

Capítulo II. Nociones básicas de sistémica y cibernética	11
I. Sistema	11
II. Autopoiesis.....	19
III. Cibernética.....	21
IV. Entropía.....	23

CAPÍTULO II

NOCIONES BÁSICAS DE SISTÉMICA Y CIBERNÉTICA

Pasemos ahora a ver algunas de las nociones básicas de la sistémica y la cibernética.

I. SISTEMA

Obviamente, la noción de sistema es una de ellas.

Usaremos la de François, quien caracteriza al sistema como “una entidad autónoma dotada de una cierta permanencia y constituida por elementos interrelacionados que forman subsistemas estructurales y funcionales, que se transforma dentro de ciertos límites de estabilidad, gracias a regulaciones internas que le permiten adaptarse a las variaciones de su entorno específico” (p. ej., un hombre, un aparato de aire acondicionado, un automóvil, una ameba)¹.

Un sistema es un todo que funciona y que no puede dividirse en partes independientes, sin dejar de existir como entidad organizada.

Existen leyes generales de sistemas, aplicables a cualquier sistema (real) de determinado tipo, sin importar las propieda-

¹ FRANÇOIS, C., *Diccionario de teoría general...*, cit.

des particulares del mismo ni de los elementos participantes. Por otra parte, cabe señalar que el concepto de sistema no está limitado a entidades materiales sino que puede aplicarse a cualquier “todo” que consista de “componentes” que interactúen. Así puede, por ejemplo, hablarse de un sistema filosófico.

Hay que tener presente que la condición de sistema no es una cualidad intrínseca de las cosas sino una actitud o apreciación de cada uno. Cuando decimos que tal cosa concreta o abstracta *es* un sistema deberíamos decir que lo *consideramos* un sistema.

La condición previa al uso adecuado de la noción de sistema es la adquisición de una visión *sistémica* (y no *sistemática*, que es algo completamente distinto: todo lo perteneciente o relativo a un sistema, en la concepción clásica se lo denomina *sistemático*). Decimos que es sistemático todo lo que sigue un sistema o se ajusta a él, como cualquier actividad metódica o regida por principios, pero para designar lo relativo al moderno enfoque de la TGS se usa el adjetivo “sistémico”). Es decir que esa visión no sea reduccionista.

Por ello, la sistémica no estudia los sistemas a partir de sus elementos básicos o últimos sino tratándolos a partir de su organización interna, sus interrelaciones recíprocas, sus niveles jerárquicos, su capacidad de variación y adaptación, su conservación de identidad, su autonomía, las relaciones entre sus elementos, sus reglas de organización y crecimiento, su desorganización y destrucción, etcétera.

Una de las virtudes esenciales de la sistémica es la de tratar a los sistemas sin prescindir de sus relaciones con su entorno, manteniendo además las conexiones internas y externas de sus elementos. Todo lo cual no puede ser separado sin destruir la esencia del sistema, es decir, su unidad. Pues una de las ideas básicas en TGS es que *el todo es más (y es otra cosa) que*

la suma de sus partes, porque las características constitutivas de ese todo no son explicables a partir de las características de las partes aisladas. Es otra cosa y es más porque la entidad de nivel superior tiene otras capacidades que las partes que lo componen. (Piénsese en el pan: sus partes son agua, levadura, harina, sal, entre otras, pero como totalidad es algo distinto y tiene otras capacidades y propiedades que los ingredientes con los que lo hacemos).

La piedra angular de la existencia de todo sistema consiste en el hecho de que constituya una entidad aislada *pero su aislamiento no es absoluto*, aunque sí suficiente para poder distinguirse de su entorno, clara y permanentemente.

El sistema, en los casos de sistemas biológicos, está rodeado por un límite o membrana que lo aísla relativamente, que separa el endomundo del exomundo. Las membranas de este tipo son siempre selectivamente permeables y cumplen un papel capital en la organización de los intercambios entre el sistema y su entorno (o, eventualmente, en los que se operan entre los subsistemas, por lo general ellos mismos, limitados por membranas). Los sistemas metavivientes también desarrollan membranas aunque, en este caso, el concepto en sí debe ser ampliado un poco. Es evidente que las fronteras políticas, los recintos de las empresas y organizaciones, en el caso de las sociedades humanas, o los límites de las termiteras en las sociedades animales, son membranas en el sentido antes definido: son funcionalmente homólogas a las membranas biológicas (véanse figuras 2 y 3).

La frontera, el límite o la membrana, no son siempre fáciles de identificar y en muchos casos dependen de decisiones, por lo menos lingüísticas y casi siempre pragmáticas. La constitución del sistema depende del observador y de sus decisiones metodológicas. Por ejemplo, nosotros diríamos nor-

malmente que la piel es la frontera de nuestro cuerpo; sin embargo, quienes consideran que hay ciertas radiaciones alrededor nuestro (observables en lo que se denomina "aura"), y que han sido incluso fotografiadas mediante el método Kirlian, no la trazarían allí. Jurídica y políticamente, vemos también cómo la "frontera" depende de una definición; p. ej., nosotros, en la Argentina, consideramos que nuestras fronteras incluyen a las Malvinas, los ingleses no, etcétera.

Para el mantenimiento de su identidad, el sistema o el metasistema vivientes necesitan de un dispositivo regulador —por lo general, complejo— centrado en un mecanismo de observación, de control y de reproducción de sus propias estructuras. Este dispositivo es, necesariamente, una parte especializada del mismo sistema.

Todo sistema complejo es una parte cambiante de una totalidad más vasta, y la acumulación de totalidades cada vez más vastas lleva eventualmente al sistema dinámico más complejo de todos, el sistema que en definitiva abarca todo aquello a que aludimos con orden y caos, el universo mismo.

Un ingrediente clave de los sistemas complejos son las interacciones no lineales entre sus componentes que, bajo circunstancias especiales, pueden originar conductas emergentes complejas con una estructura muy rica. Estas conductas no pueden atribuirse a subsistemas individuales separados sino que es más bien un efecto colectivo, esto es, que el todo resulta mucho más que la suma de sus partes.

Ahora bien, lo que interesa particularmente a la sistémica es la elaboración de *modelos* de sistemas reales, para trabajar sobre ellos.

La noción que aquí tratamos surgió como reacción frente al problema, cada vez más grave, de la creciente estrechez de miras de muchos especialistas y de sus lamentables consecuen-

cias prácticas. Es, básicamente, una “máquina mental” destinada a ensanchar miras, una “máquina conceptual” o metodología para forjar conceptos; el sistema (desde este enfoque) es una abstracción a partir de lo real, que sirve como modelo de los sistemas reales sometidos a estudio.

Un modelo no es más que una representación parcial y provisoria de un sistema, destinado a un fin que debe ser claramente definido.

La sistémica y la cibernética proponen una nueva clase de modelos globales, concebidos para responder a enfoques globales hasta ahora no cubiertos.

El primer problema relativo a cualquier modelo es su grado de correspondencia con la realidad. No construimos el modelo por amor al arte sino para usarlo en la práctica.

La segunda, el hecho que la regulación o el control se ejercen *a partir* del modelo, pero no *sobre* el modelo, sino más bien sobre el *sistema real*. Como dice Korzybski²: “El mapa no es el territorio”. La modelización sistémico-cibernética se interesa en la representación de los sistemas complejos (véase figura 4).

Ahora bien, la realidad se nos presenta bajo dos aspectos complementarios inseparables: 1) lo *estructural-estático*; y 2) lo *funcional-dinámico*. (La estructura es el *orden* en que se hallan distribuidos los elementos del sistema. Cada elemento se halla situado en la estructura de acuerdo con la *función* que le compete. Estructura y función son dos enfoques complementarios de una misma realidad y ninguno describe de manera acabada por sí solo el sistema. Sin estructura la función desaparecería. Un enfoque *diacrónico* del sistema destaca la función, un enfoque *sincrónico*, la estructura). El sistema, como mo-

² KORZYBSKI, Alfred, *Science and Sanity*, Institute of General Semantics, 1973.

delo, es pues un modelo estructural-funcional. Reconoce que los dos aspectos han de estar correctamente integrados y que puede razonarse sólo en forma transitoria y con muchas precauciones teniendo en cuenta a uno solo de ellos. Ningún modelo sistémico puede ser estático, porque ningún sistema lo es, salvo quizá en el brevísimo momento en que deja de ser un sistema y empieza a descomponerse en sus elementos.

El sistema es, por un lado, objeto, o sea un conjunto estructurado de elementos que podemos percibir como un conjunto en un momento dado. Tiene una forma (*Gestalt*, que puede ser caracterizada como la configuración de un grupo de elementos percibido como una totalidad organizada. Las partes no existen previo al todo sino que derivan su carácter de la estructura del todo). Sus estructuras no son caprichosas, corresponden a interconexiones definidas de subsistemas (ver *infra*) y elementos entre sí.

Pero el sistema como modelo también refleja la naturaleza funcional-dinámica de los sistemas reales. Cumple funciones. Este carácter funcional refleja el hecho de que los sistemas reales que representa se manifiestan por el desarrollo de un número de procesos coordinados entre sí. El aspecto funcional del sistema permite usarlo como modelo básico para la descripción dinámica de sistemas reales.

Éste es su doble aspecto estructural (estático) y funcional (dinámico) que permite un estudio coordinado de sus variaciones y transformaciones a través del tiempo y, por lo tanto, la previsión. De allí su importancia para la ciencia, una de cuyas funciones más importantes es la de tratar de prever el futuro en la forma más certera posible.

La introducción del factor *tiempo* en la modelización ha sido uno de los más importantes hallazgos de la sistémica y la cibernética. Y la posibilidad de utilización de las computadoras

para crear y trabajar sobre modelos dinámicos ha sido de una importancia extrema para el desarrollo de múltiples disciplinas.

Un sistema comporta partes que son *subsistemas* funcionales y estructurales a la vez. Un subsistema se caracteriza por el hecho de que su existencia se justifica y es posible sólo dentro del sistema y en relación con los otros subsistemas. Los subsistemas suelen estar constituidos, a su vez, por subsistemas aún más especializados y diferenciados (p. ej., en un hombre que es un sistema, el subsistema digestivo, el subsistema nervioso, etc.; en un automóvil, el subsistema de encendido, el subsistema de dirección, etc.). Las estructuras de un sistema corresponden a interconexiones definidas de subsistemas y elementos entre sí. A su vez, los procesos y las estructuras se jerarquizan y, en general, a las subestructuras de los subsistemas corresponden subfunciones. Así, pues, cada subsistema tiene, por lo general, una estructura y funcionalidad propias y constituye, a su vez, un sistema cuyo entorno inmediato es el sistema del cual es parte. Un subsistema se caracteriza por el hecho de que su existencia se justifica y es posible sólo dentro del sistema y en relación con los otros subsistemas.

Los subsistemas pueden ser relativamente simples o complejos, estables o inestables, adoptar muchos estados distintos o variar algunas de sus propiedades. Sus interrelaciones pueden ser mutuas, pluridireccionales o unidireccionales, lineales o no, intermitentes o no.

Al comportamiento de un sistema lo condiciona esencialmente la *interacción* de todos sus subsistemas o de una gran parte de ellos y no la *suma* de sus acciones independientes.

Los sistemas cerrados son los que funcionan independientemente del entorno, que no admiten interferencias o intercambios con el exterior.

Por el contrario, los sistemas abiertos son aquellos cuyo funcionamiento se vincula o interrelaciona con el entorno. Hay

un flujo de materia, energía e información que penetra en ellos a través de determinados puntos en la frontera, y luego sale, asimismo, transformado, por lugares específicos.

Todos los sistemas que implican o simulan vida o la mente son abiertos pues se hallan, necesariamente, en comunicación con el entorno o con otros sistemas.

En rigor, puede decirse que, desde el punto de vista de la sistémica, no existe ningún sistema totalmente cerrado. Los sistemas son más o menos abiertos o más o menos cerrados.

El entorno de un sistema, o su “ambiente”, como también suele denominárselo, es el universo entero. Pero, en la práctica, sólo es realmente significativa aquella parte del universo con el cual el sistema mantiene intercambios de cierta importancia y de una manera más o menos frecuente. Por ello suele distinguirse entre ese “entorno significativo” y el “ambiente”. El entorno, a su vez, suele ser un sistema más amplio que recibe entonces el nombre de “metasistema”.

La identificación de un sistema depende de una decisión individualizadora, fundada en razones prácticas, que lo distingue del entorno. Es decir, se traza una “frontera” entre el sistema y el entorno.

El entorno y el sistema se definen recíprocamente, puesto que los ingresos del sistema constituyen los egresos del entorno y viceversa.

Todos los sistemas son *autónomos*, es decir, se manejan según leyes internas propias, pero esto sólo se cumple hasta cierto límite. Es decir, la autonomía es siempre *relativa* y *no absoluta*. Por ejemplo, el hombre es autónomo, pero en cierto modo depende de su entorno, del aire, de los alimentos, etcétera.

Para un adecuado uso de la noción de sistema, a más de desechar el reduccionismo, se requiere, expresado muy sintéticamente: 1) tener una percepción de la naturaleza de su en-

tividad, como distinta del resto del universo, esto es, poder distinguir el sistema de su entorno; 2) reconocer su funcionalidad propia; 3) apreciar correctamente la dependencia del sistema del entorno y la naturaleza precisa de esa dependencia; 4) lograr una percepción y comprensión de la complejidad interna del mismo y la organización de esta complejidad; y 5) descubrir sus caracteres dinámicos.

II. AUTOPOIESIS

La *autopoiesis* es una noción difícil y compleja cuya explicitación llevaría una extensión considerable. Sin embargo, es necesario decir algunas palabras al respecto, ya que una importante corriente del pensamiento jusfilosófico moderno, liderada por el sociólogo alemán Niklas Luhmann³ (véase figura 5), considera al sistema jurídico moderno (o más precisamente posmoderno) como *autopoietico*⁴.

Un sistema *autopoietico* puede definirse como una máquina organizada como una red de procesos para producir componentes, los cuales, por sus continuas interacciones y transformaciones, incesantemente regeneran la red de procesos destinados a producir componentes y, de esta manera, dan a la máquina una unidad espacial definida. A diferencia de una máquina *alopoietica*, como por ejemplo un automóvil, en el cual el producto es diferente de sí mismo, el producto de una máquina

³ Sobre las ideas de Luhmann pueden consultarse : REESE - SCHAEFER, Walter, *Luhmann zur Einführung*, Junis, 1992; IZUZQUIZA, Ignacio, *La sociedad sin hombres, Luhmann o la teoría como escándalo*, Anthropos, Barcelona, 1992.

⁴ Véase TEUBNER, Günther (ed.), *Autopoietic law*, De Gruyter, Firenze, 1998. RODRÍGUEZ, Darío - ARNOLD, Marcelo, *Sociedad y teoría de sistemas*, Universitaria, Santiago, 1991.

autopoiética no es otra cosa que ella misma. Éste sería el caso, por ejemplo, de una célula que puede definirse por su auto-generación. Maturana, uno de los creadores del concepto de *autopoiesis*, dice: “Sostenemos que hay sistemas que son definidos como unidades, como redes de producción de componentes que 1) recursivamente, mediante sus interacciones, generan y realizan la red que los produce; y 2) constituyen en el espacio en el que existen, los límites de esa red como componentes que participan en la realización de la red”⁵.

Un sistema *autopoiético* no tiene *inputs* ni *outputs*. Puede recibir *shocks* exógenos, perturbaciones, pero éstos no actúan como información que contribuya a programar al sistema, sino que solamente provocan reacciones compensadoras internas para mantener invariable el equilibrio homeostático del sistema. Es la coherencia interna del sistema lo que determina su desarrollo. Se produce lo que se denomina “clausura operacional”.

Los sistemas *autopoiéticos* no están aislados, se definen a sí mismos contra el trasfondo de un entorno que es fuente de *shocks* exógenos y pueden entrar en relaciones con otras entidades *autopoiéticas*.

Más adelante hablaremos específicamente sobre el tema desde el ángulo jurídico. Adelantamos que estimamos que el paradigma *autopoiético* no es aplicable, sin más, a los sistemas jurídicos. Así lo ha sostenido Varela, con la autoridad de ser uno de los creadores de la teoría de la *autopoiesis*.

⁵ MATURANA, Humberto, “Autopoiesis”, en ZELENY, M., *Autopoiesis. A theory of living organization*, North Holland, Nueva York, 1981.

III. CIBERNÉTICA

Pasemos ahora a una breve caracterización de los aspectos sustanciales de la cibernética, disciplina estrechamente vinculada con la sistémica, a tal punto que autores como François la consideran inseparable de ésta. Ella se ocupa del estudio del mando, del control, de las regulaciones y del gobierno de los sistemas. Al respecto dice Norbert Wiener (véase figura 6), su creador, que es el propósito de la cibernética desarrollar lenguaje y técnicas que nos permitirán atacar los problemas de control y comunicación en general⁶.

Rodríguez Delgado la define como la ciencia que estudia en detalle los mecanismos de control y autocontrol de los sistemas para conseguir objetivos prefijados, que suelen centrarse en el mantenimiento del sistema.

Como señala Karl Deutsch en su libro *Los nervios del gobierno*: “Según el punto de vista de la cibernética, todas las organizaciones son parecidas en ciertas características fundamentales y la comunicación mantiene la coherencia de toda organización... La comunicación, o sea la capacidad de transmitir mensajes y reaccionar frente a ellos, forma las organizaciones y parece que esto resulta cierto para diversos tipos de organizaciones”.

El desarrollo de la cibernética aparece con los trabajos de Norbert Wiener, en la época de la Segunda Guerra Mundial.

En la esfera del derecho se receptó bastante pronto, aunque no se desarrolló hasta hace unos pocos años. En efecto, un autor italiano, Losano, ya en 1968 había propuesto el término de *iuscibernética*, que estudiaría las aproximaciones entre el derecho y la cibernética.

⁶ WIENER, Norbert, *The human use of human beings*, Avon, Nueva York, 1973, p. 25.

Lo que estabiliza y coordina el funcionamiento de sistemas complejos como los seres vivos o las sociedades (o un cañón, porque la cibernética, como tantas otras cosas, nació de la inventiva bélica) y les permite hacer frente a las variaciones del ambiente y presentar un comportamiento más o menos complejo es el *control*, que le deja al sistema seleccionar los ingresos (*inputs*) para obtener ciertos egresos (*outputs*) predefinidos. Este control está compuesto por una jerarquía de *regulaciones* interrelacionadas que tienen como función el *arbitraje* entre ellas. La regulación está constituida por los mecanismos que permiten al sistema mantener su equilibrio dinámico y alcanzar o mantener un estado. La clave para el entendimiento de los sistemas cibernéticos es tener muy presente que son siempre muy superiores a la simple suma de sus partes constitutivas. Sólo son inteligibles en cuanto sistemas en funcionamiento. Un concepto muy importante, casi diríamos fundamental, en cibernética es el de la *retroalimentación*.

La retroalimentación (o *feedback*, en inglés, expresión que ha entrado en el lenguaje cotidiano) parte del principio de que todos los elementos de una totalidad sistémica deben comunicarse entre sí para poder desarrollar interrelaciones coherentes. Sin comunicación no hay orden y sin orden no hay totalidad, lo que rige tanto para los sistemas físicos como para los biológicos y los sociales (véanse figuras 3a y 3b).

La retroalimentación es *negativa* cuando su función consiste en contener o regular el cambio = fuerza estabilizadora (p. ej., termostato). Es *positiva* si amplifica o multiplica el cambio en una dirección determinada = fuerza desestabilizadora (p. ej., carrera armamentista). Por lo tanto, la retroalimentación negativa disminuye —y la positiva, aumenta— las desviaciones del sistema de lo que podría admitirse como su logro adaptativo o meta viable.

También se habla de la retroalimentación *compensada*, que se produce cuando un regulador ejerce alternadamente retroalimentaciones positivas o negativas, según las necesidades del mantenimiento de la estabilidad dinámica del sistema o del subsistema regulado.

Para graficar un proceso de retroalimentación tomemos como ejemplo un termostato empleado en una heladera o un aparato de aire acondicionado. Él se encarga de decidir cuándo encender o apagar el motor para alcanzar una determinada temperatura, manteniéndola en consecuencia más o menos uniforme. Existe un *lazo de retroalimentación* cuyo objetivo es mantener el interior a temperatura baja. El lazo de retroalimentación es un *lazo de comunicación* que transporta *información* acerca de la diferencia entre el valor de referencia y los valores efectivamente registrados.

IV. ENTROPÍA

La *entropía* puede definirse como la medida de la progresión de un sistema hacia el estado de desorden máximo y, en la teoría de la información, como incertidumbre. La incertidumbre es el desorden de la comunicación o información. El orden es un estado menos probable que el desorden, ya que la realidad tiende hacia éste cada vez que deja de recibir suficiente energía o información. Si queremos llevar un sector de la realidad hacia el orden (o mantenerlo en él), esto es, lo que se denomina *neguentropía*, es indispensable que le inyectemos energía y que una parte al menos de esa energía sea información.

Luego de esta breve caracterización pasaremos ya a la esfera de lo jurídico, aunque algunos conceptos sistémicos y cibernéticos serán explicitados más adelante.