

Sobre el concepto de inteligencia y educación

Por Miguel MARTINEZ MARTIN

1. INTRODUCCION

El trabajo cuyo resumen se presenta (1), pretende conceptualizar de forma satisfactoria aquello que llamamos «inteligencia» y que ha sido objeto de análisis e interpretaciones muy diversas desde perspectivas en ocasiones opuestas y habitualmente parciales. La importancia de este trabajo, en función de la ciencia que me ocupa, la Pedagogía, puede justificarse en el marco de un proyecto de investigación más amplio, consistente en dotar a la Pedagogía de un lenguaje más unívoco que el actual, y a su objeto, la educación, de una interpretación procesual y sistemática que permita su análisis y estudio de forma más rigurosa y científica (2).

Sostenemos que una elaboración científica y rigurosa del concepto de educación debe hacerse a partir de una clara interpretación de los procesos de aprendizaje, especialmente los de tipo psico-socio-cultural, y de una concisa y argumentada determinación de aquello que es condición necesaria y suficiente para que un sistema que aprende pueda considerarse inteligente y objeto de acción educativa y/o pedagógica, con independencia del sistema de que se trate y de la situación de aprendizaje en la que se encuentre.

La tesis que formulo intenta superar la situación conceptual en torno a la inteligencia, apuntando una concepción sistemática y cibernética de la misma.

Propiamente, no definimos ni conceptualizamos lo que es la inteligencia, sino lo que es un sistema inteligente.

El motivo de que no definamos inteligencia, es porque no creemos que ésta sea un sustantivo, sino que creemos en lo inteligente como atributo. Hemos podido comprobar a lo largo de la historia del pensamiento humano cómo este concepto ha desempeñado un papel de «cajón de sastre», en el que se iba almacenando todo aquello que no teniendo una localización específica guardaba una cierta relación con él. En ocasiones se ha confundido inteligencia con conocimiento, en otras con pensamiento, en otras con razonamiento, con intuición, con habilidad, con resolución de problemas, y en general con un

(1) El artículo que se presenta resume la tesis doctoral que el autor realizó entre diciembre de 1975 y diciembre de 1979 en el Dpto. de Pedagogía Sistemática de la Universidad de Barcelona, del que es profesor. Dicha tesis fue leída el 30 de abril de 1980, y obtuvo la máxima calificación. El título de la misma es «Aproximación sistemática a un concepto de inteligencia. Implicaciones pedagógicas.»

(2) En este sentido son de interés básico las aportaciones de los profesores Alejandro Sanvisens y Antoni Colom. A lo largo de diversos trabajos y artículos el primero de ellos ha contribuido fundamentalmente a la creación de una línea o escuela de pensamiento en torno al concepto de educación y de Pedagogía, línea en la que se encuentra el Dr. Antoni Colom y en la que nos iniciamos entre otros, varios profesores del Departamento de Pedagogía Sistemática de la Universidad de Barcelona, el cual bajo la dirección del Dr. Alejandro Sanvisens dedica una de sus áreas de investigación a esta temática desde la perspectiva sistémica, comunicativa y cibernética.

sinfin de conceptos, algunos tan faltos de definición como el propio que estamos considerando. No creemos, ya lo hemos indicado, que la inteligencia sea sólo una capacidad o sólo una actividad, pues no la consideramos ni como una estructura ni como una función.

Nuestra concepción apunta hacia la consideración de lo inteligente como atributo de algo, en nuestro planteamiento como atributo de un sistema sea o no un sistema humano, y entendiendo el concepto sistema en la línea de la Teoría General de Sistemas.

La naturaleza de los sistemas inteligentes no residiría pues ni en su estructura ni en su funcionalidad, sino precisamente en la relación que entre estructura y función se estableciese y conformase al sistema inteligente como tal. Es la relación estructural-funcional la que, mediando unas características que apuntaremos a continuación, conferirá a un sistema el atributo de inteligente.

No nos ocupa la definición de inteligencia, sino la de sistema inteligente. Para ello procederemos estableciendo aquellas características que debe reunir un sistema para ser inteligente y argumentando el carácter de éstas como condiciones necesarias y suficientes para tal fin.

Con el deseo de adoptar una postura superadora del conductismo y de la Gestalt, no destacando ni lo estructural ni lo funcional, y buscando el enlace entre las posturas substancialistas y vitalistas a través de la cibernética y de la T.G.S., formulamos el siguiente concepto de sistema inteligente:

Un sistema es inteligente si y sólo si es un tipo de sistema abierto, que procesa información, es optimizante y a la vez evolutivo. Así pues sus características fundamentales son: la de ser un tipo de sistema abierto, codificativo, adaptativo y proyectivo, autoorganizativo y autorregulador, y evolutivo.

2. LOS SISTEMAS INTELIGENTES COMO SISTEMAS ABIERTOS

Hemos afirmado que el concepto de inteligencia debe ser interpretado desde una perspectiva en la que «lo inteligente» sea un atributo de algo, y que ese algo, que puede o no ser inteligente, sea precisamente un «Sistema». Conviene pues que nos aproximemos al concepto de «Sistema» (3) y lo analicemos no como un término más sino como un término que juega un papel reorganizador, aglutinador y reordenador del dominio científico en el que es usado, y que sugiere por tanto una nueva perspectiva de análisis y estudio, que se conoce con el nombre de perspectiva sistemática (4). Así pues, no

(3) Un intento eficaz de objetivar el significado del término «Sistema» en el dominio de las Ciencias Humanas y Sociales ha sido efectuado por Antonio J. COLOM en su artículo «Sobre el significado del término «Sistema» en Ciencias Humanas y Sociales», en *Mayurga Miscelánea de Estudios Humanísticos*, n.º 15, de la Facultad de Filosofía y Letras de Palma de Mallorca, enero-junio 1976, pp. 93-107.

(4) El enfoque sistémico ha sido aplicado a numerosos campos, y podemos citar a título de ejemplo su aplicación a la metodología educativa efectuada por Alejandro SANVISENS en su artículo «El enfoque sistémico en la metodología educativa. (La educación como sistema)», en *Reforma Cualitativa de la Educación*, Madrid, Sociedad Española de Pedagogía, C.S.I.C., 1973, pp. 245 a 276. También es de interés al respecto «Métodos educativos», en *Revista Española de Pedagogía*, n.º 118, abril-junio 1972, pp. 137-168, del mismo autor. Una aplicación al campo de la economía es efectuada por BARBO DURAN en su tesis doctoral presentada en la Facultad de Ciencias Económicas de la Universidad de Barcelona con el título *Sobre una Teoría General de Sistemas. Aplicaciones a comportamientos y decisiones económicas*, Barcelona, 1966. Otra aplicación de gran interés es la efectuada por Juan Ignacio JIMENEZ NIETO al campo de la Administración en su obra *Teoría General de la Administración, la Ciencia Administrativa a la luz del Análisis Sistémico*, Madrid, Tecnos, 1975. Sin temor a equivocarnos, se puede afirmar que A. J. Colom es uno de los representantes más notables y brillantes de la línea de pensamiento de Alejandro Sanvisens. La escuela de Sanvisens y por lo tanto su línea de pensamiento se centra en el estudio sistémico y cibernético de las ciencias sociales, y de forma particular en el análisis interdisciplinar de la educación como un sistema. En este marco teórico, la Teoría de la Relación desempeña un papel básico como perspectiva interpretativa del hecho educativo y del hecho social en forma más amplia. Es posible que el origen de estos planteamientos y por lo tanto el punto de partida inicial que sustenta los principios básicos de este movimiento sistémico y relacionante en torno a la educación, se encuentre en el trabajo que Alejandro SANVISENS publicó en la *Revista Española de Cultura Tesis*, n.º 6, editada en Barcelona. Dicho trabajo fue escrito en homenaje a Albert Einstein con motivo de su muerte, y llevaba el título «Estructura de lo Real, Teoría de la Función y del Grupo». En este artículo el autor enuncia treinta puntos a partir de los cuales puede entenderse su perspectiva científica y la del movimiento o escuela que actualmente existe en su línea.

sólo concebimos que ese «algo» inteligente debe ser un Sistema, sino que la inteligencia como tal debe ser estudiada sistemáticamente.

El concepto de Sistema implica un conjunto de elementos en interacción, la cual deberá ser dinámica, pues los elementos que conforman a aquél poseen unas características, unas propiedades y unos atributos, y están sujetos a tensiones internas y a influencias externas. Debido a esta interacción y como consecuencia de ella los sistemas poseen unas características que los identifican y que son condiciones necesarias y suficientes para su existencia como concreciones de la realidad.

En este momento, de todas las características que configuran a los sistemas, la que más nos interesa es la que se refiere a su posible actividad y que clasifica a los sistemas en estáticos y dinámicos, y éstos en abiertos (5) y cerrados. La distinción entre estos dos tipos de sistemas implica problemas como pueden ser: la distinción entre mundo vivo e inerte, el problema de la evolución, de la autoorganización y la diferenciación, etc. La ciencia se ha ocupado de los sistemas abiertos desde la década de los cuarenta de nuestro siglo. Con anterioridad el objeto de estudio eran los sistemas ce-

rrados; así por ejemplo, la termodinámica se ocupó durante mucho tiempo de los procesos reversibles y del equilibrio, en suma de la termostática cuyo objeto de estudio era evidentemente sistemas cerrados. Actualmente y desde hace algunas décadas la termodinámica clásica a dado paso, o mejor dicho, se ha visto superada y ampliada por la termodinámica irreversible, aquella que se ocupa de los procesos irreversibles y de los desequilibrios, en suma, de los sistemas abiertos. El nuevo planteamiento no sólo ha permitido el estudio de procesos y estados propios de los sistemas abiertos sino que ha interpretado aspectos y matices de los sistemas cerrados no explicados anteriormente con rigor científico.

Los sistemas abiertos poseen una serie de atributos que los diferencian de los cerrados. El primero de ellos está relacionado con el vocablo que los distingue. Un sistema abierto es aquél que está inserto en un medio complejo y multiforme de forma tal que su funcionalidad influye en el medio y a la vez es influida por él. En otros términos, un sistema abierto es aquél que está abierto al entorno y que requiere del mismo para su desarrollo. En un sistema cerrado, su estado, en un momento determinado temporalmente, es determinado por su estado en el momento anterior. Por el contrario, en un sistema abierto el estado temporal no está determinado por el anterior sino fundamentalmente por la transferencia del sistema y por su índice de reacción.

En los sistemas abiertos no sólo hay producción de entropía sino que existe un transporte de ésta, gracias a la incorporación de «materia» que tiene una elevada energía libre o entropía negativa. Esto permite que el equilibrio entrópico en un sistema abierto, por ejemplo un sistema inteligente, pueda ser negativo. Ello hace por lo tanto que el sistema se desarrolle hacia estados de improbabilidad elevada, orden y diferenciación.

Los sistemas inteligentes por el hecho de ser abiertos deben mantenerse en un estado negantrópico. Sin embargo existen diversos tipos de sistemas abiertos que, aun siendo negantrópicos, no poseen las características necesarias para ser inteligentes. Estoy refiriéndome en concreto a aquellos sistemas abiertos que son homeostáticos, que poseen un repertorio fijo de señales en el subsistema de control y que disponen únicamente de mecanismos de feed-back negativo (por ejemplo el sistema de regulación de

(5) Alberto HIDALGO, de la Universidad de Oviedo, reexpone críticamente «El Sistema» de la Teoría General de los Sistemas» en un trabajo con este mismo título publicado por la Revista *El Basilisco*, en su n.º 1, pp. 57-63. En dicho trabajo, el autor hace referencia a tres trabajos clave sobre sistemas abiertos y que son reflejo del momento en el que estaban las investigaciones sobre la noción de sistema abierto, estado uniforme y proceso irreversible a finales de la década de los treinta. Nos estamos refiriendo al trabajo de Wolfgang KOHLER «The place of Valnes in the World of Fac», publicado en 1938 por Liverlight, Cap. 8.º, pp. 314-328, y reproducido en la compilación de F. E. EMERY *Systems Thinking* de Penguin Books, Harmondsworth, Middlesex, en Gran Bretaña en 1969. El segundo de los trabajos data de 1939, se debe a A. C. BURTON y aparece publicado en el *Journal of Cellular and Comparative Physiology*, n.º 14, pp. 327-349, con el título «The properties of the Steady State Compared to Those Equilibrium as Shown in Characteristic Biological Behavior». El tercer trabajo se debe al propio Ludwig von BERTALANFFY y es publicado en 1940 con el título «Der Organismus als Physikalisches System Betrachter», en *Die Naturwissenschaften*, n.º 28, pp. 521-531.

la temperatura corporal). Estos sistemas abiertos son conocidos como morfoestáticos, en oposición a los sistemas abiertos morfogénicos. Sin lugar a duda nos interesan los sistemas abiertos morfogénicos o cibernéticos, de los cuales existen diferentes tipos. De entre ellos, los que implican grandes controles y son capaces de procesar símbolos son los más adecuados para interpretar lo que es un sistema inteligente.

La naturaleza de los sistemas inteligentes no queda explicada si nos limitamos a decir que son sistemas abiertos y morfogénicos. Es preciso matizar aún más y caracterizar más detalladamente sus diferencias con otros sistemas que siendo abiertos y morfogénicos no creemos que puedan ser considerados inteligentes.

La clasificación que comentaremos a continuación refleja una tipología de los sistemas que, en mi opinión, supera al resto de clasificaciones (6).

Dicha tipología está construida en función de la capacidad negantrópica de los sistemas. En este mismo sentido es en el que podríamos ordenar los sistemas según su gradiente de inteligencia (pero ya nos ocuparemos de analizar estos aspectos en otro capítulo). La coincidencia entre mi planteamiento sobre lo que es un sistema inteligente y el de John A. Busch (7) en el momento de tipificar los sistemas según su capacidad negantrópica, permite que me exprese con un lenguaje más cibernético, sistémico y científicamente aceptado al referirme al objeto central de este capítulo: la caracterización de un sistema inteligente como sistema abierto y morfogénico.

En la clase de sistemas abiertos podemos efectuar una partición en dos, surgiendo así los sistemas abiertos morfoestáticos y los morfogénicos. Esta partición permite diferenciar por una parte los sistemas entrópicos o sistemas cerrados y por otra los sistemas morfoestáticos y morfogénicos o sistemas abiertos. Ahora bien, esta clasificación sitúa en una misma clase un conjunto de sistemas que poseen atributos y funcionalidades muy diversas. Nos estamos refiriendo a los sistemas abiertos morfogénicos. En este tipo de sistemas tienen cabida desde un conejo hasta un ser humano, pasando por la metamorfosis de los coleópteros o por cualquier sistema de carácter biológico o psicosocial en evolución.

Como es obvio, todo el conjunto de sistemas incluidos en la clase de sistemas abiertos morfogénicos requería una ordenación y una tipificación.

La tipificación se efectúa en función de la capacidad negantrópica de los diferentes sistemas-tipo. Así surgen tres grandes tipos de sistemas: Cibernéticos I, Cibernéticos II y Cibernéticos III. Los sistemas Cibernéticos I son aquellos que están dotados de feedback negativo; son pues sistemas homeostáticos y se identifican con los sistemas abiertos morfoestáticos, mientras que los Cibernéticos II y Cibernéticos III son sistemas abiertos morfogénicos.

Los sistemas abiertos morfogénicos y Cibernéticos II, se pueden clasificar en sistemas de alteraciones limitadas, sistemas anamórficos y sistemas evolutivos. Por último, los sistemas abiertos morfogénicos y Cibernéticos III son aquellos que están dotados de subsistemas de control altamente variables, los cuales gobiernan el cambio en las estructuras organizativas del sistema como si se tratase de una interacción global entre el sistema y su ambiente. Estos cambios son el resultado de las interacciones y tensiones que se producen entre el sistema en un momento determinado y la naturaleza de la situación o entorno en la que existe momentáneamente.

Así conformados, los sistemas CIB III son capaces, gracias a los subsistemas de

(6) El artículo de John A. BUSCH del Departamento de Sociología de la Universidad de Louisville, Kentucky, titulado «Cibernetics III. A system-typs applicable to human beings», y publicado recientemente por la revista de la Asociación Internacional de Cibernética de Namur, *Cybernetica*, en su n.º e de 1979, pp. 89-104, amplía algunos aspectos de los que a continuación se mencionan y coincide en sus líneas generales con algunos de los planteamientos formulados en este trabajo. He adoptado, en ocasiones, la terminología usada por Busch para expresar algunas de las ideas que guían mi trabajo, con el objetivo de no colaborar a una mayor confusión terminológica al respecto.

(7) BUSCH, John, A. o.c. pp. 91-93.

control, de procesar símbolos, imágenes e indicios. De esta forma el sistema está abierto a la influencia ambiental y a la arbitrariedad de los hechos y procesos que deba codificar.

La organización interna o estructura del subsistema de control no es por lo tanto rígida sino muy flexible, no es fija sino que está en función de las transacciones que se producen entre sistema y ambiente. Esta característica de flexibilidad es una de las diferencias más notables entre CIB II y CIB III. La morfogénesis propia de CIB III es explicable así gracias al hecho de que el subsistema de control sea tan altamente variable. Este produce cambios internos en el sistema, es decir, entre sus elementos o componentes, a la vez que desencadena todos los mecanismos de compensación necesarios en función de los cambios ambientales.

El resultado de las operaciones que realiza el subsistema de control se puede concretar en su capacidad para engendrar cambios en las relaciones entre los elementos del sistema y así transformar estructuralmente a éste.

Evidentemente, un subsistema de control que sólo procesa un tipo de información, de símbolos, señales o indicios, debe ser fijo. Ahora bien, la aparición de un agente externo al sistema puede obligar a una redistribución de los signos a los que el control es sensible y de esta forma lograr que el subsistema sólo sea impresionable a partir de este momento a los nuevos signos. A todo esto hay que añadir que la acción de un sistema no puede ser atribuida únicamente a su estructura interna, ni tampoco de forma exclusiva a la dinámica que supone esa estructura respondiendo al ambiente. Es necesario entonces un control variable que permita que sea eficaz más allá de los meros intercambios con el ambiente, y que incluya su estructura inicial y los cambios que en ella se produzcan debido al progreso de las transacciones sistema-medio.

Nos encontramos pues ante una ordenación y tipología de sistemas que nos ofrece una perspectiva más amplia e integradora que la mayoría de los planteamientos teóricos en torno no sólo a la naturaleza de la inteligencia sino a la vida en general.

Lógicamente, lo anterior no es suficiente para caracterizar lo que es en nuestra opinión un sistema inteligente. Es preciso ahondar en su dimensión codificativa, en sus aspectos y procesos adaptativos y proyectivos y por supuesto en su dimensión evolutiva.

Aunque usando una terminología y un punto de partida notablemente diferente, es posible que estos planteamientos sean próximos a las posturas de Jean Piaget y del constructivismo psicogenético. Lo que parece evidente es que el sistema abierto morfogénico y dotado de subsistema de control altamente variable que hemos venido analizando, y que identificamos con lo que en primer lugar debe ser un sistema para caracterizarlo como inteligente, es preciso en su definición, y abierto a posibles investigaciones empíricas útiles y a especulaciones teóricas provechosas.

3. DIMENSION CODIFICATIVA DE LOS SISTEMAS INTELIGENTES

Al enunciar las características que debe reunir un sistema para ser un sistema inteligente, hemos considerado la capacidad de procesar información, es decir, su carácter codificador o codificativo (8).

Un sistema dotado de características que desde esta concepción permiten calificarlo como inteligente, codifica la realidad para posteriormente transformarla y operar sobre ella. Sólo a través de procesos de codificación un sistema es capaz de aprender y de ser inteligente. La codificación, la existencia de códigos, implica forzosamente la existencia de convenciones sociales cuyo objetivo es generar funciones semióticas (9). Esta

(8) En este sentido, son de utilidad las aportaciones que Jagjit SING comenta en su obra *Great Ideas in Information Theory, Language and Cybernetics*, traducida al castellano por Ana Julia GARRIGA TRILLO con el título *Teoría de la información, del lenguaje y de la Cibernética*, Madrid, Alianza Editorial, colección «Alianza Universidad», n.º 29, 1972.

(9) ECO, Umberto *Tratado de Semiótica General*, trad. Carlos MANZANO, Barcelona, Edit. Lumen, 1977, p. 31. En lo que sigue nos basamos en los conceptos de signo, código y S-código definidos por ECO. SAUSSURE plantea su concepto sobre signo y semiología en 1916 en *Cours de linguistique générale*, publicado por Payot en París, obra que está traducida, prologada y ampliada en sus notas por Amado ALONSO, y publicada por Charles Bally y Albert Sechehaye con la colaboración de Albert Riedlinger en Buenos Aires, Losada, 1945.

implicación presupone lógicamente la existencia de procesos de comunicación que permitan la producción de signos y aprovechen las posibilidades de un sistema de comunicación para producir expresiones (10).

Todo proceso de codificación va acompañado pues de un proceso de comunicación que podemos distinguir de la simple información.

Cuando un sistema inteligente interactúa con otros sistemas inteligentes o no, con el medio o con objetos de la realidad, procesa el significante o palabra que nombra el objeto, el objeto portador de significación, y el contenido de la expresión que designa el objeto, es decir, el significado del significante.

Volviendo a nuestro problema, decimos que un sistema inteligente al procesar la información y al comunicarse precisa de un sistema de significación que llamamos código. Ahora bien, ¿qué es lo que codifica?, y ¿cómo codifica un sistema inteligente? Está claro que un sistema inteligente codifica la realidad o medio exterior y sus modificaciones, regulaciones, procesos internos e interrelaciones con otros sistemas. Así pues, desde los signos naturales hasta los signos creados como artificio comunicativo, un sistema inteligente interpretará la realidad codificándola adecuadamente.

Cuando un sistema procesa información, es decir codifica, no lo hace de forma única, global y simplificada con un sólo tipo de uso y forma de codificación, sino que lo hace de múltiples formas usando diversos principios de codificación.

Un sistema inteligente al codificar puede basarse en principios de codificación digital o analógica, o, en otra terminología, en principios arbitrarios o icónicos. Sin embargo existen actos, comportamientos o hechos en general que no son codificados ni arbitraria ni icónicamente. Surge pues la necesidad de reformular de alguna forma el propio concepto de codificación.

Los abundantes estudios en el campo de la Cibernética, de la Teoría de la Información, de la Comunicación, de la Semiótica, de la Semiología, de la Lingüística y de otras ciencias que se ocupan de la complejidad, han permitido resultados que sirven de punto de partida joven y nuevo en torno al tan debatido tema de la codificación (11).

El problema de si un sistema codifica analógica o digitalmente y la confusión en torno a estos términos, parece estar en vías de solución.

Un sistema inteligente codifica en función de unas «reglas constitutivas de la materia significante» (12) que permiten investir a dicha materia de un sentido. Estas reglas constitutivas se basan como mínimo en cuatro dimensiones: Discontinuidad-Continuidad, Arbitrariedad-No arbitrariedad, Similitud-No similitud, y Sustitución-Contigüidad, combinables en dieciséis conjuntos de normas de los cuales ocho son contradictorios y ocho

(10) En este sentido y de forma más amplia puede leerse la obra de U. ECO antes citada y también *Appunti per una semiologia delle comunicazioni visive*, Milán, Bompiani, 1967; *La estructura de lo ausente*, Barcelona, Lumen, 1972 (publicada por el autor en Milán, Bompiani, 1968); *Le forme del contenuto*, Milán, Bompiani, 1971; y por último, *Il Segno*, Milán, Isedi, 1973, traducida al castellano por Labor de Barcelona en 1976 con el título *Signo*. Las obras de Umberto ECO antes citadas y en especial el *Tratado de Semiótica General*, aclaran y desarrollan extensamente estas cuestiones que pueden ser comparadas con las posturas de Charlie SANDERS PEIRCE en sus *Collected Papers* escritos entre 1931-1935 y publicados por la Harvard University Press en Cambridge, y con las de Charles MORRIS en sus escritos de 1938, «Foundations of the Theory of Signs», *International Enc. of Unified. Sc 1, 2*, Chicago, University of Chicago Press, 1959; de 1946 *Signs, Language and Behavior*, publicado por Prentice Hall en New York y traducido al castellano por J. ROVIRA ARMENGOL en Buenos Aires para Losada en 1962 con el título *Signos, lenguaje y conducta*, y *Writings on the General Theory of Signs*, publicado por Mouton en La Haya en 1971.

(11) SHANNON, Claude E. y WEAVER, Warren *The Mathematical Theory of communication*, Urbana, The University of Illinois Press, 1949. WIENER, Norbert «Cybernetics or Control and Communication in the Animal and the Machine», *The technology Press of M.I.T.*, Cambridge, John Wiley, New York, Herman et Cie, París, 1948. Con posterioridad surgen otros dos estudios muy relacionados con las temáticas cibernéticas, comunicativas y relativas a la Teoría de la señal y de la información. Se pueden ampliar estos aspectos con la lectura del artículo que sobre «Cibernética y Comunicación» publica Alejandro SANVISENS MARFULL en la Revista del Instituto de Ciencias Sociales de la Diputación de Barcelona, con motivo de la V Semana Internacional de Ciencias Sociales celebrada en 1968. En concreto la cita corresponde a la pág. 63 del texto.

(12) En los párrafos sucesivos nos referiremos en ocasiones al artículo de Eliseo VERON del antiguo Centro de Investigaciones Sociales del Instituto Torcuato di Tella de Bueños, «L'analogique et le contigu. (Notes sur les codes non digitaux)», publicado por la revista *Communications* de París en su n.º 15 de 1970.

posibles. De estos ocho posibles existen dos que se asemejan a los conocidos vulgarmente como principios de codificación analógica y digital, y existen otros seis que son híbridos y que comparten características de ambos principios, o se refieren a actos o materia que o «no son codificables», o «lo son intrínsecamente» (13).

La terminología basada en la dicotomía analógico-digital es inadecuada. Urge introducir una nueva, y en mi opinión la expuesta a lo largo de este capítulo, basada fundamentalmente en las aportaciones de la semiología y la semiótica, parece ser un buen punto de partida que requiere investigaciones y posteriores desarrollos (14).

El problema de la intuición y de la creatividad, que luego desarrollaremos con mayor atención, queda incluido en esta perspectiva del problema de la codificación, permitiendo una mayor agilidad y rigor terminológico en el tratamiento de estos conceptos.

En términos clásicos, un sistema inteligente no sólo procesa información en sentido analógico o digital, icónico o arbitrario, sino que además procesa acciones u operaciones, según nos refiramos al medio externo o interno al sistema, que más que representar algo son ese algo. Existe pues un cierto conocimiento directo que escapa de toda codificación en términos clásicos. Según el nuevo planteamiento del problema pre-semiológico que supone el análisis de los «procesos de producción de sentido», diríamos que ese conocimiento directo cuando se trata del medio externo, y esa intuición, ese «eureka», cuando se trata del medio interno, es susceptible de ser clasificado junto a otros tipos de procesamiento de la información.

4. DIMENSIONES ADAPTATIVA Y PROYECTIVA DE LOS SISTEMAS INTELIGENTES

Hemos caracterizado lo que es un sistema inteligente desde la perspectiva sistémica y cibernética como un tipo de sistema abierto que procesa información, es decir, que es codificativo. La caracterización así iniciada debe ser completada ahora en sus dimensiones adaptativa y proyectiva. Los procesos de adaptación y de proyección conforman en el sistema un proceso resultante de regulación y auto-organización, que en relación con la característica morfogénica del sistema hace que éste tienda hacia situaciones de equilibrio móvil, dinámico y fluyente. Esta tendencia optimizante constituye en nuestra tesis la tercera característica que debe cumplir un sistema para poder ser considerado inteligente (15).

El hecho de que un sistema procese información implica, desde la perspectiva de la Teoría de la Información, de la Comunicación y de la Semiótica, un proceso codificativo, y desde la perspectiva cibernética, un proceso de regulación.

Lógicamente todo proceso dinámico en el que entre en juego la información y la comunicación comporta de forma inequívoca aspectos reguladores. Si nos referimos a un sistema estos aspectos reguladores tenderán fundamentalmente al logro de un equilibrio dinámico y móvil, lo que se conseguirá principalmente gracias a las desviaciones, desequilibrios y crisis a los que el sistema está sujeto en su interacción con el medio.

Si nos situamos en el campo de los sistemas abiertos, esta búsqueda de equilibrio

(13) EKMAN, Paul y FRIESEN, Wallace «Origen, uso y codificación. Bases para cinco categorías de conducta no verbal», en *Lenguaje y Comunicación Social*, B. Aires, Nueva Visión, 1976, pp. 55-106. Según nos referimos a Ekman y Friesen (actos no codificados) o a Umberto Eco (actos codificados intrínsecamente).

(14) Al respecto son de interés por su relación con la temática la obra de BATESON, Gregory «Information and Codification: a philosophical approach», en J. RUESCH and G. BATESON *Communication. The social matrix of Psychiatry*, New York, Norton, 1951, y de MORRIS, C. *Signs, language and behavior*, New York, Prentice Hall, 1946, citadas por Eliseo VERON en su o.c. La obra de RUESCH, J. y BATESON, G. fue traducida al castellano por Paidós de Buenos Aires con el título *Comunicación. La matriz social de la psiquiatría*. La de Charles MORRIS ha sido citada ya en versión castellana. BATESON, Gregory y JACKSON, don «Some varieties of pathogenic organization», en *Disorders of communication*, n.º 42, 1964, pp. 270-290. VERON, Eliseo «Para una semiología de las operaciones translingüísticas», en *Lenguajes*, año 1, n.º 2, diciembre 1974, pp. 11-36.

(15) La redacción de estos párrafos está inspirada fundamentalmente en opiniones sustentadas por el Dr. Alejandro SANVISENS, algunas de las cuales se reflejan en las «Actas del VI Congreso Nacional de Pedagogía», tomo «Discursos y conferencias», pp. 66-88, publicadas por la Sociedad Española de Pedagogía y el Instituto de Pedagogía del C.S.I.C. con el título genérico *Crítica y porvenir de la educación*, Madrid, 1976.

puede traducirse en la obtención de un equilibrio dinámico fluyente que conlleve una estructuración y organización de los sistemas en un sentido negantrópico, opuesto a la probabilidad entrópica y la estabilización del sistema que lo harían inoperante y estéril. En nuestro tema, tal y como hemos comentado antes, los sistemas inteligentes podrían ser ordenados en función de esa capacidad negantrópica que fluye de la conjunción de los procesos de información y de regulación.

Los procesos de regulación se efectúan a través de dos mecanismos básicos: el feed-back negativo y el feed-back positivo. El proceso de regulación basado en el feed-back negativo se asemeja al principio biológico de la invarianza. Por medio de este tipo de regulación se mantiene la homeostasis del medio interno al sistema, manteniendo éste su vitalidad. Por su parte el proceso de regulación basado en el feed-back positivo, se comporta de manera que ante cualquier variación el sistema experimenta un estado de desequilibrio cada vez mayor.

Estas son básicamente las dos formas a través de las que habitualmente se manifiesta la regulación en un sistema. Sin embargo, la «regulación» es sólo una acepción del término «control». Se hace necesario entonces analizar también su significado de «mando» (16).

Un sistema puede manifestar su control a través de un tercer tipo de regulación realizada por mando: la regulación anticipatoria o por predicción. En este caso, el feed-back o realimentación es sustituido por el feed-forward o alimentación anticipatoria, también conocido como feed-before. La regulación por mando actúa de acuerdo con un objetivo o patrón que influye en el comportamiento presente del sistema pero que tiene un sentido de futuro, y así entendida, guarda una cierta relación con el principio biológico de la teleonomía. En nuestro caso esta regulación es de gran importancia. No hemos de olvidar que en principio un sistema inteligente es un sistema anticipatorio, y que su interpretación no es posible ateniéndonos simplemente a procesos adaptativos, homeostáticos o psicostáticos. El feed-back negativo no es pues el único mecanismo regulador de un sistema inteligente, ni la corrección de las desviaciones puede efectuarse mediante procesos únicamente adaptativos. Es necesaria la aparición de este tercer tipo de regulación o control anticipatorio para poder explicar la dimensión proyectiva que junto a la adaptativa configura cibernéticamente a un sistema inteligente.

Desde un punto de vista funcional toda adaptación comporta la conservación de un estado de equilibrio y la definición de uno nuevo. Existe pues una adaptación-estado y una adaptación-proceso (17). El equilibrio, como ya hemos indicado, no se concibe de forma estática, sino de forma dinámica.

Funcionalmente, estamos en condiciones de afirmar que existen tres relaciones fundamentales en todo proceso de adaptación, y que estas tres relaciones son condiciones necesarias y suficientes para que se de este proceso. La primera de ellas explicita las variaciones del sistema en función del medio; la segunda, las variaciones del sistema en función de sí mismo; y la tercera, las variaciones del medio en función del organismo.

Si anteriormente sosteníamos que la capacidad negantrópica de un sistema estaba en relación directa con su dimensión inteligente, aquí podemos afirmar que la eficacia adaptativa de un sistema, entendida como acabamos de comentar, está también relacionada directamente con su dimensión inteligente.

(16) TIZON GARCIA, Jorge L. «Modelos cibernéticos de la personalidad», en *Teorema*, n.º 4, 1973, pp. 543-563.

(17) F. MEYER expone este origen epistemológico del concepto de adaptación, que nace en el siglo XIX, en su colaboración en la obra *Les processus d'adaptation*, París, PUF, 1968, de la cual hemos utilizado la versión castellana de Hugo ACEVEDO publicada en primera edición en 1970 por Editorial Proteo de Buenos Aires con el título *Los procesos de adaptación*. La obra recoge las contribuciones y coloquio correspondientes a la décima sesión de la Asociación de Psicología Científica de Lengua Francesa que tuvo lugar en el Instituto de Neurofisiología del CNRS de Marsella, y en el que participaron entre otros François Bresson, Ch. H. Marx, Joseph Nuttin, Paul A. Osterrieth, Jean Piaget y Francis Meyer. En la misma obra Francis MEYER analiza algunos aspectos que comentaremos más adelante. Guy CELLERIER por otra parte distingue adaptación como proceso y adaptación como estado en *Cybernetique et epistemologie. Etudes d'Epistemologie genetique* XXII, París, P.U.F., 1968.

Un sistema inteligente debe estar caracterizado en su dimensión adaptativa como sigue. En primer lugar, debe poseer una plasticidad frente al medio que le permita a través de su sensibilidad y tensión la interacción constante con el ambiente y su variedad (18). En segundo lugar, debe ser capaz de reordenar el medio, crear variedad en él, y diferenciar así en detalle el conjunto de hechos y estados, propiedades y relaciones que lo constituyen. En tercer lugar, debe ser eficaz en su dimensión selectiva al escoger de entre aquellos rasgos o aspectos que el sistema posee, los que contribuyan mejor a la reordenación del ambiente. Por último, nuestro sistema debe tender a conservar los procesos que le permiten reordenar el ambiente y su variedad, y debe ser capaz de desarrollar estos procesos y extenderlos a otras situaciones en las que puedan ser eficaces en su interacción con el medio, contribuyendo así a facilitar su próximo momento adaptativo.

Desde la moderna Teoría General de Sistemas se puede afirmar que un sistema inteligente es un sistema de elevado potencial adaptativo, caracterizado por unos niveles de estabilidad y flexibilidad óptimos. La estabilidad asegura el mantenimiento del conjunto de interrelaciones, significados y jerarquías internos al sistema dentro de una coherencia, mientras que la flexibilidad estructural permite el cambio y asegura las reorganizaciones necesarias en función de las tensiones provocadas por el entorno y de las condiciones internas del sistema. Fundamentalmente, un sistema inteligente es un sistema adaptativo complejo capaz de conservarse o de desarrollarse reestructurándose en la medida en que sea preciso.

La variedad del sistema, representativa de la variedad y diferenciación del medio, el nivel de tensión necesario en el sistema, los circuitos de comunicación intrasistémica que dan dinamismo y permiten hablar de fines o metas del sistema, los mecanismos selectivos o de toma de decisiones y los de conservación y propagación de significados, símbolos e informaciones que le hayan sido útiles y eficaces en sus adaptaciones anteriores, constituyen los rasgos más destacables de los sistemas inteligentes considerados como sistemas complejos de elevado potencial adaptativo.

Ahora bien, recordemos que se ha afirmado que la dimensión adaptativa no es suficiente para explicar un sistema inteligente. Necesitábamos junto al feed-back negativo y al feed-back positivo un tercer mecanismo de regulación: el feed-before. El concepto de regulación, fundamental en Cibernética y eje de este capítulo, está íntimamente ligado al de retroacción. La regulación es explicada en su dimensión equilibradora, fluyente y adaptativa gracias a los mecanismos de retroacción o feed-back, especialmente los correctores o negativos. Sin embargo cuando nos referimos a sistemas de elevado potencial adaptativo y a sistemas readaptativos, es decir, a aquellos que superando su estructura reformulan nuevos objetivos y varían su funcionalidad, nos vemos obligados a recurrir a este tercer tipo de mecanismo de control. El feed-before se ha traducido libremente como proyección, y ha sido dotado de un sentido de control anticipatorio, de expectativa.

Los mecanismos de regulación aquí comentados permiten la modulación de los sistemas que estamos considerando. Gracias a los procesos de feed-back y feed-before se puede hablar de una modulación entre la acción de los sistemas y los patterns que orientan e indican la acción que deberían seguir. Toda distorsión, variación o desviación de la acción del sistema en relación con su «norma» o pattern, será señalizada, identificada y corregida convenientemente.

La regulación anticipatoria, feed-before, control anticipatorio, proyección, o como quiera denominarse, es posiblemente la responsable en mayor medida de las sucesivas reequilibraciones y autorregulaciones que caracterizan a los sistemas complejos de elevado potencial adaptativo, sistemas readaptativos y por supuesto a nuestros sistemas inteligentes.

Cuando el sistema está en interacción con el medio dispone de un sensor a modo de

(18) Con el término «variedad» nos referimos a aquellas diferencias perceptibles de un conjunto. Dado que el entorno, el ambiente o el medio pueden ser considerados como un conjunto de elementos, estados o hechos más o menos diferenciables, podemos hablar en propiedad del medio y de su variedad.

radar que capta e identifica todos los cambios que pueden influir en su equilibrio. La información así captada es recibida por el receptor que transforma el soporte y el código de dicha información y mantiene el equilibrio al que hace referencia el modelo de Stachowiak (19) y que consiste en una función de regulación equilibradora entre las informaciones provenientes del entorno y las necesidades informativas del sistema. Influida por el motivador (20), el receptor ejerce otra función de importancia: la selección de mensajes e informaciones. Gracias al sensor externo que alimenta al receptor, el sistema puede identificar la entrada y organizar la información que necesitará a fin de establecer una estrategia. De esta función se encarga el analizador de entradas, que envía sus datos al efector u órgano de decisión. Por su parte el identificador analiza el estado interno del sistema, compara las salidas reales del sistema con las deseadas y propone al efector las medidas correctoras que considera oportunas para optimizar el funcionamiento del sistema, regulándolo a través de mecanismos de feed-back negativo.

El feed-before o regulación anticipatoria se produce fundamentalmente en el circuito que conecta el motivador y el operador y define entre otras cosas el significado que se le da al mensaje captado y transformado por el receptor, y comparado con otros «patterns» ya adquiridos o inducidos por el sistema de motivaciones y tendencias que es el motivador. También es decisivo el papel del feed-before en la toma de decisión u objetivo que el operador inducirá en el efector. Este objetivo estará de acuerdo con la «representación del mundo externo» que el operador posea. En función de él y de esta representación subjetiva el operador establecerá la estrategia a seguir por el efector. Como es sabido, el conjunto de imágenes, experiencias, valores y creencias que constituyen esta «representación del mundo», no forma un sistema cerrado y atemporal sino abierto y evolutivo. En función del momento evolutivo y de las peculiaridades de cada sistema inteligente esta «representación» variará, permitiendo por lo tanto un control anticipatorio o proyección del sistema en el medio más o menos intensa.

En nuestra opinión la existencia de sistemas inteligentes no debe justificarse en base a una acción exclusiva del medio, ni tampoco en base a un puro innatismo o preformación. Es el carácter autorregulador (21) de este tipo de sistemas, su dinamismo adaptativo-proyectivo y su tendencia a la equilibración el punto de partida válido para explicar su construcción y desarrollo.

Sin entrar en los aspectos optimizantes y evolutivos de un sistema como el hasta ahora diseñado, conviene indicar que un sistema como el que estamos estudiando tiende en su desarrollo a aumentar el orden. En otras palabras, lo que caracteriza entre otras cosas a un sistema inteligente es que suponiéndole un valor de orden inicial, en su interacción con el medio este orden se incrementará en función del tiempo. Estamos pues concibiendo un sistema inteligente como un sistema autoorganizado (22), entendiendo como tal aquel sistema que toma energía y orden de su entorno, entorno que es real y estructurado.

En la interacción sistema-medio, se puede comprobar como un sistema inteligente se comporta extrayendo orden a partir del ruido (23). El principio del orden a partir del ruido tiene dos consecuencias que nosotros vamos a comprobar en el comportamiento interactivo de un sistema inteligente y su medio.

(19) TIZON GARCIA, José L. o.c. pp. 549.

(20) En ocasiones usamos operador y motivador, y en otras operador y motivador. A pesar de que el «Kybiak» desarrollado por TIZON GARCIA usa los primeros vocablos, nosotros en nuestro modelo funcional usaremos los segundos para una mayor simplicidad terminológica.

(21) Jean PIAGET y sus colaboradores en obras como *L'epistemologie Genetique*, París, PUF, 1970; *Biología y Conocimiento*, Madrid, Siglo XXI de España, 1969; *Psicología de la inteligencia*, Buenos Aires, Psique, 1970; *Lógica y conocimiento científico*, Buenos Aires, Proteo, 1972, y otras, desarrollan aspectos relativos al constructivismo psicogenético y a las autorregulaciones que nosotros comentamos.

(22) La bibliografía sobre sistemas autoorganizados es extensa; de ella hemos estudiado con detalle la colaboración de Heinz Von FOERSTER en la publicación *Epistemología de la Comunicación*, n.º 17 de 1976, que lleva por título «Sobre sistemas autoorganizados y sus contornos», pp. 187-215. De igual forma, hemos procedido con el capítulo IV «Auto-organisation et connaissance» de *L'unité de l'homme. Invariants biologiques et universaux culturels*, obra dirigida por Edgar MORIN y Massimo PIATELLI-PALMARINI, París, Seuil, 1974.

(23) El principio del orden a partir del ruido es estudiado en detalle por Henri ATLAN en la obra de Edgar MORIN antes citada, pp. 469-475.

Un sistema inteligente se comporta creando patterns, o diferenciando patterns, lo cual supone una disminución de la redundancia y un aumento del nivel de heterogeneidad y variedad de los patterns adquiridos. Una vez creados, los patterns son comparados con los nuevos estímulos y proyectados sobre ellos. Si los patterns y los estímulos o señales captadas por el sistema son coincidentes, el sistema reconoce los patterns en el medio; si por el contrario éstos son nuevos y diferentes de los que posee el sistema, éste modifica sus patterns para estar en condiciones de captar las variaciones ambientales y ser capaz de ordenar el medio, codificar su realidad más adecuadamente e interactuar con el medio más óptimamente. En suma, un sistema inteligente se comporta tendiendo hacia el equilibrio, pero si este equilibrio no le proporciona una «comprensión» y «ordenación» satisfactorias del medio, surgirán reequilibraciones sucesivas. Los mecanismos de autorregulación, las sucesivas reequilibraciones y la capacidad creadora de orden a partir del ruido, son características que surgen al considerar los procesos de adaptación y proyección que poseen los sistemas inteligentes.

5. DIMENSION EVOLUTIVA DE LOS SISTEMAS INTELIGENTES

Nuestro concepto de sistema inteligente como sistema abierto morfogénico, codificativo, adaptativo, proyectivo y dotado de mecanismos de autorregulación, se completa al incluir nuestro sistema en el conjunto de los sistemas evolutivos.

Existe un doble proceso de adaptación y un doble proceso de optimización en todo sistema inteligente, uno debido a su dimensión específicamente adaptativa y otro debido a su dimensión proyectiva que permite la readaptación del sistema, su reequilibración, su reorganización estructural y funcional, y la sustitución de unos patrones por otros. Resumiremos, sin argumentar, lo anterior diciendo que los sistemas inteligentes son evolutivos, evolutivos por naturaleza propia. Alejandro Sanvisens diría que son sistemas «naturalmente» evolutivos (24).

Los sistemas inteligentes se comportan adaptándose al medio, proyectándose sobre él, pero siempre tendiendo a una superación de la mera adaptación y estabilización, es decir, a una optimización que permita que evolucionen. Estamos afirmando en otras palabras que el comportamiento de un sistema inteligente es el motor de su evolución (25).

Las continuas reconstrucciones dinámicas y la idea de una dinámica global asentada en el sistema como una totalidad, permiten comprender la evolución de un sistema hacia formas superiores de organización y equilibrio.

El comportamiento entendido como un conjunto de «reacciones de sistemas», los sistemas como organizaciones en las que las variaciones de la totalidad son inferiores a la suma de las variaciones de los elementos, permiten examinar desde una perspectiva más adecuada las relaciones entre el comportamiento de un sistema inteligente y los mecanismos que generan su evolución.

Es obvio que al referirnos al término evolución, no lo estamos identificando sólo con cambio, ni siquiera con desarrollo; lo usamos para indicar un cierto perfeccionamiento, un cierto mejoramiento del sistema. Concebimos pues el concepto de evolución ligado al de «equilibración maximizadora» (26), concepto tan usado en la actualidad, o bien al

(24) Esta expresión indica que los sistemas así considerados en desarrollo evolutivo, tienden a una modificación de carácter selectivo en relación con su entorno a la vez estructurado y variable. El caso de los seres humanos ejemplifica claramente este tipo de sistema.

(25) Jean PIAGET publica en 1976 en Gallimard de París una obra bajo el título *Le comportement, moteur de l'évolution*, que luego ha sido traducida por Inés PARDAL al castellano y publicada por Ediciones Nueva Visión de Buenos Aires en 1977 con el título *El comportamiento motor de la evolución*, en la que se analizan aspectos, que en algún momento recogeremos, ligados a la temática que nos ocupa.

(26) El volumen *Il Logique et l'équilibre*, y su refundición *L'équilibration des structures cognitives. Problème central du développement*, que forma el vol. XXXIII de *Etudes d'Epistemologie genetique*, París, PUF, 1975 (versión castellana en 1978 de Eduardo BUSTOS, en Siglo XXI editores de España, con el título *La equilibración de las estructuras cognitivas. Problema central del desarrollo*), desarrollan los aspectos que ahora resumiremos y tomaremos como cuerpo teórico explicativo de nuestro punto de vista al respecto. De igual forma, son de gran interés las obras también de Jean PIAGET *Adaptation vitale et psychologie de l'intelligence*.

de optimización como resultado de un proceso de equilibración dinámica y fluyente que supera lo establecido e instaura lo nuevo, construyéndolo a la vez que integrándolo sobre lo ya existente.

Se sostiene que un sistema inteligente es un sistema autoorganizado, o mejor, tiende hacia la autoorganización, es decir, evoluciona como un sistema termodinámicamente abierto, aumentando su neguentropía y oponiéndose a la probabilidad, a la «muerte térmica» y a la degradación.

Termodinámicamente se pueden considerar diferentes tipos de sistemas: sistemas aislados que no intercambian ni materia ni energía, sistemas cerrados pero no aislados que sólo intercambian energía, y sistemas abiertos que intercambian materia y energía. Evidentemente, los sistemas inteligentes son sistemas abiertos, intercambiadores de materia y energía con el medio, y por lo tanto son sistemas que «evitan situaciones de equilibrio». Precisamos pues analizarlos en su dimensión evolutiva a partir de una termodinámica del no equilibrio para sistemas no aislados (27).

La evolución de un sistema inteligente puede considerarse como no lineal, es decir, que en el transcurso de su desarrollo surgen discontinuidades, perturbaciones, momentos de inestabilidad, saltos y estados estacionarios diversos. La existencia de estados estacionarios compatibles con las condiciones del medio hace que las variaciones de éste comporten una evolución en aquéllos, y que integrándolos y superándolos den como resultado nuevos estados estables del sistema.

En este sentido, se puede afirmar que un sistema inteligente no se ajusta al medio tratando de adecuarse a él bajo la forma de un estado de equilibrio máximo, sino que se reorganiza a través de construcciones y estabilizaciones sucesivas. Volvemos a afirmar ahora que un sistema inteligente no es principalmente adaptativo, sino reestructurador y creador de medio. Esta consideración supone la aparición de discontinuidades y de inestabilidades sistemáticas que junto a las fluctuaciones del medio permiten la doble acción adaptativa y proyectiva del sistema y la evolución de éste hacia estados más estables, que a su vez serán nuevamente perturbados y se convertirán en la base sobre la que se construirán nuevas estructuras y redes funcionales que incrementarán la capacidad neguentrópica del sistema.

A lo largo de la evolución de un sistema inteligente, éste sufre una sustitución y variación de sus patterns, ya sea por perturbaciones y tensiones del medio o bien por perturbaciones, incoherencias o tensiones internas. En ambos casos existe una selección, transformación, comparación, integración y utilización de las informaciones captadas, pero en el segundo de los casos se añade a todo esto un cierto control, regulación o control anticipatorio, por parte del sistema, lo que le permite una contrastación de las tensiones e incoherencias internas con los propios patterns, las modificaciones estructurales y funcionales y la superposición de nuevos patrones capaces de reestructurar y renovar su dinámica y sus manifestaciones interactivas con el medio. La optimización sistémica así alcanzada, está íntimamente ligada con la dimensión proyectiva del sistema y supone una nueva forma de interpretar el concepto de creatividad que lógicamente deben poseer los sistemas inteligentes más potentes, y permite una ordenación de los sistemas, según su mayor o menor potencial de proyección, en sistemas más o menos inteligentes.

Selection organique et phenocopie, París, Hermann, 1974 (versión castellana de Eduardo BUSTOS en 1978 por Siglo XXI de España editores (con el título *Adaptación vital y psicología de la inteligencia*, y *Biologie et connaissance, essai sur les relations entre les régulations organiques et les processus cognitifs*, París, Gallimard, 1967 (versión castellana de Francisco GONZALEZ ARAMBURU en Siglo XXI de España editores con el título *Biología y conocimiento*, 1.ª edic. 1969, 2.ª en 1973, 3.ª en 1975 y 4.ª en 1977).

(27) Recientemente David LURIE y Jorge WAGENSBERG, profesores de la Facultad de Ciencias Físicas de nuestra Universidad, han publicado un interesante y completo artículo con el título «Termodinámica de la evolución biológica», en *Investigación y Ciencia*, n.º 30, marzo 1979, pp. 102-113. Este trabajo ilustra de forma más especializada algunos de los aspectos termodinámicos que se usan en la redacción de este capítulo. Por el interés que poseen las investigaciones de Prigogine sobre el «balance de entropía» y la «estructura disipativa», será de lectura obligada, para la ampliación de este trabajo en la dimensión evolutiva de los sistemas inteligentes, la obra *Selforganization in Non-equilibrium systems* de G. NICOLETS e I. PRIGONINE, New York, John Wiley and Sons, 1977.

6. IMPLICACIONES PEDAGÓGICAS

Fundamentalmente, son dos las cuestiones implicadas por el concepto formulado en esta tesis. La primera de ellas se refiere al concepto de creatividad; la segunda es más amplia, fundamental y básica, y requiere un análisis más profundo pues se refiere al propio concepto de educación.

En relación con la primera de estas cuestiones, la creatividad, podemos resumir a continuación nuestro planteamiento (28).

Cuando comentábamos la dimensión evolutiva de un sistema inteligente, hacíamos mención a su potencial proyectivo. Al comentar ahora la creatividad y la actitud creadora, la relacionaremos con el potencial proyectivo de los sistemas considerados inteligentes.

Cuando un sistema inteligente codifica una situación problemática, o bien una situación conocida, sabemos que actúan mecanismos de adaptación y de control o regulación por los que el sistema es capaz de reordenar el medio o de adaptarse a él, para así continuar en su desarrollo. Sin embargo, en numerosas ocasiones los sistemas inteligentes, ante situaciones como las comentadas aumentan su complejidad, tanto a nivel estructural como funcional, y descubren «lagunas», elementos inconexos o elementos susceptibles de ser relacionados de forma nueva y diferente a la conocida. Es entonces cuando fundamentalmente el sistema manifiesta su dimensión proyectiva y reordena el medio introduciendo en él una nueva dimensión, de forma que lo que antes era estanco deja de serlo, lo inconexo se relaciona y en suma el medio es ordenado por el sistema de forma nueva, original, inédita y brusca. Cuando ésto ocurre estamos ante una actividad creadora por parte del sistema.

Así pues, podemos afirmar que la creatividad sería aquella capacidad que posee un sistema inteligente para crear un nuevo orden en el medio. En este sentido, la creatividad sería dependiente de la dimensión proyectiva del sistema. Esta íntima dependencia entre proyección de un sistema inteligente y creatividad nos permite definir a ésta como el potencial proyectivo de un sistema inteligente. De esta forma la creatividad estaría presente siempre en el comportamiento de un sistema inteligente, y sería condición necesaria para su desarrollo y evolución. En ocasiones esta creatividad se manifestaría de forma más potente que en otras, y consecuentemente, el sistema se comportaría en su dimensión proyectiva con mayor intensidad e influencia sobre el medio. Esto permitiría una ordenación de los sistemas según su potencial proyectivo, es decir según su creatividad, y a la vez haría posible concebir la creatividad no como una facultad dependiente de la inteligencia o no, sino como un componente necesario para el correcto funcionamiento y desarrollo de los sistemas inteligentes. La creatividad así entendida, es decir, como potencial proyectivo del sistema, sería una dimensión de los sistemas inteligentes, dimensión sin la cual no podríamos sustentar la existencia de éstos. Evidentemente, unos sistemas inteligentes poseerían mayor creatividad que otros, y de igual forma, dado un sistema inteligente, éste presentaría en su desarrollo y evolución unos momentos de

(28) Sin intención de ser exhaustivos en estas consideraciones, pues no es el objeto que nos ocupa, podemos citar entre otros a Burt y Vernon como representantes más significativos de los científicos ocupados en este tema. Las obras más representativas de estos autores son, BURT, C. «Critical notice of Creativity and Intelligence», en *British Journal of Educational Psychology*, n.º 32, 1962, pp. 292-298, y VERNON, P. E. «Creativity and Intelligence», en *Educational Research*, n.º 9, 1964. Las referencias de estas obras han sido tomadas de POWELL JONES, Tudor *El educador y la creatividad del niño*, Madrid, Narcea, S. A. Ediciones, 1973. La versión castellana es traducción de M. GOMEZ MOLLEDA de la edición inglesa *Creative Learning in perspective*, Londres, University of London Press, 1972. Hay que destacar los trabajos que, a través del ICE de la Universidad Politécnica de Valencia y desde 1976, vienen publicándose para el lector de habla castellana en *Innovación creadora*. En este sentido y de forma especial, hay que mencionar a Ricardo MARIN como promotor y gestor de la publicación, en la que entre otros se han publicado artículos tan interesantes como el de J. P. GUILFORD «Creatividad: retrospectiva y prospectiva», en el n.º 1, 1976, y el de Paul GRIEGER «La creatividad en la escuela», en el n.º 5, 1977. El propio Ricardo MARIN presentó recientemente un estudio sobre «La creatividad desde el ángulo de la educación comparada», que fue publicado en *Perspectivas Pedagógicas*, n.º 41-42, 1978, del CSIC de Barcelona. De igual forma, en las obras *Principios de la educación contemporánea*, Madrid, Rialp, 1973 (2.ª edic.) y en *La creatividad en la educación*, Buenos Aires, Kapelusz, 1974, R. MARIN relaciona creatividad y educación. Por otra parte FERNANDEZ HUERTA en numerosas ocasiones ha analizado los conceptos de inteligencia y creatividad, implicándolos mutuamente. Es de interés al respecto destacar el artículo «Creatividad e Inteligencia» que dicho autor publicó en el año 1968 en *Perspectivas Pedagógicas*, n.º 21-22, monográfico dedicado a *Pedagogía de la Creatividad*.

mayor creatividad que otros. La «genialidad», la «invención», serían por ejemplo momentos punta en la evolución de los sistemas inteligentes de mayor potencial proyectivo o de mayor creatividad.

La interacción entre sistemas o entre sistema y medio, permite el desarrollo de las capacidades codificativas, adaptativas y proyectivas de éstos, de forma tal que su dimensión evolutiva se optimice y permita un desarrollo de los mismos opuesto a la probabilidad y a la degradación, es decir, un desarrollo neguentrópico. Cuando ésto ocurre, podemos decir que se da una optimización del sistema inteligente en cuestión. Esta optimización supone que los procesos de codificación en primer lugar, y los de adaptación y proyección conjugados a través de los mecanismos de regulación y control del sistema en segundo lugar, hacen que éste tienda hacia un equilibrio móvil y dinámico, es decir fluyente, generándose así un mejoramiento en su dimensión evolutiva.

La posibilidad de optimización de los sistemas inteligentes así analizada, permite hablar de procesos que tienden a dicha optimización y en este caso hace posible la formulación de un nuevo concepto sobre educación.

El concepto de educación que formulamos a partir del de sistema inteligente enunciado en este trabajo, arranca de una acepción relacionista (29) que no concibe la educación ni sólo como acción ni sólo como realidad, y pretende situarla en una perspectiva más amplia que las hasta ahora contempladas (30).

Educación sería toda relación o mediación entre sistemas inteligentes potenciadora de la optimización, como mínimo en uno de ellos, de su dimensión evolutiva. Entendida la educación como relación entre sistemas inteligentes, podemos pensar en la existencia de un conjunto de procesos que subyacen a esa relación. Estos procesos serían procesos educativos y en este sentido podríamos afirmar que todo proceso educativo es un proceso de optimización de sistemas inteligentes.

La educación sería una relación intersistémica potenciadora de acciones, las cuales tenderían a un resultado: la optimización de los sistemas inteligentes.

En el planteamiento conceptual que se presenta, la educación no es algo que empiece y termine en el hombre. Desde nuestra perspectiva la educación procura la optimización de sistemas inteligentes, independientemente de que éstos sean humanos o no. Obviamente, el hombre es un sistema inteligente y quizás se puede afirmar que el sistema inteligente de mayor complejidad y nivel es precisamente el ser humano, pero también afirmamos que no es el único sistema inteligente. Existen sistemas biológicos, culturales, sociales, socio-culturales, socio-económicos, socio-políticos, etc., que muestran características suficientes como para poder ser considerados como inteligentes. De igual forma, el ser humano está proyectando y diseñando sistemas informáticos, y construyendo «realidades complejas interconexionadas» y artificiales que cada vez más, muestran comportamientos próximos a los de un sistema inteligente tal y como aquí entendemos el término.

Se podría decir que la educación no sólo se da entre seres humanos, sino que existen otros sistemas que interactúan con el ser humano y en ocasiones optimizan a éste como sistema inteligente. De igual forma, el ser humano en su interacción con otros sistemas es capaz de generar procesos que tienden a la optimización de los segundos. Cuando esto ocurre, desde nuestra postura existe educación.

(29) La acepción relacionista de la que partimos, arranca del análisis efectuado por Alejandro SANVISENS en su Memoria Docente sobre Concepto, Metodología, Fuentes y programa de Pedagogía General presentada al Tribunal de oposiciones a la Cátedra de Pedagogía General de la Facultad de Filosofía y Letras de la Universidad de Valencia, Madrid, inédita, 1968.

(30) Recientemente, y con ocasión del Año Internacional del Niño, colaboré en una publicación conjunta de varios pedagogos a nivel mundial, patrocinada y promovida por la «Association mondiale des sciences de l'éducation», que bajo el título genérico de *Les sciences de l'éducation en relation aux droits de l'enfant* fue publicada por dicha asociación en Gent (Bélgica), en 1979. En mi colaboración, que lleva el título «Crise dans l'enfance» y se encuentra entre las pp. 204-218, comento alguna de estas ordenaciones y analizo críticamente desde una perspectiva cibernética y sistémica la dicotomía entre la «pedagogía tradicional» y la «pedagogía moderna». Si bien el artículo expresa opiniones que mantengo, existen matices y cuestiones que podría ahora tratar con mayor profundidad a partir de la tesis que presento.

Sabemos que este punto es discutible, pero lo enunciamos por considerarlo consecuente con lo hasta aquí expuesto y defendido. Sin embargo es oportuno e incluso necesario conceptualizar la educación en sentido amplio y en sentido estricto. Lógicamente, esta aproximación conceptual, interpreta la educación en sentido amplio y abre nuevas perspectivas de análisis e investigación pedagógica. No obstante, en sentido estricto es conveniente reservar el concepto «educación» para las interacciones y/o relaciones entre sistemas inteligentes-humanos.

En segundo lugar, la educación en su sentido amplio, e incluso en su sentido estricto, no supone necesariamente, tal y como la conceptualizamos, intencionalidad por parte de lo que educa. Un sistema inteligente en su interacción con otros puede ser optimizado, en función del conjunto de procesos que subyacen a esa interacción, sin que exista voluntad o intención por parte del sistema en cuestión o de los que interactúan con él, de educarse o de educar.

Por último y en tercer lugar, conviene hacer referencia al sentido finalista que implica el concepto de educación.

Creemos que la educación como proceso que tiende a la optimización de sistemas inteligentes implica aumento de orden, pero de un orden que debe construirse, que debe construirlo el propio sistema sin sujeción a otra norma que la indicada por sus patterns o valores.

El comportamiento de un sistema inteligente, motor de su evolución, permitirá a éste optimizarse en la medida en que procesando información, adaptándose a las exigencias del medio y proyectándose sobre él, genere situaciones de equilibrio dinámico y fluyente.

Si nos centramos en el concepto de educación que se ha establecido en sentido estricto, la educación en su dimensión procesual podría identificarse con los procesos de aprendizaje superior, de carácter psico-socio-cultural, que tienden a desarrollar aquellas capacidades del ser humano que contribuyen a la optimización del mismo como sistema inteligente.

De igual forma que hemos distinguido entre educación en sentido amplio y educación en sentido estricto, reservando la segunda acepción para cuando nos referimos a sistemas inteligentes humanos, podemos concebir sistema inteligente en sentido amplio y en sentido estricto. La restricción del concepto de sistema inteligente se formularía en función de la capacidad codificativa del sistema. Existen sistemas inteligentes que son capaces de autocodificarse como tales, de ser conscientes de que son inteligentes, nos referimos a los sistemas inteligentes humanos. Los sistemas inteligentes que disponen de conciencia (31), es decir que se auto-codifican y así son capaces de elaborar un concepto de sí mismos, son aquéllos que poseen mayor complejidad y por ello pueden considerarse como sistemas inteligentes superiores. Este es el caso de los sistemas inteligentes humanos.

La Pedagogía, cuyo objeto es la educación, debe analizar a éste en su doble acepción, amplia y estricta, y para ello debe considerar los sistemas inteligentes en sentido amplio y en sentido estricto. Históricamente la Pedagogía se ha ocupado de la educación en sentido estricto y referida a sistemas inteligentes humanos, es decir conscientes; sin embargo, pienso que en el futuro deberá ocuparse también de la educación y de los sistemas inteligentes en sentido amplio. Todo ello, sin menoscabo de su finalidad fundamentalmente ligada al ser humano.

(31) Es de interés al respecto el artículo de RUIZ DE GOPEGUI titulado «¿Es mecanizable la consciencia?», en el que efectúa algunas consideraciones científicas de gran importancia en torno a la inteligencia, aprendizaje y conciencia de existencia en las máquinas Luis RUIZ DE GOPEGUI publicó en 1978 otro artículo relacionado con la temática, con el título «Inteligencia artificial y libre albedrío», en *Ibérica Actualidad Científica*, n.º 186. El que citamos en primer lugar apareció en la *Revista de Psicología General y Aplicada*, n.º 154, julio-agosto 1979.