individual: el crecimiento es un aspecto importante del comportamiento. No obstante, hay diferencias importantes entre la teoría del equilibrio y la teoría del crecimiento, la cual, posiblemente, sería como garante al dar a la teoría del crecimiento una especial categoría. Es difícil encontrar una ciencia en la cual el fenómeno del crecimiento no tenga alguna relevancia y, aun así, hay una gran diferencia en complejidad entre el crecimiento de los cristales, los embriones y las sociedades. Muchos de los principios y conceptos que son importantes en los niveles más bajos, están también iluminando los niveles superiores. Algunos fenómenos del crecimiento pueden ma-

nejarse en términos de modelos de población relativamente simples, la solución de los cuales produce curvas de variables singulares. En los niveles más altos de lo complejo, los problemas de estructura se convierten en dominantes y las interrelaciones complejas entre el crecimiento y la forma, captan todo el interés. Todos los fenómenos de crecimiento son suficientemente semejantes, no obstante; esto hace pensar que una teoría general del crecimiento no es, de ninguna manera, imposible.

Otro aspecto de la teoría de lo individual y de las interrelaciones entre individuos, que debe ser destacado para darle un tratamiento especial, es la de la teoría de la información y de la comunicación. El concepto de información, tal como fue desarrollado por Shannon, ha tenido aplicaciones interesantes por fuera de su campo original: la ingeniería eléctrica. No es adecuado, por supuesto, el tratar con problemas que involucran niveles semánticos de comunicación; a nivel ecológico, sin embargo, el concepto de información puede servir para desarrollar nociones generales de estructura y medidas abstractas de organización, que nos dan, algo así, como una tercera dimensión básica, más allá de la masa y la energía; los procesos de comunicación y de información se encuentran en una amplia variedad de situaciones empíricas y son, sin ninguna duda, esenciales en el desarrollo de la organización, tanto en el mundo biológico como social.

Estos diferentes acercamientos a la teoría general de sistemas, a través de variados aspectos del mundo empírico, puede conducir, finalmente, a algo así como a una teoría general del campo de la dinámica de la acción y la interacción. Pero, esto está mucho más allá.

Un segundo acercamiento posible a la T.G.S. es el que se presenta a través de la conformación de sistemas teóricos y constructos en jerarquías de complejidad que, un poco aproximado, corresponden a la complejidad de los individuos



de varios campos empíricos. Este acercamiento es más sistémico que el anterior, pues, conduce a un sistema de sistemas, no reemplaza completamente al primero, puesto que siempre deben existir conceptos teóricos importantes y constructos que yacen por fuera de la estructura sistémica. Sugiero, a continuación, la conformación de niveles de discurso teórico.

i) El primer nivel es el de la estructura estática. Puede llamarse nivel de la armazón. Es la geografía y anatomía del universo -los patrones de los electrones alrededor del núcleo, el patrón de los átomos en un arreglo determinado, la conformación de los átomos en un cristal, la anatomía del gen, la célula, la planta, el animal, el trazado del mapa tierra, el sistema solar, el universo astronómico. La precisa y detenida descripción de estas armazones es el comienzo del conocimiento teórico organizado en cualquier campo. Sin esta detenida y cuidadosa descripción de las relaciones estáticas, no será posible una precisa teoría funcional o dinámica. Así, la revolución copernicana fue realmente el descubrimiento de una nueva armazón estática para el sistema solar, la cual permitió una descripción más simple de su dinámica.

ii) El siguiente nivel del análisis sistémico, es el del sistema dinámico simple, con movimientos necesarios predeterminados. Puede llamarse a este nivel el de relojería. El sistema solar es, por supuesto, el gran reloj del universo, desde el punto de vista del hombre y las encantadoramente exactas predicciones de los astrónomos son un testimonio de la excelencia del reloj que ellos estudian. Máquinas simples, como las palancas y las poleas, y aun, máquinas más complicadas como las máquinas de vapor y los dinamos entran en esta categoría. Gran parte de las estructuras teóricas en física, química y

aún en economía, entran también en esta categoría. Se pueden resaltar dos casos: los sistemas de equilibrio simple, entran realmente en la categoría de los sistemas dinámicos, puesto que todo sistema de equilibrio debe ser considerado como un caso límite de un sistema dinámico y su estabilidad sólo puede ser determinada a partir de las propiedades dinámicas del sistema al que pertenece. Los sistemas dinámicos estocásticos que se orientan hacia el equilibrio, debido a su complejidad, también entran en este grupo de sistemas: así, el caso de la visión moderna del átomo, y aún de la molécula, en donde cada posición o parte en el sistema viene dada con un cierto grado de probabilidad, pero que, como una totalidad, muestra una determinada estructura. Dos clases de métodos son aquí importantes, a los cuales podemos llamar, según su uso en economía, el de la estadística comparada y el del equilibrio estacionario. En el primero, se comparan dos posiciones de equilibrio del sistema con valores diferentes para sus parámetros básicos. Estas posiciones de equilibrio se expresan, generalmente, como la solución de un conjunto de ecuaciones simultáneas. Este método de la estadística comparada se utiliza para comparar las soluciones cuando se han cambiado los parámetros de las ecuaciones. Buena parte de los problemas de la mecánica elemental se solucionan por esta vía. En el segundo método, por el contrario, se muestra el sistema como un conjunto de ecuaciones diferenciales que se solucionan en la forma de una función explícita de cada variable con el tiempo. Tal sistema puede alcanzar una posición de equilibrio estacionario o no alcanzarla -hay muchos ejemplos de sistemas dinámicos explosivos, siendo uno de ellos el de una determinada suma de dinero colocado a interés compuesto! Buena parte de las reacciones físicas y químicas, así como de los sistemas

⁵El autor utiliza tres palabras de significación bastante parecida en inglés, a las cuales traducimos así: skeleton, que se encuentra en el título del artículo, como "estructura interna"; framework, como "armazón"; y structure como "estructura".



sociales, exhiben esta tendencia al equilibrio –de otra forma, el mundo habría presentado una gran explosión o una implosión hace mucho tiempo.

iii) El siguiente nivel es el del mecanismo de control o sistema cibernético, el cual puede ser rotulado como nivel del termostato. Difiere de los dos sistemas de equilibrio simple, por el hecho de que la transmisión e interpretación de información es una parte importante del sistema. Como resultado de esto, la posición de equilibrio no está únicamente determinada por las ecuaciones del sistema, sino que el sistema se moverá hacia la mantención de cualquier equilibrio señalado, dentro de ciertos límites. Así, el termostato mantendrá cualquier temperatura que se le haya asignado; la temperatura de equilibrio del sistema no está determinada de manera única por sus ecuaciones. La cuestión aquí es, por supuesto, que la variable esencial del sistema dinámico está dada por la diferencia entre un valor asignado a la variable de mantención y su valor ideal. Si esta diferencia no es cero, el sistema se mueve hacia su disminución; así, el horno envía calor cuando la temperatura registrada es “muy frío” y se apaga, luego, cuando la temperatura registrada es “muy caliente”. El modelo de homeostasis, de bastante importancia en fisiología, es un ejemplo de un mecanismo cibernético. Tales mecanismos existen a lo largo y ancho del mundo empírico del biólogo y del científico social.

iv) El cuarto nivel es el del sistema abierto o estructura con automantención. Es el nivel en el cual la vida comienza a diferenciarse de la no vida. Este puede llamarse el nivel de la célula. Por supuesto, debe haber algo de apertura en los sistemas de equilibrio físico-químico; las estructuras atómicas se automantienen en medio del tráfago de los electrones y las estructuras moleculares se automantienen en medio del tráfago de los átomos. Las llamas y los ríos, de igual manera, son sistemas abiertos, aunque

de una clase muy simple. Tan pronto como ascendemos en la escala de la complejidad de la organización hacia los sistemas vivos, no obstante, la propiedad de automantención de la estructura en medio del tráfago de lo material, se convierte en algo de capital importancia. Un átomo o una molécula pueden, presumiblemente, existir sin tráfago; la existencia de los más simples organismos vivos es inconcebible sin la ingestión, la excreción y el cambio metabólico. Estrictamente ligada a esta propiedad de automantención, está la propiedad de la autorreproducción. Puede ser, es cierto, que la autorreproducción sea de un sistema más primitivo o de más bajo nivel que el sistema abierto y que el gen o el virus, por ejemplo, puedan ser capaces de reproducción, sin ser sistemas abiertos. No es una cuestión importante, quizás, en qué punto de la escala de la complejidad creciente empieza la vida; lo que queda claro es que, desde el momento en que los consideramos sistemas, los cuales se autorreproducen y se automantienen en medio del tráfago de la materia y la energía, estamos frente a algo a lo que será difícil negarle el título de ser vivo.

v) El quinto lo podemos llamar nivel genético-societal. Está tipificado por la planta y constituye el mundo empírico del botánico. Las características más sobresalientes del sistema son: primera, la división del trabajo entre las células para conformar una sociedad celular con partes diferenciadas y mutuamente dependientes (raíces, hojas, semillas, etc.) y, segunda, una marcada diferenciación entre el genotipo y el fenotipo, asociada con el fenómeno del crecimiento orientado a una forma final. En este nivel, no hay órganos sensoriales altamente especializados y los receptores de esta información son difusos o incapaces de captar el bullir de la información –es dudoso si un árbol, más allá de la luz y la oscuridad, podrá captar lo que son los días largos o cortos o el calor y el frío.

vi) Tan pronto nos movemos hacia arriba, desde el mundo de la planta hacia el reino animal, gradualmente pasamos a un nuevo nivel, el nivel animal, caracterizado por una creciente movilidad, un comportamiento teleológico y la autoconciencia. Tenemos acá el desarrollo de receptores de información especializados (ojos, oídos, etc.) orientados a acrecentar la captación de información en unas estructuras de conocimiento o de imagen. Si ascendemos cada vez más en la escala de la vida animal, el comportamiento va siendo, no una respuesta a estímulos dados, sino a una "imagen", una estructura de conocimiento o de una visión del entorno como totalidad.

La imagen, por supuesto, está determinada, en última instancia, por la información recibida en el organismo; la relación entre la recepción de información y la construcción de una imagen, es altamente compleja. No es simplemente la agregación o acumulación de información recibida, aunque esto ocurra con frecuencia, sino la estructuración de la información en algo esencialmente diferente de la información misma. Después de que la estructura de la imagen queda bien establecida, gran parte de la información recibida produce muy pequeños cambios en la imagen -llega hasta la imagen estructurada, sin golpearla siquiera, de la misma manera que una partícula subatómica puede llegar hasta un átomo sin perturbarlo- a veces, sin embargo, la información es captada por la imagen e incorporada a ella y, otras veces, la información golpea una especie de "núcleo" de la imagen y, en tal caso, se produce la reorganización, con cambios radicales y de largo alcance en el comportamiento, como respuesta aparente a lo que parecería ser un pequeño estímulo. Las dificultades para la predicción del comportamiento de estos sistemas, se vuelve intensamente difícil debido a esta información de la imagen entre el estímulo y la respuesta.

vii) El siguiente, es el nivel de lo humano,

del ser humano individual considerado como un sistema. Además de todas, pero muy cercana a todas las características de los sistemas animales, el hombre posee autoconciencia, la cual es diferente del mero darse cuenta de algo. Su imagen, además de ser mucho más compleja que aquella de los aun más elevados sistemas animales, tiene una cualidad autorreflexiva -no sólo sabe, sino que sabe que sabe -esta propiedad está probablemente ligada estrechamente al fenómeno del lenguaje y de la civilización. Es la capacidad del habla -habilidad para producir, absorber, e interpretar símbolos como opuesto a los mejores signos como el grito de aviso de un animal -lo que más claramente ubica al hombre por fuera de su humillante postura. El hombre se distingue también de los animales por su imagen mucho más elaborada del tiempo y de las relaciones; es, probablemente, el hombre la única organización que sabe que es mortal, que contempla en su comportamiento una extensión de su vida total y algo más que eso. El hombre existe, no sólo en el tiempo, como en el espacio, sino también en la historia y su comportamiento se ve afectado por la visión del proceso del tiempo en el cual se encuentra.

viii) Debido a la importancia vital de las imágenes simbólicas y de los comportamientos basados en ellas para el hombre individual, no es fácil separar claramente el nivel del organismo humano individual del siguiente nivel: el de las organizaciones sociales. A pesar de las historias ocasionales de los niños fieras criados por animales, el hombre aislado de sus semejantes es prácticamente desconocido. Tan esencial es la imagen simbólica para el comportamiento humano, que uno sospecha que el hombre completamente aislado no sería humano, en el sentido usualmente aceptado, aunque sería potencialmente humano. No obstante, es conveniente, para algunos propósitos, distinguir al individuo humano como un

sistema, de los sistemas sociales que lo rodean y, de esta manera, se puede afirmar que las organizaciones sociales constituyen otro nivel de organización. La unidad de tales sistemas no es de pronto la persona -el individuo humano como tal- sino el "rol" o papel -esa parte de la persona que tiene que ver con la organización o situación a que nos referimos, y se tiende a definir las organizaciones sociales, o cualquier sistema social, como un conjunto de roles, ligados entre sí por canales de comunicación. Las interrelaciones entre el rol y la persona no pueden ser nunca menospreciadas; una persona, en el desempeño de un rol, puede convertirse en un insignificante jugador de ese papel, pero, también, podrá hacerlo de manera bien apropiada; la percepción del rol se afecta por la personalidad de aquellos que lo han desempeñado en el pasado. En este nivel, debemos involucrarnos nosotros mismos con el contenido y significado de los mensajes, la naturaleza y dimensiones de los sistemas de valores, la transcripción de las imágenes a una tradición histórica, las sutiles simbolizaciones del arte, la música, la poesía, y toda la gama compleja de las emociones humanas. El universo empírico aquí es la vida humana y la sociedad en toda su complejidad y riqueza.

ix) Para completar la estructura de los sistemas, debemos añadir una pequeña torrecita para los sistemas trascendentales, aunque podamos ser acusados en este punto de haber construido una torre de Babel hasta las nubes. Existen, sin embargo, las cuestiones últimas, los absolutos y los no faltantes "incognoscibles", los cuales muestran también estructura sistémica y relaciones. Será un día muy triste para el hombre aquél en que a nadie se permita formular preguntas de aquellas para las que no hay respuestas. Una ventaja de describir una jerarquía de sistemas en esta forma, es que nos da una idea de los actuales vacíos, tanto en el co-

nocimiento teórico, como empírico. Los modelos teóricos adecuados, cubren hasta el cuarto nivel, pero no van más allá. El conocimiento empírico es deficiente en prácticamente todos los niveles, así, en el nivel de la estructura estática, algunos modelos descriptivos medianamente adecuados se encuentran disponibles para geografía, química, geología, anatomía y las ciencias sociales descriptivas. Aun en este nivel el más simple de todas, el problema de la descripción de estructuras complejas, está sin resolverse. Los libreros son bastante buenos para catalogar libros; los químicos han empezado a catalogar fórmulas abstractas y los antropólogos han empezado a catalogar pistas. El catalogar eventos, ideas, teorías, estadísticas y datos empíricos ha empezado difícilmente. La abundante multiplicación de registros, sin embargo, en la medida en que el tiempo sigue, nos forzarán a una más adecuada catalogación y sistemas de referencia de los que ahora disponemos. Este es, quizá, el mayor problema teórico sin solución en el nivel de la estructura estática. En el campo empírico hay todavía grandes áreas donde las estructuras estáticas son poco conocidas, aunque el conocimiento esté avanzando rápidamente gracias a nuevos instrumentos de prueba, tales como el microscopio electrónico. La anatomía de esa parte del mundo empírico, que se encuentra entre la gran molécula y la célula, está, no obstante, oscura en muchos puntos. Es, precisamente, esta área, -que incluye, por ejemplo, el gen y el virus -la que mantiene el secreto de la vida y, hasta cuando su anatomía se haga clara, la naturaleza de los sistemas funcionales involucrados permanecerán inevitablemente en la oscuridad.

El nivel de "relojería", es el clásico nivel de las ciencias naturales, especialmente de la física y la astronomía, y es, probablemente, el nivel más completamente desarrollado en el estado actual de los conocimientos, especialmente si hacemos extensivo el concepto para incluir la teoría



del campo y los modelos estocásticos de la física moderna. Hay importantes vacíos aun en este campo, de manera particular, en los niveles empíricos más altos. Hay mucho todavía por conocer del preciso mecanismo de las células y del sistema nervioso, del cerebro y de las sociedades.

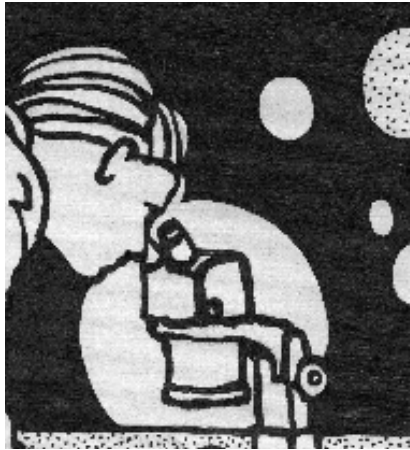
Más allá del segundo nivel, los modelos teóricos adecuados se vuelven cada vez más escasos. Durante los últimos años, se han visto grandes desarrollos en el tercer y cuarto niveles. La teoría de los mecanismos de control (termostatos) se ha vuelto, ella misma, una disciplina nueva: la cibernética, y la teoría de los sistemas de automantenimiento o sistemas abiertos, de igual forma, ha dado grandes pasos. Podríamos difícilmente sostener, sin embargo, que mucho más que el comenzar se ha dado en estos campos. Sabemos muy poco acerca de la cibernética de los genes y de los sistemas genéticos en general y, mucho menos, de los mecanismos de control involucrados en el mundo mental y social. De la misma manera, los procesos de automantenimiento permanecen esencialmente en el misterio en muchos de sus puntos y, no obstante, se ha sugerido la posibilidad teórica de construir una máquina con capacidad de automantenimiento, la cual sería un verdadero sistema abierto. A pesar de esto, creemos que estamos bastante lejos de la construcción de este tipo de mecanismo simulador de la vida.

En lo que tiene que ver con el cuarto nivel, dudamos de la posibilidad de tener ahora los más mínimos rudimentos de un sistema teórico. Una intrincada máquina del crecimiento, por la cual el complejo genético organiza la materia que se encuentra a su alrededor, es prácticamente un misterio. Hasta ahora, y en lo que respecta al futuro, sólo Dios puede construir un árbol. En cuanto a los sistemas vivos, carecemos de toda ayuda. Podemos cooperar con los sistemas que no entendemos, pero no podemos ni comenzar a producirlos. La ambigua posición de la medicina, rondando no fácilmente entre la magia y la

ciencia, es un testimonio del estado actual de los conocimientos en esta área.

Tan pronto nos movemos hacia arriba en la escala, la ausencia de sistemas teóricos apropiados se vuelve más notoria. Difícilmente, podemos concebirnos construyendo un sistema que, de alguna manera, tuviera la capacidad de reconocer o darse cuenta de las cosas a su alrededor y, mucho menos, que tenga consciencia. No obstante, tan pronto nos movemos hacia el nivel de lo humano y lo social, ocurre algo curioso: el hecho de que tenemos, por así decirlo, una huella interior y que somos nosotros mismos los sistemas que estamos estudiando. Esto nos habilita para utilizar los sistemas que realmente no entendemos. Es casi inconcebible que pudiéramos construir una máquina que fuera capaz de hacer un poema. Sin embargo, los poemas son hechos por tontos como nosotros, por medio de procesos que permanecen escondidos para nosotros. El tipo de conocimiento y destreza que poseemos en el nivel simbólico, es muy diferente del que encontramos en niveles inferiores. Es, diríamos, el "know-how" del gen, si se compara con el "know-how" del biólogo. Pero, aun así, es un tipo real de conocimiento, es la fuente de los logros creativos del hombre en tanto artista, escritor, arquitecto, o compositor.

Quizás, uno de los usos más valiosos del esquema anterior consiste en prevenirnos de aceptar como último un determinado nivel de análisis teórico que se pueda encontrar por debajo del nivel empírico que estamos investigando. Debido a que, en cierto sentido, cada nivel incorpora todos los niveles que están por debajo de él, se puede obtener mucha valiosa información y penetración al aplicar el objeto de estudio de los sistemas de nivel más bajo a los de más alto. Así, la mayoría de los sistemas teóricos de las ciencias sociales, se encuentran en el nivel (ii), justo ascendiendo al (iii), aunque la materia de estudio involucra claramente el nivel (viii).



La economía, por ejemplo, es ampliamente un “mecanismo de utilidad y autointerés”, en la magistral frase de Jevon. Su base teórica y matemática está diseñada ampliamente a partir del nivel de la teoría del equilibrio simple y de los mecanismos dinámicos. Difícilmente ha comenzado a usar conceptos tales como información, los cuales pertenecen al nivel (iii) y no hace uso de niveles superiores. Es más: con este equipamiento tan simple, ha logrado un modesto desarrollo en el sentido de que alguien, que trate de manejar un sistema económico, está seguro de encontrarse en una mejor posición que aquél que no conoce nada de la teoría. Sin embargo, el progreso de la economía va dependiendo cada vez más de la posibilidad de superar este sistema de bajo nivel, útil mientras esté en sus inicios, y pueda utilizar sistemas más directamente apropiados a su universo, cuando estos, por supuesto, sean descubiertos. Se podrían dar muchos otros ejemplos, como el del uso absolutamente inapropiado del concepto de energía en la teoría psicoanalítica y la gran inhabilidad de la psicología para abandonar el estéril modelo estímulo-respuesta.

Finalmente, el esquema presentado podrá servir de elemental advertencia aun para la ciencia de la gerencia. Esta nueva disciplina representa una importante ruptura con los modelos

mecánicos de la teoría de la organización y el control. Su énfasis en los sistemas de comunicación y estructura organizacional, sobre los principios de homeostasis y crecimiento, en el proceso decisional en condiciones de incertidumbre, nos está llevando lejos de los modelos simples de maximización de hace diez años. Este avance en el nivel de análisis teórico, promete conducir hacia sistemas más fuertes y fructíferos. Sin embargo, no debemos olvidar que estos avances no nos llevan más allá del tercer o cuarto nivel y que, al tratar con personas humanas y organizaciones, estamos tratando con sistemas de un mundo empírico que está más allá de nuestra capacidad para formularlos. No debemos sorprendernos demasiado, entonces, de si nuestros sistemas más simples, por toda su importancia y validez, nos desilusionan.

Escogí el subtítulo de mi artículo (La Estructura interna de la Ciencia), con la mirada puesta en sus posibles matices de significación. La T.G.S. es la estructura interna (el esqueleto) de la ciencia, en el sentido de que ella apunta a proveer de un armazón o estructura de sistemas, sobre el cual colocar el cuerpo y el alma de las disciplinas particulares y sus objetos de estudio, en un cuerpo coherente y ordenado de conocimiento. Es, también, algo como un esqueleto en el armario –armario es, en este caso, la falta de buena voluntad de la ciencia de abandonar el bajo nivel de sus éxitos en sistematización y su tendencia a cerrar la puerta a los problemas y asuntos que no caben en sus esquemas mecánicos simples. La ciencia, no obstante todos sus progresos, tiene aun un largo trecho por andar. La T.G.S. puede, a veces, ser un vergüenza al poner de relieve cuán lejos tenemos que ir y al minimizar las excesivas quejas filosóficas por la simpleza de sus sistemas. Será de gran ayuda, además, para señalar, con buen alcance, a dónde tenemos que ir. El esqueleto deberá salir del armario antes de que los huesos secos puedan vivir.