

Complejidad

Francisco J. Martínez

Universidad Nacional de Educación a Distancia

Las dificultades con las que se encuentran los científicos al enfrentarse con el estudio de la naturaleza ha llevado a éstos a efectuar simplificaciones radicales en la complejidad de los fenómenos naturales, tal como éstos se producen. El resultado de estas simplificaciones drásticas ha sido el edificio impresionante de la ciencia moderna, tal como se presentaba sin grietas hasta finales del siglo XIX. Esta ciencia, llamada convencionalmente clásica, aplicaba lo que E. Morin denomina el paradigma de la simplificación cuyos principales principios son los siguientes (Ciencia con consciencia, p. 359):

- principio de universalidad, lo que supone la expulsión de lo singular y contingente de la ciencia;
- eliminación de la irreversibilidad temporal y de todo lo que es histórico;
- principio de análisis: búsqueda de las unidades elementales de los procesos;
- búsqueda de principios de orden y de leyes invariantes;
- principio de causalidad lineal;
- determinismo universal;
- aislamiento de un objeto de su entorno;
- eliminación del sujeto del conocimiento científico;
- eliminación del ser y la existencia concretos mediante la cuantificación y la formalización;
- incapacidad de concebir la autonomía de los objetos;
- aplicabilidad exclusiva de la lógica clásica;
- racionalidad monológica.

Frente a este paradigma de la simplificación, se puede proponer un paradigma de la complejidad que vendría exigido por el propio desarrollo de las ciencias, de tal manera que no viene impuesto desde fuera por la filosofía, sino que es interno a las propias ciencias.

La termodinámica, la biología y las ciencias sociales, especialmente, han hecho imprescindible el romper de formas variadas con los principios anteriormente expuestas, pero también un estudio más profundo de algunos problemas básicos pertenecientes al núcleo de la ciencia clásica, es decir la dinámica, han exigido la ruptura con el paradigma simplificador. La teoría de la epistemología de nuestro tiempo consiste pues en elaborar un paradigma de la complejidad cuyos primeros principios pueden obtenerse negando los principios anteriores, pero hay que ser conscientes de que esto es sólo un primer paso y además de carácter negativo. No será posible construir un paradigma único de la complejidad, más que de forma abstracta, ya que es preciso en cada caso concreto analizar las formas específicas y determinadas en las que hay que tener en cuenta el papel del sujeto en la observación, o la relación del objeto con su entorno o el tipo específico de causalidad que se dé en el proceso, etc.

Postular un paradigma de la complejidad es poco más que avisar a los científicos de que estén atentos a las dificultades propias de los fenómenos con los que se encuentran, y que se atrevan a ser heterodoxos en sus métodos de análisis, es decir que rompan con el positivismo y que ensanchen el modelo de racionalidad empleada, cosa que los científicos creadores han hecho siempre, pero que hoy es absolutamente imprescindible (aunque no es posible identificar paradigma de la complejidad y pensamiento posmoderno, hay que reconocer que ambos son el producto de la autocrítica de la modernidad, en profundidad uno y superficialmente el otro, pero paralelos ambos en la detección de las aportas del pensamiento simplificador propio de la modernidad inconclusa en que nos movemos actualmente).

Los modelos típicos a los que se aplica la noción de complejidad son los sistemas termodinámicos y biológicos y por ello habrá que buscar los análisis paradigmáticos de la complejidad en estos campos; pero la generalización metodológica que se ha dado hasta ahora más profunda a pesar de sus limitaciones, la constituye la teoría general de sistemas (TGS). Si queremos un paradigma de complejidad deberemos partir de esta teoría que es la que más ha avanzado en el planteamiento epistemológico general. La TGS es un intento de relacionar, y si es posible unificar, los resultados de diversas teorías científicas, matemáticas y filosóficas -teoría de las ecuaciones diferenciales, teoría de conjuntos, teoría de grafos, teoría de redes, cibernética, teoría de la información, teoría de los autómatas, teoría de los juegos, teoría de la decisión, termodinámica de los sistemas abiertos, teoría de la estabilidad estructural, teorías

probabilidades desorden y el caos, cálculo de probabilidades y estadística, etc.- con el objeto de abordar problemas que afectan a los sistemas físicos, biológicos y sociales, especialmente los relacionados con el orden y el desorden, la morfogénesis, la causalidad estructural, la homeostasis, la teleología y otros imposibles de abordar por los métodos clásicos.

Dado que la propia noción de complejidad es compleja, no es fácil dar una definición analítica de ella, ni siquiera es posible dar una única interpretación matemática que permita evaluar los distintos grados de complejidad existentes en los fenómenos.

Puesto que la complejidad exige mucha información para ser analizada, podemos intuitivamente, considerar que podemos evaluar la complejidad a través de la medida de la cantidad de información. Este camino es el escogido por H. Atlan que utiliza la cantidad de información H de la fórmula de Shannon, para evaluar la

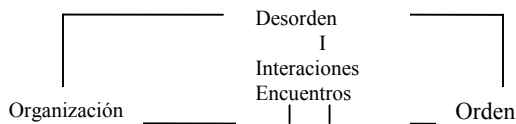
complejidad de un sistema. La justificación de esta decisión se encuentra en que la complejidad se relaciona con el orden y en ese sentido se opone a la entropía, es neguentropía, y éste es otro nombre de la información. La entropía, en tanto que medida del desorden es pues el camino que nos permite relacionar la complejidad con la información.

R. Thom en lugar de información propone hablar de forma y de esta manera interpreta geoméricamente la medida numérica de la información como la complejidad topológica de una forma, y evalúa ésta como, la distancia a la forma más simple posible escogida como base. La dificultad estriba en la elección de dicha forma de base. Este problema no es sencillo y por eso lo dejamos aquí aludiendo sólo a que para el matemático francés, la complejidad de una forma depende de sus puntos críticos (*Stabilité structurelle et morphogénèse*, pp. 124.5).

Podemos definir la complejidad a partir de la teoría de los autómatas como el número mínimo de instrucciones que debe tener un programa de una máquina de Turing, para realizar una tarea dada, expresadas en el lenguaje más sencillo posible. Una máquina de Turing es un ordenador teórico, definido por una sucesión de instrucciones que actúan de forma secuencial sobre los datos suministrados a la máquina desde el exterior, y tales que su actuación en un momento dado depende de su estado actual y de los datos exteriores suministrados en ese momento. La máquina de Turing permite formalizar la noción de algoritmo, definir la noción de computabilidad y determinar la decibilidad de los problemas que se le plantean.

Vemos que con estas aproximaciones hemos mezclado dos nociones de complejidad, por un lado la complejidad geométrica y por otro la complejidad dinámica procesual. Ambas pueden aproximarse mediante algoritmos matemáticos con las dificultades que hemos señalado. Por otro lado, H. Atlan distingue la complejidad del algoritmo que construimos para entender un fenómeno dado y la propia complejidad del comportamiento de dicho fenómeno, que se nos muestra desde el punto de vista subjetivo como falta de información sobre su actuación, lo que nos sitúa en un estado de incertidumbre ante la complejidad observada. Estas dos nociones sin embargo se unifican mediante el paso al límite, como demuestran Zvonkin y Levin.

1. El primer ámbito en el que se planteó el problema de la complejidad fue en la termodinámica y la mecánica estadística. En estas ciencias surgidas del análisis del calor en el siglo XIX, desarrollando una el aspecto macroscópico, fenomenológico y el aspecto microscópico la otra, el problema de la complejidad se relaciona con la cuestión del orden. El segundo principio de la termodinámica con su concepto de entropía, afirma la tendencia general de los sistemas aislados al desorden. Según este principio, los sistemas aislados pasan de estados de mayor ordenación y por tanto de mayor complejidad, a estados caóticos de complejidad mínima. Frente a este principio se tiene el hecho evidente de que en la naturaleza se producen fenómenos que crean orden y por tanto complejidad (la cristalización, los fenómenos vitales, la propia cosmogénesis, etc.). Esta situación nos lleva a preguntarnos cómo es posible aumentar la complejidad y el orden en un sistema, a partir de un caos inicial. Este problema relaciona el orden y el desorden y el paso de uno al otro y es denominado por Prigogine el problema de conciliar a Boltzman y Darwin, o sea el segundo principio y la evolución. E. Morin lo plantea a partir de su bloque tetralógico, que expresa que la organización, concepto que él prefiere al de sistema, y que nosotros podemos entender como el sustrato de la complejidad, es el resultado de la interacción entre el orden y el desorden.



Frente a interpretaciones como las de Monod que consideran las leyes que rigen los fenómenos biológicos si no como incompatibles, sí al menos, como algo al margen de las leyes físicas, y que ven por tanto la vida como un milagro, tanto Prigogine como Morin, demuestran que las leyes de la vida no son sólo compatibles con el resto de las leyes físicas sino que derivan de éstas. Según Prigogine «los procesos vitales, lejos de funcionar al margen de la naturaleza, siguen por el contrario las leyes de la física adaptadas a interacciones no lineales específicas y a condiciones que distan mucho del equilibrio». (¿Tan sólo una ilusión?, fr. 239). En esta cita se condensan las condiciones que permiten el surgimiento de los sistemas complejos biológicos: no linealidad y lejanía del equilibrio, a las que hay que añadir la de sistema abierto, o sea que intercambia materia y energía con el exterior. Con estas condiciones es posible que surja la complejidad y el orden a partir del desorden. Los análisis de Prigogine y sus seguidores de la Escuela de Bruselas, han permitido el estudio termodinámico de los sistemas abiertos, que funcionan lejos del equilibrio y siguiendo leyes no lineales. Estos estudios sirven de prólogo al estudio de los sistemas complejos que surgen no sólo en biología sino también en física, química y ciencias sociales. La noción clave de estos estudios es la de

estructura disipativa. Este tipo de estructuras presentan estabilidad en condiciones lejanas al equilibrio gracias a aportes exteriores de materia y energía y además a las relaciones no lineales que se establecen entre los elementos interiores al sistema. Estas estructuras disipativas suponen la creación de orden a partir del desorden; se pueden entender como el resultado de una fluctuación que en lugar de amortiguarse y desaparecer como sucede en la región cercana al equilibrio, se amplifican hasta alcanzar la estabilidad, constituyen por ello un ejemplo de lo que Prigogine denomina «orden mediante fluctuaciones»; von Foerster, «orden a partir de ruido»; y H. Atlan, «complejidad a partir del ruido».

El surgimiento del orden a partir del caos supone auto-organización, y éste es el concepto que H. Atlan utiliza en relación con el surgimiento de la vida. Los sistemas que se auto-organizan son capaces de aumentar su cantidad disponible de información, lo que implica un aumento de complejidad, sin necesidad de una programación exterior. Este proceso que supone el surgimiento de la novedad, se produce como respuesta del sistema a perturbaciones exteriores aleatorias o a fluctuantes aleatorias internas. La auto-organización y el surgimiento de complejidad y novedad que esto entraña produce una disminución de la redundancia y la repetición internas del sistema. Toda organización supone un equilibrio, más o menos óptimo, entre la variedad o complejidad del sistema y la redundancia que es la expresión de las construcciones internas que mantienen la estabilidad del sistema. Demasiada novedad desestabilizaría el sistema, mucha redundancia lo inmovilizaría. Mayor organización supone pues un aumento de complejidad y novedad a costa de la redundancia conservadora.

La auto-organización se relaciona también con el origen de la vida. M. Eigen ha construido un modelo matemático para explicar la formación de polímeros -cadenas proteínicas y ácidos nucleicos- en las condiciones prebióticas. Según este modelo los ácidos nucleicos son esenciales para la auto-organización porque poseen la maravillosa propiedad de actuar como molde reproductor, en cambio, las cadenas de proteínas actúan como elementos catalíticos que desencadenan la reacción. El modelo no explica sólo la formación de polímeros sino también la propagación de errores que dan lugar a mutaciones, gracias a la no linealidad de las ecuaciones que rigen el acoplamiento proteína-ácido nucleico. Eigen denomina a su modelo «hiperciclo catalítico auto-reproductivo» y explica la evolución y la selección como resultado de la competencia entre dichos hiperciclos, que debido a su inestabilidad tienen cierta capacidad para producir y reproducir errores. Cuando los -hiperciclos se estabilizan, entonces el sistema se hace estable frente a las fluctuaciones y se reproduce sin errores. Estamos en los orígenes de lo que será el código genético.

El surgimiento del orden que suponen las formas a partir del desorden inicial, es decir la morfogénesis es el problema fundamental que ha preocupado a R. Thom, el inventor de la teoría de las catástrofes. Thom, y ésta es su novedad esencial, parte del hecho de que «es posible una cierta comprensión de los procesos morfogenéticos sin tener que recurrir a las propiedades especiales del sustrato de las formas o a la naturaleza de las fuerzas actuantes» («Una teoría dinámica de la morfogénesis», p. 182). Este hecho facilita la creación de una teoría aplicable a una gran variedad de campos, desde los biológicos a los sociales.

El método de análisis de la morfogénesis que emplea Thom se basa en la noción de estabilidad estructural, que nos asegura que pequeñas variaciones de un proceso estable producen otro proceso del mismo género que el primero, lo que significa que podemos volver al primero mediante otra pequeña transformación espacio-temporal (homeomorfismo). Un proceso, o una forma, es estructuralmente estable si resiste pequeñas variaciones.

En todo proceso natural Thom se esfuerza en «aislar las partes del dominio en las que dicho proceso es estructuralmente estable», los creodos, o «islotes de determinismo separados por zonas de indeterminación o de inestabilidad estructural». A continuación, y aquí se encuentra la principal aportación matemática de Thom, se demuestra que todo creodo puede analizarse en una serie de creodos elementales que se pueden hacer equivalentes a siete y sólo siete creodos esenciales que Thom denomina «catástrofes elementales». Finalmente se trata de sintetizar estas catástrofes elementales en una figura global estable, organizada por una singularidad que actúa como «centro organizador» de la dinámica («Una teoría dinámica de la morfogénesis», p. 185). Análisis y síntesis se entremezclan en el método de Thom que busca siempre el modelo geométrico más sencillo que le permita reconstruir el fenómeno dado.

Para Thom, toda forma, que tiene que ser necesariamente estable, surge de una lucha, de un conflicto entre diversas posiciones estables que se denominan atractores. Estas posiciones atraen hacia sí las distintas posiciones del sistema por su estabilidad y es en ellas donde se coagulan las formas. El paso de una forma a otra viene dado por un cambio de atractor que puede desaparecer al hacerse inestable, o puede ser sustituido por otro atractor. En el primer caso tenemos una catástrofe de bifurcación y en el segundo una de conflicto.

La noción de catástrofe alude al carácter de cambio brusco y macroscópico que entraña el surgimiento o desaparición de una forma.

Las catástrofes se producen cuando los parámetros que gobiernan el proceso adoptan valores pertenecientes a lo que se denomina el conjunto catastrófico.

Volviendo a los atractores, éstos no son sólo puntos o regiones limitadas del espacio, también pueden ser ciclos, (círculos límites) e incluso formas geométricas monstruosas, llamadas fractales. Estos atractores se denominan extraños, surgen, por ejemplo en meteorología y se denominan fractales, término introducido por B. Mandelbrot, debido a que su dimensión, en lugar de ser un número entero, es una fracción. Son objetos

matemáticos monstruosos, paradójicos, inventados como juegos matemáticos pero a los que se ha encontrado posteriormente como soluciones muy complicadas en la frontera entre el orden y el desorden y son intentos de matematizar el caos. Su propiedad esencial es la auto- semejanza o sea el hecho de que su estructura a nivel macroscópico es la misma que a nivel microscópico y se puede pasar de una a otra con unas simples escalas como sucede en los mapas.

2. Los sistemas que se autoorganizan son un ejemplo de sistemas autoproducidos donde el productor y lo producido coinciden. Esta recursividad reflexiva da origen, según Morin, al concepto de sí, primer paso en el camino que nos llevará a la noción de sujeto. El sí es el producto de una re-generación, de una re-organización permanente. Este aspecto (re)productivo del sí nos lleva a la conclusión de que la identidad en este paradigma de la complejidad que estamos esbozando, no es una mera equivalencia estática de dos términos substanciales, sino un principio activo que procede de una lógica recursiva: SI (El método, p. 244). El sí está en el centro de una constelación que relaciona la autonomía, la existencia, el, ser y la individualidad en una jerarquía en la que «las máquinas artificiales tienen ser (autonomía práxica), una débil existencia; los artefactos cibernéticos adquieren un poco de sí fenoménico (los bucles reguladores), pero no tienen (¿todavía?) un sí profundo. Los procesos maquinales, como el del agua..., no tienen todavía ni ser ni sí. Los torbellinos tienen existencia, pero todavía muy poco ser... Los soles sí tienen plenitud de ser, de existencia, de sí... y en los seres individuales el sí cede el sitio al auto, autoorganización, auto-producción, auto-referencia de donde nacerá el yo». (Ibíd., p. 246). Para Morin, el sujeto se define por su capacidad de cómputo, en base a la cual trata todos los datos exteriores en relación egocéntrica consigo mismo, capacidad de cómputo no significa conciencia, es decir cogito, aunque sí entraña la individuación, la autonomía y la decisión. Es en el hombre donde el sí alcanza el máximo nivel de autorreferencia, donde el cómputo se transforma en cogito y donde la reflexividad alcanza su máximo nivel.

Pero la complejidad no se agota al nivel del ser humano: la antroposfera y la noosfera son por ahora el nivel más elevado de la evolución, y ambas necesitan la sociedad para desarrollarse. Las sociedades humanas son los sistemas más complejos que han surgido en la evolución, debido especialmente al aumento gigantesco de la auto- reflexividad que ha producido el empleo del lenguaje, que ha permitido el surgimiento de un ámbito ideal simbólico, la noosfera o lugar del sentido, en el que las posibilidades de auto-reflexión se han hecho virtualmente infinitas. El sueño, el juego, e incluso, la locura, como doble siempre posible y temible de la razón humana, (homo sapiens Idemens, como dice Morin), han abierto enormemente el espacio de actuación humana. Por otro lado, la capacidad productiva, el trabajo, ha desarrollado también enormemente la complejidad de la sociedad humana. Lenguaje y trabajo, noosfera y tucanosfera, son las novedades esenciales que surgen con el hombre y le proporcionan su complejidad específica. El criterio básico que ha servido hasta ahora para evaluar la complejidad creciente de las sociedades humanas ha sido su diferenciación interna debida al desarrollo del proceso productivo tecnológico; en cambio, la posibilidad de utilizar como medida de la complejidad social el desarrollo simbólico ha sido mucho menos explorada.

Tanto Durkheim como Marx evalúan la complejidad social en base a la diferenciación introducida en la sociedad por la división del trabajo. Éste es el criterio que permite separar las sociedades primitivas, de baja capacidad tecnológica y escasa diferenciación social, de las sociedades modernas, dotadas de un gran equipamiento tecnológico y un gran número de estatus y roles sociales. Según Durkheim, las sociedades evolucionan pasando de un estado regido por la solidaridad mecánica, basada en la semejanza, a otro en el que predomina la solidaridad orgánica debida a la división compleja del trabajo. La mejor complejidad social facilita también el enriquecimiento progresivo de la personalidad individual y su diferenciación.

El carácter de impulsor constante de las fuerzas productivas, ha sido reconocido por Marx y Engels en El Manifiesto Comunista, al Modo de Producción Capitalista. Este modo de producción no puede mantenerse si no revoluciona continuamente las condiciones tecnológicas y sociales en las que se desenvuelve, lo que le convierte en un creador de complejidad y diferenciación social.

El paradigma sistémico en sociología, basado esencialmente en la obra de Talcot Parsons, retoma estas nociones al considerar los sistemas sociales como sistemas diferencia, dos; y esto en dos sentidos diferentes: por un lado, un sistema social es un conjunto de roles y estatus diferenciados, y por otro, los individuos y los bienes se asignan de forma diferenciada según dichos roles y estatus. Precisamente es la variación de los diversos tipos de complejidad social lo que permite clasificar las sociedades y elaborar una tipología teórica, a la que se puede buscar posteriormente ejemplos empíricos.

El paradigma sistémico encuentra hoy su máximo defensor en N. Luhman, que ha hecho precisamente de la complejidad el tema clave de su obra. Para el sociólogo alemán, la complejidad es el exceso de posibilidades que ofrece el mundo respecto al número reducido que pueden ser realizadas efectivamente. Este concepto no expresa la diferencia entre posibilidades potenciales y posibilidades actualizadas. Para Luhman, el mundo se presenta como una fuente virtualmente infinita de posibilidades, que para ser controladas, exigen la construcción de estructuras que tienen la misión esencial de reducir la complejidad, es decir, de seleccionar en el conjunto casi infinito de posibilidades aquellas que van a ser realizadas. De esta manera, las estructuras, un ejemplo de las cuales son las instituciones, reducen la contingencia de los fenómenos y proporcionan seguridad, al eliminar expectativas que no pueden ser realizadas y cuyo

mantenimiento produciría posteriormente desilusión y frustración. La complejidad que ha de ser reducida depende fundamentalmente del número y variedad de los elementos que componen el sistema; de las relaciones de interdependencia entre los elementos del sistema y de la variación temporal de estos elementos y de sus relaciones. La complejidad del sistema es un medio que contribuye a reducir la complejidad del ambiente.

En los sistemas sociales, el poder político es el subsistema cuya función esencial consiste en la reproducción de la complejidad mediante la decisión entre las distintas alternativas ofrecidas al sistema. Esta eliminación de alternativas posibles debe ser tal que genere consenso y además no destruya el sentido relacionado con las alternativas eliminadas. El sentido se refiere al mantenimiento de una cierta apertura a la posibilidad, que sostenga la pluralidad de expectativas y no cierre completamente el horizonte. Dado que sin sentido y sin consenso las sociedades no se podrían mantener, estos dos elementos son restricciones al ejercicio puramente decisionista del poder político. Como vemos, las concepciones de Luhman son difícilmente compatibles con un modelo de democracia entendida como la participación racional de todos los ciudadanos en la toma de decisiones.

Esta posibilidad es, según Luhman, inviable e indeseable en las sociedades complejas contemporáneas. Frente a esta postura basada en un tipo de racionalidad que podríamos denominar sistémica, J. Habermas propone una apuesta por la democracia participativa basada en el uso una racionalidad práctica que pretende construir un consenso a través de la deliberación mas sobre los fines políticos. A Habermas le debemos también un análisis en profundidad del tipo de crisis que aquejan a nuestras complejas sociedades, Los subsistemas que configuran el sistema social son el económico político y el socio-cultural; cada uno de ellos recibe una serie de informaciones como entrada, que deben elaborar y produce una serie de decisiones como salidas Las crisis pueden

producirse a la entrada o a la salida y pueden revestir dos formas: crisis sistémica o crisis de identidad Habermas individualiza los cuatro tipos de crisis que afectan nuestra a sociedad económica de racionalidad de legitimación y de motivación las dos primeras son crisis sistémicas y las dos últimas crisis de identidad La crisis económica se a debe un desajuste entre los capitalistas privados y la intervención del Estado en la economía, en un mundo crecientemente interrelacionado.

Las crisis de legitimidad y de racionalidad afectan al subsistema político. La primera se basa en la pérdida de sentido que se produce en un sistema política alejado de los ciudadanos y que éstos dejan de ver como legítimo; la segunda se refiere a la dificultad creciente que el sistema administrativo experimenta para cumplir las exigencias que recibe del sistema económico y de la sociedad (crisis fiscal del Estado). La crisis de motivación se relaciona con la imposibilidad que tienen los individuos de satisfacer las necesidades que el propio sistema les produce, y con la pérdida de sentido que padece su vida. La frustración es el resultado de la no realización de ciertas posibilidades del sistema no escogidas por el poder político. Crisis y complejidad van de la mano, especialmente cuando el ritmo de aumento de ésta es vertiginoso como sucede en la actualidad. La tendencia a la crisis es el resultado de no poder hacer frente a las novedades por un sistema que filtra estas novedades, de forma que sólo las que no atentan contra el carácter capitalista del sistema son aceptables y aun éstas no son. todas aceptadas. Las necesidades radicales, que rompen con la lógica capitalista, son vistas como catastróficas y su realización satisfactoria exorcizada por todos los medios, lo que produce esta situación de crisis permanente y difusa que nos envuelve.

Bibliografía

ATLAN H., «Du bruit comme principe de d'autorganisation» Communications, 18, 1972.

BERTALANFY, L. von, Teoría general de los sistemas , México, FCE, 1976.

DURKHEIM, E., La división del Trabajo social Akal Madrid, 1982

HABERMAS, J. Problemas de legitimación del capitalismo tardío, Buenos Aires, Amorrortu, 1975.

LUHMAN, N., Fin y racionalidad en los sistemas, , el Madrid, Editora Nacional, 1983.

-, Potere e complexità sociale, Milán, Il Saggiatore, - 1979.

MANDELROT, B., The Fractal Geometry of Nature, San Francisco, W.H. Freeman & Co., 1982.

MARX, C., El manifiesto comunista, en Obras Escogidas de Marx y Engels, Tomo I, Madrid, Fundamentos, 1975.

MARRAMAO, G., Potere e secolarizzazione, Roma, Riuniti, 1983.

- Mote E. El método. La naturaleza de la naturaleza. Madrid, Cátedra, 1981.

- Ciencia con consciencia, Barcelona, Anthropos, . 1984.

PARSONS, T.; El sistema social, Madrid, Alianza, 1982.

PRIGOGINE, L, La nueva alianza. Metamorfosis de la ciencia, Madrid, Alianza, 1983.

-, ¿Tan sólo una ilusión? Barcelona, Tusquets, 1983.

SINGH, J., Teoría de la información, del lenguaje y de la cibernética, Madrid, Alianza, 1972.

THOM, R., Stabilité structurelle et morphogénèse, París, Inter Editions, 1977.

-, «Una teoría dinámica de la morfogénesis» en C.H. Waddington, (ed.), Hacia una biología teórica, Madrid, Alianza, 1976.