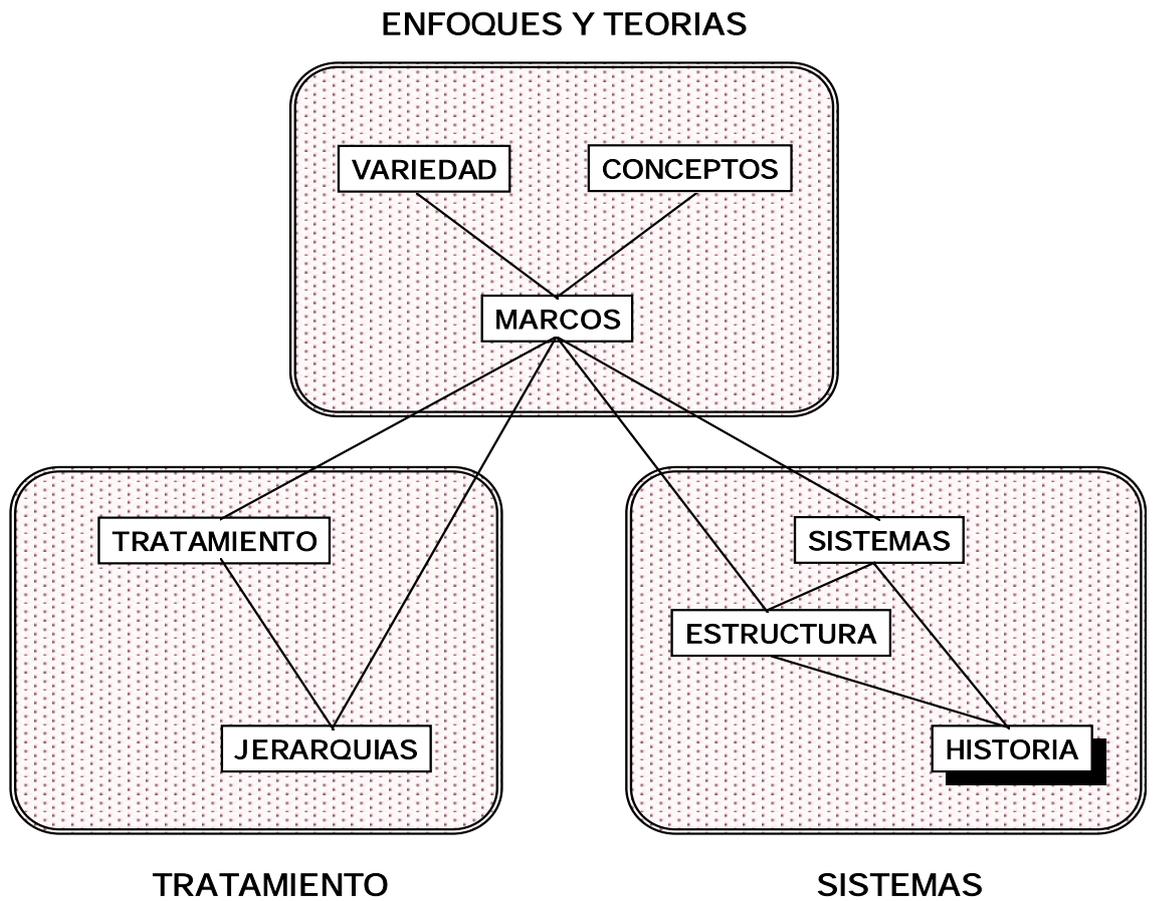
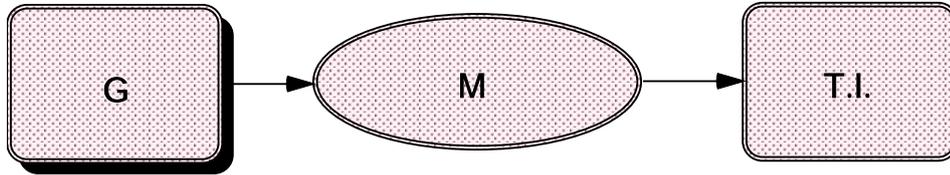


## Historia del Enfoque sistémico

Introducción  
El enfoque sistémico  
Orígenes del pensamiento sistémico  
Los sistemas según el M.I.T.  
La Teoría General de Sistemas  
Los logros del enfoque sistémico  
Crítica a la noción de sistema  
Resumen  
Bibliografía

*"Normalmente se dice que los nuestros son unos tiempos de especialización, y es cierto. Pero existe un notable movimiento de convergencia en la ciencia y la enseñanza, que ha tenido lugar especialmente en los cuarenta años que siguieron a la Segunda Guerra Mundial y de forma más acelerada durante los últimos diez años. Están apareciendo nuevos temas, enormemente interdisciplinarios según los patrones tradicionales, y en muchos casos forman la punta de lanza de la investigación. Estos campos interdisciplinarios no siguen el esquema clásico de las ciencias formadas por varias disciplinas; la unión de varios subcampos particulares da lugar a un nuevo campo. El proceso es muy diverso y en constante cambio." Murray Gell-Mann [Pagels, 1989, p. 35]*

*El movimiento a que se refiere Gell-Mann no es otro que la Teoría General de Sistemas o el enfoque sistémico que si bien ha sido un fracaso en sus presupuestos de partida (construir algo así como una metaciencia), sí ha conseguido logros muy importantes en aplicaciones concretas y ha aportado una nueva perspectiva a la ciencia.*



## 1. Introducción

Pretende ser este capítulo una breve introducción al enfoque sistémico y, por sus características, la forma más apropiada de presentarlo es estudiar sus orígenes y evolución, su historia. En este capítulo nos encontraremos con nombres familiares que ya han aparecido repetidamente en otras partes de estas Notas: Ashby, Wiener, Bertalanffy, Boulding, Beer, etc. y también con otros muchos que no hemos recogido antes pero que son muy representativos para cualquier iniciado en este campo.

El enfoque sistémico es una aproximación multidisciplinar a una serie de problemas que se han querido o creído distinguir en muy diversos campos del saber humano. Este objeto común recibe el nombre genérico de "sistema" y alrededor de él se desarrollan diferentes formas de enfoque sistémico. Como veremos, la aparición de esta corriente de pensamiento, si se le puede llamar así, coincide en el tiempo y en el espacio con otros muchos eventos de primordial importancia para entender el desarrollo de la ciencia y la tecnología que conocemos hoy en día y esto se debe tener muy en cuenta pues es la clave para entender los fundamentos y objetivos de los sistemistas. Y a esto es a lo que nos referimos cuando decimos que la mejor forma de estudiar el enfoque sistémico es comprender su historia.

## 2. El enfoque sistémico

La base del pensamiento sistémico consiste en reconocer la existencia de una serie de conceptos genéricos aplicables y aplicados en diversos estudios [Rosnay, 1975]. Noción como la energía, flujos, ciclos, realimentación, sistema abierto, reservas, recursos de comunicación, catalizadores, interacciones mutuas, jerarquías, agentes de transformación, equilibrios y desequilibrios, estabilidad, evolución, etc., son aplicables a la idea genérica de sistema sin entrar en la disciplina concreta ni en el tipo del sistema considerado. La existencia de este vocabulario común en muchos campos parece responder a una aproximación común a los problemas que se encuentran dentro de una misma categoría: la complejidad organizada [Rosnay, 1975] (Weaver, en el capítulo de Marcos Conceptuales).

La importancia de este hecho es fundamental pues significa que de ser cierto que existe una aproximación común, se puede establecer una forma de tratar el problema genérico -el sistema- independientemente de la disciplina en la que éste se considere. Esta aproximación común existe y surge de la sinergia entre la biología, la teoría de la información, la cibernética y la teoría de sistemas. A partir de ellas se extraen conclusiones generales, reflejadas en ese vocabulario compartido por todas las disciplinas. Este es el enfoque sistémico y debe verse no como una nueva ciencia, una nueva teoría o una disciplina sino como una nueva metodología que trata de organizar el conocimiento para dar más eficacia a la acción [Rosnay, 1975].

Ésta puede ser la diferencia fundamental entre los que consideran el enfoque sistémico como una herramienta, una metodología que ayuda a interpretar y manejar un mundo complejo y los que consideran que los sistemas son un nuevo paradigma en la ciencia.

Para establecer una relación con algo que nos es más cercano podemos recurrir a la comparación con el enfoque analítico. En él, se pretende desmenuzar la totalidad para estudiar los elementos por

separado, aislando interacciones y componentes del resto del todo que forman. Por el contrario, el enfoque sistémico intenta englobar la totalidad de los elementos del sistema estudiado así como las interacciones e interdependencias entre ellos. Por sistema se entiende un conjunto de elementos en interacción y se intenta investigar las invariantes que existen en la interacción de elementos. Esto no es lo mismo que intentar aplicar en otro las conclusiones extraídas para un sistema o de intentar que lo que es válido para un nivel de complejidad lo sea para otro. Esas invariantes son principios generales, estructuras y funcionamiento común a todos los sistemas.

Las diferencias fundamentales entre el enfoque analítico y el enfoque sistémico se recogen en la siguiente tabla [Rosnay, 1975, p. 108]:

<b>Enfoque Analítico</b>	<b>Enfoque Sistémico</b>
Aislado: se centra en los elementos	Relacionado: se centra en las interacciones entre elementos
Considera la naturaleza de las interacciones	Considera los efectos de las interacciones
Se preocupa por la precisión del detalle	Se preocupa de la percepción global
Modifica una variable cada vez	Modifica grupos de variables simultáneamente
Independiente de la duración: los fenómenos considerados son reversibles	Integra la duración y la irreversibilidad
La validación de hechos se realiza por prueba experimental dentro del marco de una teoría	La validación de hechos se realiza por comparación del funcionamiento del modelo con la realidad
Modelos precisos y detallados, pero difícilmente utilizables para la acción (ejemplo: modelos econométricos)	Modelos insuficientemente rigurosos para servir de base al conocimiento, pero utilizables en la decisión y la acción (ejemplo: modelos del Club de Roma)
Enfoque eficaz cuando las interacciones son lineales y débiles	Enfoque eficaz cuando las interacciones son no lineales y fuertes
Conduce a una enseñanza por disciplinas	Conduce a una enseñanza pluridisciplinar
Conduce a una acción programada en detalle	Conduce a una acción por objetivos
Conocimiento de los detalles, metas mal definidas	Conocimiento de las metas, detalles borrosos

### 3. Orígenes del pensamiento sistémico

Si seguimos los consejos de algún sistemista entusiasta podríamos remontarnos muy atrás buscando precursores a la idea de sistema. Ludwig von Bertalanffy, considerado como el padre de la Teoría General de Sistemas que estudiaremos más adelante, menciona a Aristóteles como el primero que formuló el aserto sistémico fundamental: "el todo es más que la suma de las partes", y liga la noción de sistema al desarrollo de la filosofía europea desde sus más lejanos orígenes [Bertalanffy, 1975, p. 137]. Sin embargo, no es necesario bucear tanto en las profundidades de la historia para trazar un esbozo muy aproximado de las corrientes de pensamiento que dieron lugar al enfoque sistémico. En general, se consideran cinco (Lilienfeld, de quien recogemos la idea considera también la dinámica de sistemas, pero desde nuestro punto de vista no es relevante en la formación del tipo de enfoque sistémico que nos interesa, por ser muy posterior a éste [Lilienfeld, 1984]):

**Filosofía biológica**, de Ludwig von Bertalanffy, cuyas ideas cristalizaron más tarde en la Teoría General de Sistemas, representada por la Sociedad Internacional para la Investigación General de Sistemas.

**Cibernética**, de Norbert Wiener y Ross Ashby, que en sus orígenes se centraba en el estudio de los mecanismos de regulación en los organismos y en las máquinas.

**Teoría de la información y de las comunicaciones**, de Shannon, Weaver y Cherry que proporcionaron un lenguaje matemático para el manejo de la información y una base formal muy sólida para el estudio de problemas lingüísticos, matemáticos y teóricos relacionados con la transmisión de mensajes

**Investigación operativa**, de E.C. Williams, originada en Inglaterra durante la II Guerra Mundial e institucionalizada por la Sociedad de Investigación Operativa Americana y la Sociedad de Investigación Operativa de Gran Bretaña.

**Teoría de juegos**, de Von Neumann y Morgenstern, que además se desarrolla paralelamente a la herramienta básica de los sistemistas: el ordenador.

El enfoque sistémico se confunde a menudo con alguna de estas teorías, principalmente con la Cibernética y con la Teoría General de Sistemas [Rosnay, 1975]. La principal diferencia con la Cibernética es que el enfoque sistémico es mucho más general y la engloba. Mientras la cibernética es la ciencia del control y la regulación, el enfoque sistémico se ocupa de las características invariantes que existen en los sistemas, aunque no cabe duda de que los conceptos cibernéticos son de primordial importancia para entender cierto tipo de sistemas. La diferencia con la Teoría General de Sistemas es quizá más sutil pero también importante. La T.G.S. (así nos referiremos a ella a partir de ahora) pretende establecer un formalismo matemático para describir el conjunto de sistemas que existen en la naturaleza. El enfoque sistémico propone una forma de ver las cosas pero no una visión tan estricta con la de la T.G.S.

### *Cibernética*

*Por su importancia, la Cibernética merece un pequeño comentario aparte. Su origen se puede encontrar en la investigación en física teórica e ingeniería que se llevó a cabo durante la Segunda Guerra Mundial. De ella surgió la idea de la realimentación, que cuando es negativa da lugar a máquinas "autocorrectoras". La hipótesis básica de la Cibernética es que el mecanismo principal del sistema nervioso es la realimentación negativa, hipótesis que se debe principalmente a Ashby y Wiener, aunque fue Wiener el que introdujo el nombre "cibernética" con su libro en 1948. Son varias las ideas nuevas que introdujo la Cibernética tanto en la ingeniería como en la neurofisiología, pero el ejemplo más característico y conocido de lo que se hacía por aquella época es el "homeostato" de Ashby. Consistía en cuatro imanes suspendidos en un campo eléctrico en el que se pueden mover; cada imán recibe corriente de una determinada unidad y desviaciones en un imán producían variaciones en las otras tres fuentes de alimentación. Cada una de estas unidades constaba de un interruptor con 25 posiciones que permitía realizar cambios discretos en la corriente que alimentaba cada imán. De esta forma, un cambio en un imán causaba cambios en la alimentación de los otros tres y estas variaciones, por la misma razón, alteraban su propia alimentación. Ashby afirma que el homeostato simulaba los procesos de aprendizaje en los animales al poder "aprender" por premio o castigo. Utilizando tres selectores y dejando uno libre se fuerza en el homeostato un determinado comportamiento, si falla se altera el interruptor libre (castigo), si acierta, no se toca. Cuando se consigue que el homeostato responda siempre como se le ha indicado se ha conseguido establecer una línea estable de comportamiento. El homeostato permitía además otros muchos experimentos como modificar las realimentaciones, cambiar los cables de un interruptor a otro, forzar respuestas a mano, etc. Es interesante ver estos trabajos del homeostato en relación con la noción de aprendizaje y la, por entonces naciente, inteligencia artificial.*

También conviene diferenciar el enfoque sistémico del análisis de sistemas, pues este último es una consecuencia del primero. El análisis de sistemas es una metodología para tratar con sistemas y poder reducirlos a sus componentes e interacciones elementales, pero, para poder hacerlo, primero hay que reconocer los sistemas, que es de lo que trata el enfoque sistémico.

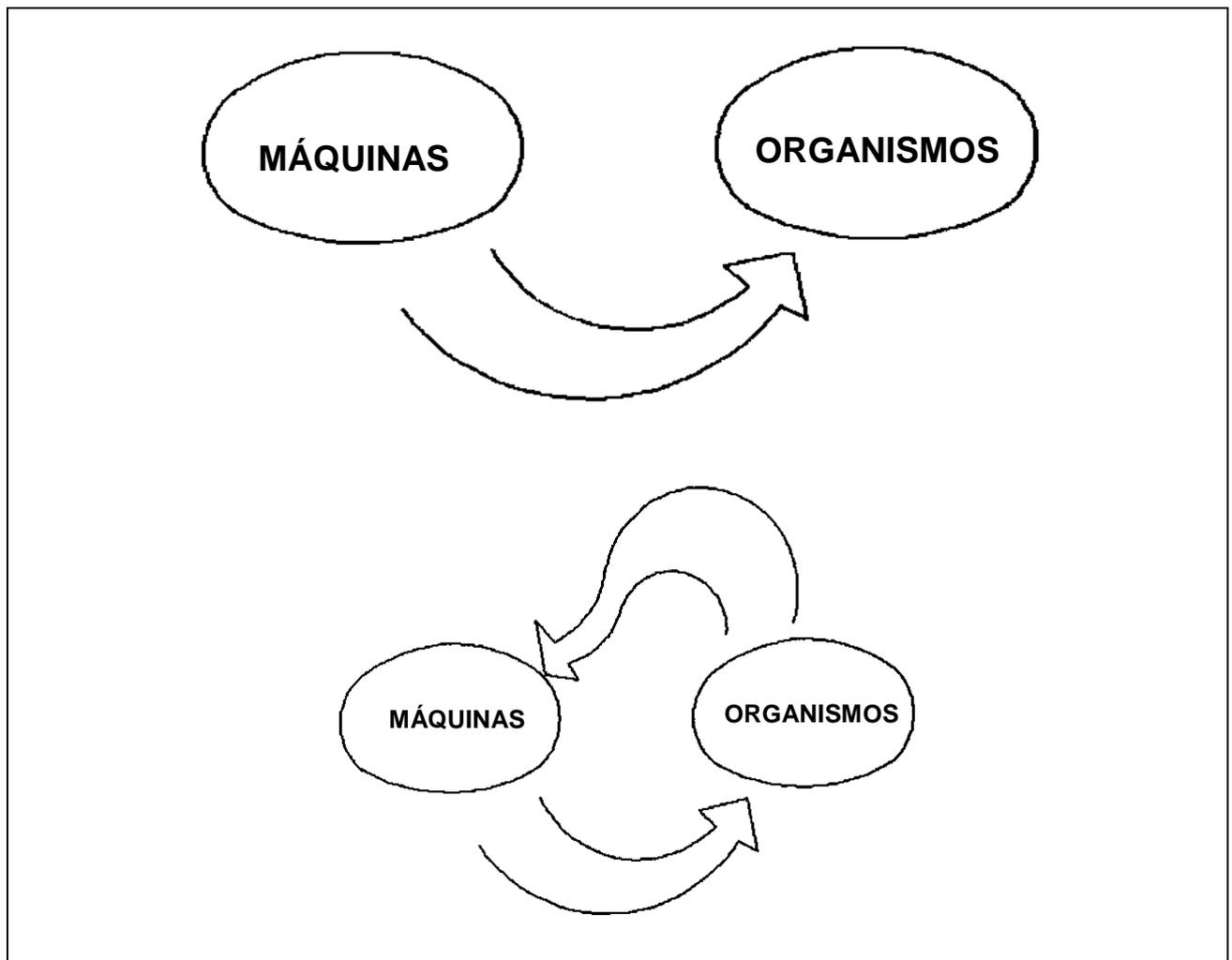
Lo anterior es suficiente para tener una idea más o menos exacta de cómo surgió el enfoque o pensamiento sistémico. Cada autor suele interpretarlo según sus propios intereses haciendo hincapié en algún punto concreto de los que hemos mencionado, principalmente en la Cibernética y en la T.G.S.; pero no son puntos de vista excluyentes sino complementarios pues cada uno recoge las soluciones que se dieron a los mismo problemas desde campos muy diferentes. Aquí desarrollaremos brevemente ambos.

#### 4. Los sistemas, según el M.I.T.

Seguimos en este punto las ideas de Joël de Rosnay [Rosnay, 1975] sobre cómo se desarrolló el enfoque sistémico.

Podemos distinguir tres etapas en la evolución de las ideas sobre sistemas. La primera de ellas se corresponde con la década de los 40 (a finales de la cual aparecen los trabajos de Wiener, "Cybernetics", y la teoría matemática de la información de Shannon) en la que se establecieron diversos principios de control y regulación en las máquinas y se aplicaron en los organismos vivos.

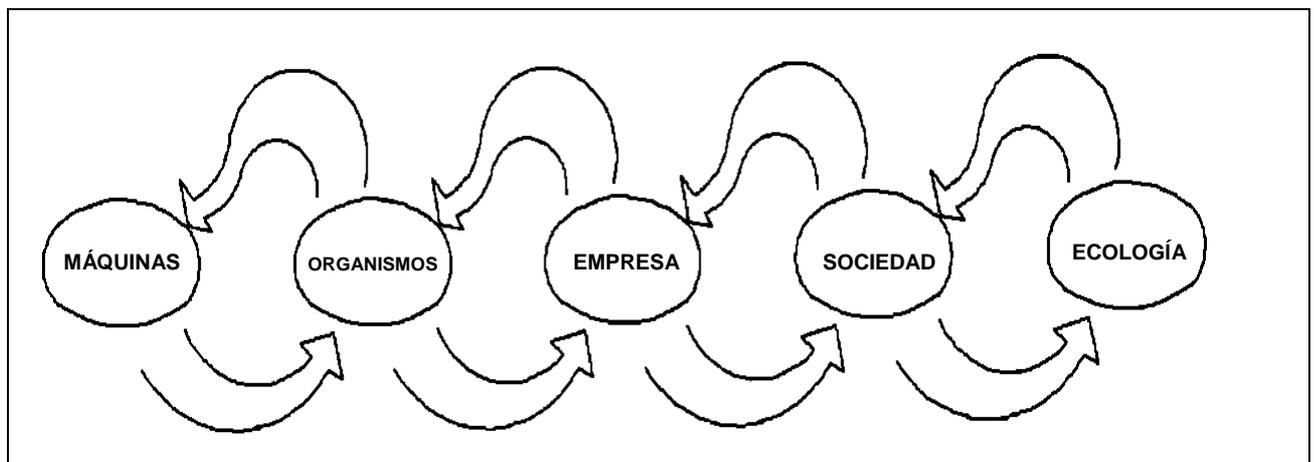
En los años 50 se dio el paso inverso, nociones asociadas a los organismos como memoria, reconocimiento de formas, fenómenos adaptativos, aprendizaje, etc, se empezaron a trasladar al mundo de las máquinas intentando que éstas simularan el comportamiento de los seres vivos. Se produjo también un relanzamiento de los estudios del organismo con progresos importantes en neurología, percepción y visión. (Ejemplo de ello son los trabajos de McCulloch y Pitts sobre la neurona artificial, considerados como la base de las actuales redes neuronales, ver cuadro).



*Fig.1. Las dos primeras etapas de evolución de las ideas sobre sistemas.*

En los años 60 estas ideas se extienden a la empresa, la sociedad y la ecología y dan lugar a lo que podríamos llamar enfoque de sistemas generales, que intenta aplicar todos estos conceptos a sistemas de actividades humanas. Hay que mencionar, para ser fieles a la realidad, que estos trabajos son los más cuestionados y criticados de todo el enfoque sistémico por la forma de plantearlos y por las conclusiones a las que llegan. Más tarde volveremos sobre ello. (Como trabajo más representativo de ésta época podemos citar el de Jay Forrester con su Dinámica de Sistemas).

Estas tres etapas constituyen para Rosnay el eje de la evolución del pensamiento sistémico. La razón para elegir como título del apartado "Los sistemas según el M.I.T" es que la mayor parte de todos estos trabajos se hicieron en esa famosa universidad americana.



*Fig. 2. Extensión evolutiva de las ideas sobre sistemas*

Norbert Wiener, padre de la Cibernética, era un matemático del M.I.T. que, partiendo de trabajos del neurofisiólogo Arturo Rosenblueth y junto con el ingeniero Julian H. Bigelow, a la vista del comportamiento inteligente que parecían exhibir ciertos mecanismos de control (inteligente porque las decisiones se basan en la experiencia y en las previsiones del futuro) llegó a la conclusión de que en el hombre se dan también estos mecanismos de realimentación que permiten controlar la acción y se dedicó a estudiar estos mecanismos de realimentación. En 1948 Wiener publica "Cybernetics" o "Regulación y comunicación en el animal y la máquina". Ese mismo año aparece el trabajo de Shannon y Weaver "Teoría matemática de la comunicación". En esta época se celebran los famosos seminarios de la fundación Josiah Macy, un foro donde se encontraban todas estas ideas y donde se sentaron las bases de muchos avances importantes.

Warren McCulloch, neurofisiólogo que trabajaba con Rosenblueth, tomó estas ideas como punto de partida y empezó a utilizar indistintamente el vocabulario de la ingeniería y de la biología creándose la "jerga" cibernética: aprendizaje, regulación, adaptación, autoorganización, percepción, memoria, etc. Influenciado por Bigelow, McCulloch desarrolla una retina artificial, trabajo en el que colaboran Lettvin, Pitts y Maturana. La necesidad de que las máquinas realicen procesos típicos de los seres vivos acelera la investigación sobre los mecanismos cerebrales. Es el nacimiento de la Biónica, la Inteligencia Artificial y la Robótica.

En esta misma época se funda la Sociedad para la Investigación General de Sistemas, con Bertalanffy, Rapoport, Ashby, Raschewsky y Boulding.

### *Redes neuronales*

*La importancia de la sinergia entre los conocimientos de varios campos se puede ilustrar con un ejemplo muy claro. Las ideas desarrolladas para las máquinas se intentan trasladar a la comprensión de los mecanismos cerebrales. El primer trabajo de este tipo fue el de Warren S. McCulloch y Walter Pitts, un neurofisiólogo y un matemático, publicado en 1943 y titulado "A logical calculus of the ideas inmanent in nervous activity". En él plantean un modelo simple de neurona funcionando con una actividad "todo o nada" (similar a la lógica binaria) y una serie de hipótesis que les permiten concluir que toda sentencia de la lógica de proposiciones se puede expresar con una red de neuronas y que existe una sentencia de la lógica de proposiciones para toda red. A partir de este trabajo, Hebb, en 1949, plantea el aprendizaje por correlación y la "regla de Hebb", una expresión aritmética que permite ponderar las conexiones entre neuronas y, por tanto, modificar la red para que aprenda. En 1958 F. Rosenblatt plantea el aprendizaje por imitación y diseña y construye (1962) el Perceptrón Mark I, una retina artificial con una capa de neuronas asociadas que intentaba utilizarse para reconocer formas.*

*Muchas de estas investigaciones constituyeron la base de las actuales redes neuronales y son una muestra de esa sinergia de conocimientos entre varias disciplinas. Hay que decir también que esta primera etapa fue seguida de un época en la que se abandonaron prácticamente las investigaciones, sobre todo a raíz de la publicación en 1969 de un libro de Marvin Minsky y Seymour Papert en el que se subraya la falta de valor científico de los escritos sobre perceptrones, los resultados frustrantes y además se demostraba que con una sola capa de neuronas se obliga a la separación lineal de las características (un problema relacionado con la topología y que indica, en definitiva, que las características, expresadas en un plano han de poder separarse por otro plano). También sugerían la inutilidad de extender estos sistemas a varias capas (aunque luego esa ha sido la solución adoptada ya que se ha demostrado que con tres capas se puede reconocer cualquier espacio de características).*

La tercera etapa tiene un representante muy conocido: Jay Forrester. Trabajando en el M.I.T inventa una memoria magnética ultrarrápida de la que posee la mayoría de las patentes y que se utilizó en muchos ordenadores hasta el decenio de los setenta. En 1952 se encarga de coordinar un sistema de alerta y defensa para las fuerzas aéreas con la misión de detectar y rechazar un posible ataque enemigo sobre territorio americano. Durante este trabajo se da cuenta de la importancia del enfoque sistémico. En 1961 crea la Dinámica Industrial, en la que las empresas se consideran como sistemas cibernéticos, en 1964 crea la Dinámica Urbana y en 1971 generaliza todos estos trabajos en la Dinámica de Sistemas y hace un estudio de la dinámica mundial. De esta época es el famoso trabajo

para el Club de Roma en el que desarrolló un modelo del mundo del que se extrajeron conclusiones que todavía hoy se discuten.

### *Dinámica de Sistemas*

*La dinámica de sistemas es una metodología para el estudio, modelado y simulación de sistemas dinámicos, es decir, de sistemas en los que lo que interesa es su evolución con el tiempo. Como metodología se basa en las técnicas tradicionales de gestión de sistemas sociales, la teoría de sistemas realimentados y la simulación por computador [Aracil, 1979]. Los conceptos que se utilizan para modelar los sistemas son los niveles (estados), flujos (variaciones de los estados), canales materiales y de información (que indican transmisiones de una magnitud física o de información), variables auxiliares y exógenas (para simular ciertos aspectos de los sistemas), constantes (partes invariables del modelo) y retardos (elementos que simulan un retraso en la transmisión de información o de material). En la simulación del comportamiento de estos sistemas se utiliza un pequeño aparato matemático que sirve para reflejar las variaciones de flujo, la influencia de las variables y las constantes, etc. En general la modelización es bastante intuitiva aunque a base de repetir estas estructuras se llegan a conseguir modelos realmente complejos. Para la programación del ordenador para simulación se utiliza un lenguaje específico de programación llamado DYNAMO.*

*Con estas herramientas Jay Forrester elaboró los conocidos modelos del mundo encargados por el Club de Roma y que le sirvieron a este último para realizar una serie de predicciones sobre la población mundial, la evolución de los recursos naturales, la contaminación, calidad de vida, etc. Estos modelos han sido ampliamente comentados y criticados no sólo en los aspectos relacionados con lo puramente científico sino también desde el punto de vista político y de los objetivos perseguidos. Con ellos se pone de manifiesto un peligro evidente de la metodología sistémica que se hace aún más patente en la dinámica de sistemas. El modelador del sistema refleja en el modelo que construye sus propias creencias de forma que el sistema no refleja exactamente la realidad sino cómo la ve el que la modela, sobre todo cuando se trata de sistemas tan poco conocidos y predecibles en su comportamiento como es el mundo.*

## **5. La Teoría General de Sistemas**

Se considera fundador de la teoría a Bertalanffy, por su insistencia en la creación de un cuerpo teórico partiendo de todas las ideas que iban apareciendo en su momento sobre sistemas en diferentes campos y que consideraba podían agruparse bajo una única disciplina. Sus formulaciones relacionadas con el concepto de sistema abierto fueron las primeras en introducir la idea de sistema como un movimiento científico, basándose primordialmente en la biología donde sostenía que el problema fundamental era encontrar las leyes de sistemas biológicos donde hay subordinación de

las partes y los procesos componentes. Conceptos como el orden, la regularidad y el automantenimiento paralelos al cambio continuo y la regulación son muy difíciles de explicar desde la física o las matemáticas y para Bertalanffy sólo podrían explicarse utilizando nuevos marcos conceptuales [Lilienfeld, 1984].

En 1947 Bertalanffy afirmaba: "existen modelos, principios y leyes aplicables a sistemas generalizados o a subclases suyas independientemente de su naturaleza, del carácter de los elementos componentes y de las relaciones o "fuerzas" existentes entre ellos. Postulamos una nueva disciplina llamada Teoría General de Sistemas" [cita recogida en Bertalanffy, 1979, p. 15]. Esta Teoría General de Sistemas surge, según Bertalanffy, de las siguientes consideraciones [citadas en Aracil, 1979]:

- a) Existe una tendencia general hacia la integración en todas las ciencias, tanto naturales como sociales;
- b) Esta integración puede centrarse en una teoría general de sistemas;
- c) Esta teoría puede ser un medio importante para conseguir una teoría exacta en los campos no físicos de la ciencia;
- d) Esta teoría conduce a la unidad de la ciencia, al desarrollar principios unificadores que integran, verticalmente, el universo de las ciencias individuales;
- e) Todo ello puede conducir a una integración, ampliamente necesitada, en la educación científica.

Y sobre estos puntos intentó construir una metateoría de alto nivel sobre sistemas. En 1950, Bertalanffy publica "An Outline of General Systems Theory" (The British Journal for the Philosophy of Science, 1 (1950), pp. 134-165) y cinco años más tarde aparece en la misma publicación (1955, p. 331) un anuncio de que se está creando una Sociedad para el Progreso en Teoría General de Sistemas. Algunos de los promotores de la idea eran Bertalanffy, biólogo, K.E. Boulding, economista, R.W. Gerard, fisiólogo, y A. Rapoport, matemático. El propósito era la promoción de "sistemas teóricos aplicables a más de un campo de los tradicionalmente considerados en la ciencia". Y los objetivos eran los siguientes [Checkland, 1981]:

- a) Investigar el isomorfismo de conceptos, leyes y modelos en varios campos y facilitar la transferencia de conocimientos de un campo a otro;
- b) Promover el desarrollo de modelos teóricos adecuados en las áreas que carezcan de ellos;
- c) Suprimir la duplicación de esfuerzos teóricos en diferentes campos;
- d) Promover la unidad de la ciencia a través de la mejora de las comunicaciones entre especialistas.

Para los seguidores de Bertalanffy la Teoría General de Sistemas es, en última instancia, una perspectiva o paradigma nuevo, una nueva forma de hacer ciencia. E incluso van más allá al considerar que más que una teoría, en el sentido tradicional del término, es un paradigma para desarrollar teorías y síntesis transdisciplinarias.

Esta es la diferencia fundamental entre la T.G.S. y el enfoque sistémico. La primera busca una formalización bastante estricta de los conceptos e ideas asociados a los sistemas y cree en la existencia de una teoría de sistemas por sí misma sin relación con ningún campo concreto.

Actualmente existen discrepancias dentro de los sistemistas de la T.G.S. sobre cómo interpretar el nombre de la sociedad que les acoge, International Society for General Systems Research puede referirse a la investigación de sistemas generales, es decir el estudio de cualquier tipo de sistema, o la investigación general de sistemas, que constriñe en cierta forma el campo de actuación. Los partidarios de la primera opción llevan la idea de sistema al campo social, a la psiquiatría, a la psicología y a la filosofía (a la que Bertalanffy dedica muchos de sus escritos) y, como se les ha criticado con frecuencia, hacen de ello una ideología cerrada. Los partidarios de la segunda opción tienden a un estudio mucho más formal y matemático de los sistemas buscando aplicaciones concretas no tan difusas y de resultados no tan inciertos. Trabajos como los de Klir (ver Marcos Conceptuales), Checkland, Beer, etc., persiguen una aplicación inmediata de la noción de sistema.

En cuanto al enfoque sistémico, se trata más de una forma de interpretación, de una herramienta, que de una disciplina científica. Sus seguidores no lo proponen como un nuevo paradigma científico aunque reconocen la importancia de este nuevo punto de vista. Para la mayoría de ellos el enfoque sistémico es una herramienta conceptual que permite manejar realidades complejas y que además es un reflejo de esa realidad. Otra cosa es que dispongan de métodos genéricamente válidos para tratar con los sistemas o que se haya alcanzado un grado de formalización aceptable. Para terminar este apartado podemos citar a Simon, que resume muy bien el papel que juega el enfoque sistémico: "su popularidad es más la respuesta a una acuciante necesidad de sintetizar y analizar la complejidad que el desarrollo de un cuerpo de conocimientos y técnicas para tratar la complejidad" [Simon, 1969].

## 6. Logros del enfoque sistémico

No cabe ninguna duda de que los propósitos de los que parte la T.G.S. son muy interesantes pero no es menos cierto que, hasta ahora, tan loables objetivos no se han conseguido. Hay que decir que, en puridad, tampoco existe la teoría general que buscaba Bertalanffy y los mismos fundamentos de la Teoría General de Sistemas han sido objeto de diversas críticas. Para muchos, no es siquiera un cuerpo coherente de conocimientos, sino una serie de analogías muy difíciles de formalizar matemáticamente. La falta de contenido es el precio que se paga por la búsqueda de una generalidad absoluta.

Es cierto que a pesar del tiempo transcurrido no se ha llegado a un cuerpo coherente de conocimientos y lo que se sabe está lejos de poder considerarse una nueva disciplina científica o un paradigma revolucionario. Sin embargo, el enfoque sistémico ha facilitado importantes aportaciones en muchos campos concretos. Ya vimos antes cómo durante el desarrollo de gran parte de estas ideas y como resultado de la interacción entre varias disciplinas surgieron trabajos interesantísimos que hoy se consideran la base de muchas disciplinas importantes.

Los trabajos en el M.I.T. además de crear una terminología hoy ampliamente utilizada, proporcionaron las bases para la Inteligencia Artificial y la Robótica. Ya hemos mencionado los trabajos de McCulloch, pero no fueron los únicos porque todo este movimiento contribuyó a crear un estado de opinión frente a una serie de problemas y esto se reflejó en muy diversas disciplinas desde la neurofisiología a la ingeniería.

La cibernética, a partir de Wiener y Ashby, proporcionó las herramientas básicas de los actuales servomecanismos y estudió por primera vez uno de los conceptos más importantes en el control de máquinas: la realimentación. Como ejemplo que merece comentario aparte podemos citar los trabajos de Beer sobre sistemas viables, basados íntegramente en la cibernética, que hoy en día se aplican con éxito en la gestión de empresas e incluso se ha llegado a diseñar sistemas de gestión de naciones.

La dinámica de sistemas de Forrester, a pesar de las muchas críticas a sus modelos del mundo, también se ha convertido en una herramienta importante para simulaciones no sólo en ingeniería sino en los más diversos campos. Existen varios lenguajes de programación, el primero y más conocido de todos es DYNAMO especialmente concebidos para simular este tipo de sistemas en ordenador.

En general han sido muchas las disciplinas que se han beneficiado del enfoque sistémico y existen muchos trabajos que aunque sin reconocerlo explícitamente recogen la idea de sistema o emplean alguna de las herramientas de los sistemistas. Se puede decir que ha propiciado importantes avances en el desarrollo de conceptos y teorías menos generales de sistemas aplicables a problemas específicos o a determinadas clases suficientemente amplias de problemas.

## 7. Crítica a la noción de sistema

A pesar de considerarse, en general, como una aportación importante, el enfoque sistémico, y más la T.G.S., ha sido objeto de diversas críticas, entre ellas la de ser una mezcla de ideas tomadas de muchos sitios y sin un esfuerzo por cohesionarlas:

"...el enfoque, tal como lo encontramos ahora, recuerda tanto por su historia como por su constitución al fenómeno conocido como "puding de Roxbury". Esta formación se encontró en un suburbio de Massachusetts, fue producto de un movimiento glacial, el cual durante centurias arrastró, acumuló y luego incorporó un tipo de rocas bastante heterogéneo, todas colocadas en una matriz y luego solidificadas en una masa aglomerada. Muchos fragmentos conservan todavía su identidad y su carácter original, algunas han sufrido metamorfosis en diverso grado. De igual manera, el enfoque de sistemas es una especie de mosaico, hecho de trozos y piezas de ideas, teorías y metodologías de un cierto número de disciplinas, entre las cuales son discernibles -además de la ingeniería- la sociología, biología, filosofía, psicología y economía.

Cada disciplina tiene su propia concepción intrínseca y fundamental de sistema, conjuntamente con sus propias definiciones, principios, supuestos e hipótesis. Pero hay una dinámica que las empuja conjuntamente, que las hace "gemütlich" y las provee de un parentesco mutuamente sustentador. Este consiste en su orientación y énfasis en la totalidad de la experiencia, entidad o fenómeno bajo consideración...". (Ira R. Ross, "Systems Analysis in Public Policy: A Critique", p. 27, Berkeley Calif. Univ. of Calif. Press, 1977, [citado por Lilienfeld, 1984, p. 275])

La crítica al movimiento sistemista ha sido muy fuerte desde muchos campos y generalmente se basa en la falta de una formalización seria de los conceptos que maneja más allá de las aplicaciones concretas. Lilienfeld apunta 4 "vicios dominantes" en los sistemistas [Lilienfeld, 1984]:

- 1.- Una debilidad por las propuestas pragmáticas asociada a una escasez de resultados concretos.
- 2.- Una inclinación por fórmulas abstractas, esquemáticas y diagramas que tienen poca aplicación práctica.
- 3.- Peticiones de principio fundamentales que toman las formas de un cambio irregular y presumiblemente invisible desde los "sistemas" concretos en toda su plenitud y complejidad hasta los modelos formales cerrados que se basan en supuestos simplificadores.
- 4.- Ausencia de trabajos concretos más allá del refinamiento del sistema mismo.

Y además añade los siguientes tres puntos como características de la teoría sistémica [Ibid., p.290]:

- 1.- Es una analogía, pese a la negación de muchos teóricos de sistemas.
- 2.- Con la teoría de sistemas se desarrollan pocas operaciones, a excepción de la teoría de la comunicación, donde la filosofía se derivó después del hecho; la filosofía misma no permite operaciones.
- 3.- Asume un determinismo en la ciencia que muchos científicos rechazan.

Críticas que son ciertas en muchos casos y que en parte se derivan de la insistencia de algunos sistemistas en considerar a los sistemas como una disciplina científica y un nuevo paradigma. Como cuerpo genérico de ideas es totalmente cierto que la sistémica ha dado muy pocos frutos, pero si vamos a la aplicación de esas ideas en campos concretos la situación es totalmente distinta. En el campo de las ciencias "duras" los sistemas se han aplicado con bastante éxito y hay también aproximaciones interesantes a problemas "blandos" que ciertamente son más propuestas de actuación o interpretación que aplicación práctica. Donde la crítica aparece más justificada es en campos como la sociología o la filosofía, en las que es frecuentemente cierto que existe una auténtica ideología y propuestas más que discutibles.

Rosnay también señala, con ánimo menos crítico pues es uno de los valedores del enfoque sistémico, algunos peligros de los sistemas [Rosnay, 1975, pp. 126-127]. En primer lugar apunta que es necesaria una desmitificación, que está en la línea de apartarse de los sistemistas "puros y duros" como Bertalanffy y adoptar más una actitud de interés transdisciplinar, en la complejidad y en la interdependencia. Una visión global que permita percibir la realidad compleja de las cosas y no un reduccionismo que tome como base el propio método sistémico. También aconseja huir de una aplicación sistemática de los principios sistémicos, lo que resulta obvio pues el enfoque analítico y el enfoque sistémico son complementarios, y además puede darse el caso de que una utilización abusiva de analogías, homologías e isomorfismos compliquen las cosas en lugar de aclararlas. La unificación total que persiguen los teóricos de la T.G.S. corre el riesgo de convertirse en una simplificación abusiva, una idea fija o una receta de pensar (aquí Rosnay cita a Edgar Morin).

Es cierto que los matemáticos y físicos son los que más problemas tienen para adaptarse a la idea de sistema pues la base fundamental de su pensamiento es el método analítico. Los biólogos, médicos y economistas tienen más facilidad para percibir la noción de sistema pues continuamente están tratando con interacciones y con todos a los que es difícil aplicar el método analítico. Pero es peligroso intentar llevar las conclusiones de un campo a otro sin una profunda reflexión (recordar los postulados de la T.G.S.). De la misma forma, perseguir una teoría unificada de los sistemas que

recoja todos sus aspectos e implicaciones y sea genéricamente aplicable tiene unos riesgos grandes de apartarse de la realidad al ir tras un formalismo matemático generalizador que no se corresponda con la realidad.

## 8. Resumen

El enfoque sistémico ha de verse como una herramienta intelectual muy poderosa que responde, como dice Simon, a una necesidad concreta de tratar la complejidad. Para comprender su significado y valorarlo adecuadamente ha sido interesante repasar su historia, jalonada de descubrimientos y avances importantes, y aceptar la críticas que se le hacen cuando se intentan llevar estas ideas a extremos poco razonables.

Es difícil ver el enfoque sistémico o la Teoría General de Sistemas como una disciplina científica, a pesar de los muchos sistemistas que lo sostienen. Los conceptos son, necesariamente, demasiado vagos e imprecisos pues lo que se busca es la generalidad. Aquí es donde se corre el riesgo de no decir nada sobre todo (frente al riesgo de la especialización, saber todo sobre nada) y donde muchas veces se han centrado las críticas al intentar presentar las ideas sobre sistemas no como una interpretación que permite manejar la complejidad sino como una teoría completa y formal de los sistemas. La propia idea de sistema es bastante difusa pues en cada aplicación se define el sistema de nuevo y aunque hay una concepción básica común las diferencias son a veces importantes.

No cabe duda, sin embargo, de que el enfoque sistémico es una gran ayuda para comprender sistemas en los que las interacciones son muy fuertes e importantes, en contraposición a los sistemas que estudia la física clásica en los que la separabilidad y el principio de superposición son aplicables, por eso es por lo que muchos de los sistemistas son biólogos y también es que muchas de las críticas vienen de matemáticos y físicos que se quejan de la falta de formalismo y precisión de las ideas sistémicas.

Desde el punto de vista de la ingeniería, el enfoque sistémico, como "software mental", es muy útil para percibir la riqueza y la complejidad de los diseños y los desarrollos y, al mismo tiempo, nos proporciona una serie de herramientas básicas para tratar esa complejidad y crear nuestra propia metodología de sistemas.

## Bibliografía

Dividida en dos apartados. En el apartado Notas Bibliográficas se comentarán aquellos trabajos que más profusamente han servido para redactar las páginas anteriores. El apartado de Referencias Bibliográficas contiene todos los trabajos citados.

## Notas bibliográficas

La bibliografía existente sobre sistemas es muy abundante, algunas de las referencias que hemos utilizado son las siguientes:

**El Macroscopio**, de Joël de Rosnay, [Editorial AC, 1977, Madrid]. Un libro con propuestas realmente audaces, muy interesante y ameno de leer. Toca muchos temas y los ejemplos que utiliza van desde la biología (la célula) a la economía, por lo que es muy útil para ver la aplicación del enfoque sistémico a diversas disciplinas. Capítulos especialmente interesantes son los dos primeros, con ejemplos de aplicación del enfoque sistémico a la ecología, la economía, la ciudad, la empresa, el organismo y la célula, y una buena introducción a la historia del enfoque sistémico (aunque algo sesgada hacia los sistemas dinámicos, dejando de lado la T.G.S.). La publicación original, en francés, data de 1975.

**Tendencias de la Teoría General de Sistemas**, de George J. Klir [Alianza Universidad, 208, Madrid 1978]. Referencia frecuente (en el capítulo dedicado a la Simplificación volverá de nuevo), en este libro se recogen varios artículos de diversos autores y especialistas en sistemas, desde Bertalanffy a Ashby, Weinberg y el propio Klir y es muy interesante para profundizar en la problemática asociada a los sistemas, su aplicación en diferentes campos y las líneas de estudio seguidas por destacados sistemistas.

**Perspectivas en la Teoría General de Sistemas**, de Ludwig von Bertalanffy, en la misma colección que el anterior (número 230) y que puede ser útil para ver cuáles eran los planteamientos y motivaciones iniciales que llevaron a la creación de la Teoría General de sistemas. En este libro hay, quizás, un énfasis filosófico y doctrinal que puede dificultar la lectura, por lo demás muchas de las ideas que se exponen son las más criticadas del movimiento sistémico.

**Teoría de Sistemas**, de R. Lilienfeld, [Editorial Trillas, México 1984], traducción del inglés un tanto "especial", lo que puede dificultar en algún momento la lectura, pero que no desmerece en absoluto el interés del libro. Una crítica muy fuerte, y razonada, de ciertos aspectos del enfoque sistémico, sobre todo de los doctrinales y su aplicación como ciencia social. La primera parte contiene una reseña muy elaborada de todas las corrientes de pensamiento y autores concretos que destacan en el movimiento sistémico.

**Perspectivas en la revolución de los ordenadores**, de Z.W. Pylyshyn, [Alianza Universidad, No. 119, Madrid 1975]. Un auténtico "clásico", de él hemos extraído algunas referencias sobre la cibernética y puntos concretos que hemos ido tocando a lo largo del capítulo. No es un libro dedicado a los sistemas sino al desarrollo histórico de la ciencia de los ordenadores. Fundamental para cualquiera que quiera profundizar en la informática y los ordenadores. Se compone de bastantes artículos, extensos en su mayoría, algunos de los cuales fueron aportaciones básicas, entre los cuales destacan los de Von Neumann, Babbage, Shannon, Turing, Simon y Newell.

### Referencias bibliográficas

Aracil, J. (1987) **Dinámica de Sistemas**, Alianza Universidad, num. 58. Madrid, tercera edición.

Bertalanffy, Ludwig von (1979), **Perspectivas en la Teoría General de Sistemas**, Alianza Universidad, número 203, Madrid.

Checkland, P. (1981) **Systems Thinking, Systems Practice**, J. Wiley & Sons, Chichester, 1981.

Klir, G.J. (1978) **Tendencias de la Teoría General de Sistemas**, Alianza Universidad, No. 208, Madrid.

Lilienfeld, R. (1984) **Teoría de Sistemas**, Editorial Trillas, México.

Pagels, H.R. (1989) **The Dreams of Reason, the computer and the rise of the sciences of complexity**, Bantam Books, N.Y.

Pylyshyn, Z.W. (1975), **Perspectivas en la revolución de los ordenadores**, Alianza Universidad, No. 119, Madrid.

Rosnay, J. de (1977) **El Macroscopio**, Editorial AC, Madrid (Traducción de F. Sáez Vacas).

Simon, H.A. (1969) **The Sciences of the Artificial**, MIT Press, Cambridge Ma.