

## 2) Tipos de sistemas reflexivos

- PABLO NAVARRO, «Sistemas reflexivos», en Román Reyes (dir.), *Terminología científico-social. Aproximación crítica (Apéndice)*, Barcelona, Anthropos (en preparación).

### 0. Introducción

El pensamiento sistémico (constituido fundamentalmente por la Teoría de Sistemas y la Cibernética [1, 2, 3]) ha dedicado desde sus comienzos una atención sostenida a diversos tipos de sistemas, pero casi siempre asumiendo lo que podría llamarse el *presupuesto clásico de objetividad*: una realidad puede considerarse un sistema en la medida en que es objetivable, es decir, definible, como una estructura separada y claramente diferenciable del sujeto definidor [4, 5].

De un tiempo a esta parte, sin embargo, algunos sectores del movimiento sistémico —encuadrados en la corriente de la «nueva cibernética» o «cibernética no clásica» [6]— han llegado a la conclusión de que ningún planteamiento hecho en los términos de la objetividad clásica es capaz de capturar la conducta de realidades ontológica y epistémicamente complejas [7]. Para esos sectores sólo cuestionando la validez de ese presupuesto es posible ofrecer una modelización adecuada de tales realidades.

El abandono del presupuesto clásico de objetividad permite, en efecto, una concepción nueva de la noción de sistema: una concepción según la cual un sistema, en lugar de ser una estructura definible como una realidad separada del sujeto que la considera, es una entidad definible justamente *en su relación con ese sujeto*. Dicho de otro modo, desde esta perspectiva no clásica un sistema es una realidad compuesta por un sujeto y la realidad que ese sujeto intenta objetivizar. La estructura y la actividad de esa realidad aparece así como dependiente de la actividad del sujeto que la define [8, 9], y viceversa. Considerado de este modo, un sistema adquiere características *reflexivas* [10], al resultar constituido por la flexión recíproca de la actividad del sujeto sobre la actividad del sistema presuntamente objetivo por él definido.

Un planteamiento reflexivo de este cariz es especialmente relevante de cara a la modelización de sistemas biológicos en general [11, 12, 13] y humanos en particular [14]; más en concreto, sólo una aproximación epistémica de tipo reflexivo parece tener potencia suficiente para visualizar, en una perspectiva sistémica, la dinámica propia de los procesos sociales humanos [15, 16, 17, 18]. A continuación se caracterizará con

mayor precisión el concepto de *sistema reflexivo*, para pasar después revista a las distintas formas de reflexividad detectables en diversos tipos de sistemas más o menos complejos.

### 1. La noción de sistema reflexivo

Un sistema (concebido como la relación entre un sujeto y un sistema objeto) es reflexivo en la medida en que en su seno se generan efectos reflexivos, es decir, interferencias entre la actividad del sistema objeto y la *actividad objetivizadora* [19] del sujeto.

Para evitar una interpretación errónea de lo que se entiende por tales interferencias conviene advertir que las mismas no deben ser entendidas como *relaciones causales objetivas* (en el caso de que el sistema objeto sea un sistema real), ni como *relaciones formales objetivas* (en el caso de que el sistema objeto sea un sistema formal). Pues cualquier relación *objetiva*, real o formal, presupone la inclusión de (respectivamente) causa y efecto o antecedente y consecuente en un *mismo dominio de objetividad*.

Lo que aquí se entiende por interferencia no es una relación (de causación real o de consecuencia formal) que ocurra en un mismo dominio de objetividad. Por el contrario, las interferencias entre la actividad característica del sistema objeto y la actividad objetivizadora del sujeto ponen justamente en cuestión tanto la presunta objetividad de la primera como la pretendida no-objetividad (el carácter puramente subjetivo) de la segunda. En lugar de ser objetivables (reducibles a un único dominio de pura objetividad) o subjetivables (reducibles a un único dominio de pura subjetividad), tales situaciones de interferencia señalan justamente los límites de todo dominio presuntamente objetivo (o presuntamente subjetivo).

Cuando se asume un punto de vista reflexivo, la actividad del sistema objeto y la actividad objetivizadora del sujeto que observa, manipula y modeliza esa actividad del sistema objeto deben pensarse como procesos *coexistentes*. Ahora bien, si entre esos dos tipos de procesos coexistentes se generan necesariamente interferencias es porque los mismos no son ni mutuamente reducibles ni completamente separables. Por una parte, ni la actividad del sistema objeto es independiente (y, por lo tanto, separable) de la actividad objetivizadora del sujeto, ni ésta es independiente de aquélla. Por otra parte, ni la actividad objetivizadora del sujeto es reducible a la objetividad característica del sistema objeto, ni esta objetividad es reducible a tal actividad.

La perspectiva reflexiva puede aplicarse a todo tipo de sistemas, reales o formales. Los sistemas que se califican de reflexivos no son otros que los que se suelen considerar, desde una actitud clásica, como no reflexivos: todos los sistemas presuntamente no reflexivos se

revelan como sistemas reflexivos en cuanto se considere su constitución como sistemas objeto en una relación de interferencia con la actividad objetivadora del sujeto.

La forma que adoptan los efectos reflexivos depende del tipo de sistema objeto involucrado, pues los distintos géneros de sistema revelan aspectos específicos de la actividad objetivadora del sujeto. Atendiendo a la clase de sistema objeto que el sujeto objetiviza, los efectos reflexivos pueden ser de tipo *óptico*, de tipo *lógico*, de tipo *óptico-lógico*, de tipo *epistémico* y de tipo *auto-reflexivo*.

## 2. Reflexividad óptica

Cuando el sistema objeto es de tipo meramente material, los fenómenos reflexivos se presentan en forma de *reflexividad óptica*. Un sistema «material» u *óptico* es un sistema real (no es simplemente el resultado de ciertas estipulaciones, como es el caso de los sistemas formales), que puede considerarse distincionalmente cerrado, o lo que es lo mismo, es un sistema real en cuyo seno *no* se genera *sentido*. Para simplificar, se presumirá que tales sistemas objeto materiales son todos de índole puramente física.

En esta clase de sistema los fenómenos reflexivos se manifiestan típicamente en los procesos de medición, que son el aspecto característico, en este contexto, de la actividad objetivadora del sujeto. Una medición consiste [20] en una manipulación por parte del sujeto de la magnitud cuyo valor trata de determinar. Ahora bien, la manipulación de tal magnitud hace que su valor inicial varíe hasta cierto punto. Por lo que el proceso de medición, que tiene como objetivo determinar ese valor inicial, tiene como resultado su alteración. En un contexto físico clásico, esa alteración se concibe como error.

Mas lo que en los sistemas físicos de tipo clásico aparece como error no es sino la forma epistémicamente degradada de la interferencia reflexiva entre la presunta actividad del sistema objeto y la actividad objetivadora del sujeto. El fenómeno clásico del error es la huella que deja, en un contexto no reflexivo, lo que es en realidad un efecto reflexivo ineliminable: en efecto, el proceso de medición tiene como consecuencia el hacer dependiente la actividad (óptica) del sistema objeto de la actividad objetivadora (manipuladora) del sujeto, y viceversa [21]. Pues la objetivación ontológica de la primera depende de su objetivación epistémica por la segunda. Pero ese proceso de objetivación epistémica que es la medición sólo sería a su vez objetivizable si se subsumiese en el sistema objeto cuya determinación es justamente dependiente de tal proceso. En realidad, el proceso de medición no es propiamente objetivizable, sino sólo operacionalmente controlable.

En contextos físicos no clásicos, los efectos reflexivos adquieren una apariencia menos evanescente que la del mero error. En los procesos de medición cuántica, por ejemplo, las características de la actividad objetivadora del sujeto que determina la actividad del sistema objeto no afectan meramente al grado de definición (la captación en forma más o menos «borrosa») de esa actividad, sino que determinan su propia configuración. Así, el carácter de la medición *constituye* el *tipo* de realidad (onda o partícula) objeto de medición [22]. O, dicho de otro modo, el contexto de medición selecciona el modelo de sistema objeto [23] de la misma sin que —según la llamada «interpretación de Copenhague»— tenga sentido preguntarse cuál es el modelo «real» subyacente y subsistente a las diversas formas de operación del sujeto.

## 3. Reflexividad lógica

En sistemas de tipo *lógico*, es decir, distincionalmente cerrados y de índole puramente formal (totalmente determinados por estipulaciones del sujeto), los fenómenos reflexivos se manifiestan típicamente en contextos de *interpretación* [24]. Los procesos de interpretación, en efecto, constituyen la forma específica que adopta la actividad objetivadora del sujeto cuando se enfrenta epistémicamente con sistemas lógicos, y juegan en esos sistemas un papel análogo al de los procesos de medición en sistemas ópticos. De la misma forma que sólo se puede determinar un sistema físico operando físicamente sobre el mismo *desde fuera* (midiéndolo), sólo se puede determinar (en un sentido productivo y reproductivo: creando y manteniendo su identidad) un sistema lógico operando lógicamente sobre el mismo *desde fuera* (interpretándolo).

Ese operar lógico interpretativo es el que *presta sentido* a la actividad del sistema lógico objeto. Ahora bien, tal operar interpretativo, objetivador del sistema objeto, no puede ser integrado en la objetividad que constituye [25]. O mejor dicho, sólo puede ser integrado (siquiera sea parcialmente) en esa objetividad al precio de volverla inconsistente o incompleta (lo que viene a significar en cierto modo su destrucción como objetividad lógica). Ésa es la raíz de la proliferación de paradojas que aqueja a los lenguajes naturales [26], y de la necesaria incompletitud, que Gödel puso de manifiesto [27], de los lenguajes formales capaces de cierto grado de autointerpretación.

Fenómenos como los indicados se originan como consecuencia de procesos de interferencia reflexiva entre la actividad de un determinado sistema objeto lógico (la dinámica de su cálculo), y la actividad objetivadora del sujeto (la interpretación que da sentido a esa dinámica [28]). La respuesta clásica ante esos fenómenos consiste en distinguir entre diversos tipos lógicos [29], o entre lenguaje objeto y metalenguaje [30].

Pero ese desdoblamiento no elimina la posibilidad de que tales efectos reflexivos se produzcan, sino que tan sólo la aleja: pues dentro del modelo metalingüístico los fenómenos de interferencia se reproducen como interferencia entre el lenguaje objeto y el metalenguaje desde el que se realiza la interpretación [31]. El problema reside en que la actividad metalingüística, en el mismo acto de su aplicación sobre el lenguaje objeto, puede modificar las condiciones de interpretación de ese lenguaje objeto; nos encontramos aquí frente a una situación similar a la que enfrenta la física cuántica: diversos contextos de aplicación del metalenguaje *constituyen* interpretaciones diferentes del lenguaje objeto.

#### 4. Reflexividad óntico-lógica

Hay una tercera clase de sistemas afectados por fenómenos de reflexividad: se trata de sistemas en los que se aúnan un *aspecto real* (óntico) y un *aspecto formal* (lógico). Son, pues, sistemas que exhiben un doble carácter óntico-lógico [32]; el paradigma de este tipo de sistemas lo proporcionan los sistemas cibernéticos [33]. En los sistemas óntico-lógicos una cierta actividad de tipo lógico (en la jerga cibernética: de tipo informacional) se materializa por medio de un determinado sistema físico (o, desde el punto de vista opuesto, un determinado sistema físico admite una cierta interpretación en los términos de la actividad de un específico sistema objeto lógico [34]).

El modo de reflexividad característico de esta clase de sistemas se manifiesta en forma de interferencias entre su aspecto óntico (su realidad como «hardware») y su aspecto lógico (su realidad en tanto que «software» [35]). Desde la perspectiva cibernética clásica, tales interferencias son interpretadas simplemente como *ruido*, puesto que «hardware» y «software» son realidades presuntamente paralelas (como lo son lenguaje objeto y metalenguaje en la perspectiva lógica clásica, o como lo son, desde el punto de vista de la física clásica, la realidad «en sí» que se da por supuesta y las operaciones del sujeto sobre esa realidad). Esa condición de paralelismo prohíbe cualquier intersección productiva de uno y otro aspecto: cuando esa intersección se produce de hecho, el resultado es un cortocircuito intencional que colapsa el sistema.

Desde un punto de vista reflexivo, sin embargo, esas interferencias no sólo pueden producirse sino que son por principio inevitables. La razón que hace esas interferencias ineliminables es que el sistema objeto óntico-lógico no puede aislarse, ni en su condición de «hardware», ni en su condición de «software», de la actividad objetivadora del sujeto. No puede aislarse en tanto que «software», pues en ese caso ese «software» carecería de sentido: para que lo adquiriera es preciso interpretarlo por medio de otro «software» de tipo metalingüístico [36, 37]. Tampoco puede aislarse en

tanto que «hardware», porque un «hardware» aislado sería incapaz de conectar el «software» objeto con el «meta-software» que lo interpreta: así, el «hardware» objeto tiene que vincularse a un «meta-hardware» que sea el soporte físico de ese «meta-software».

La cuestión es que ni los límites entre «software objeto» y «meta-software» ni los límites entre «hardware objeto» y «meta-hardware» son objetivables. Pues para establecer los primeros habría que establecer antes los segundos, y viceversa. Y es justamente la existencia de esos espacios no objetivables lo que permite (de hecho, fuerza) la producción de nuevas relaciones interpretativas entre «software» y «hardware», relaciones que trascienden el sentido inicial del sistema.

#### 5. Reflexividad epistémica

Los sistemas de tipo óntico-lógico pueden ser naturales o artificiales, y se presentan con diversos grados de complejidad. Una variedad específica de sistema óntico-lógico reviste especial importancia, por ser característica de los sistemas vivos [38]: se trata de la clase de sistemas dotados de clausura organizacional [39]. Un sistema objeto organizacionalmente cerrado, sobre todo cuando tiene la propiedad adicional de ser *informacionalmente abierto* [40] (como ocurre en el caso de los seres vivos), posee un modo de complejidad óntico-lógica que permite la emergencia de nuevos y más potentes efectos reflexivos.

Esos nuevos efectos se generan debido al hecho de que cualquier sistema objeto organizacionalmente cerrado e informacionalmente abierto desarrolla un cierto tipo de actividad objetivadora (por primitiva que ésta sea en comparación con la actividad objetivadora del sujeto). Dicho de otra forma, los sistemas de ese tipo *interpretan* el medio que les rodea (medio del que se diferencian gracias a su clausura organizacional, y con el que se relacionan merced a su apertura informacional). En ese proceso de interpretación tales sistemas producen y reproducen *sentido* [41]; por lo cual su realidad no puede captarse asumiendo el presupuesto de clausura distincional tal y como se hace al caracterizar sistemas puramente físicos.

Cuando se enfrenta a esa clase de sistema objeto, la actividad objetivadora del sujeto se ve reflejada en la actividad objetivadora «sui generis» del sistema objeto, y viceversa. Esa reflexión consiste en la interferencia entre la forma epistémica (el marco de distinciones [42, 43]) con la que el sujeto trata de objetivizar la actividad del sistema objeto y la «forma epistémica» idiosincrásica con la que ese sistema trata a su vez de «objetivizar» su medio. En definitiva, se trata de una interferencia entre dos procesos de generación de sentido en principio distintos.

En esas circunstancias el sujeto no puede simplemente describir el sistema objeto en los términos de un

marco distincional cerrado: tiene que adoptar una actitud de apertura distincional con el propósito de entender el sentido generado y re-generado por ese sistema, entrando así en una dinámica *hermenéutica* [44]. Se llaman efectos reflexivos epistémicos a esos fenómenos de interferencia entre la actividad objetivadora del sujeto y la actividad objetivadora «sui generis» del sistema objeto.

## 6. Auto-reflexividad

Los sistemas objeto organizacionalmente cerrados e informacionalmente abiertos, a medida que ganan en complejidad, entran en relaciones reflexivas epistémicas cada vez más profundas con el sujeto. En última instancia el sujeto, para comprender tales sistemas, no sólo tiene que adoptar una actitud de apertura distincional, sino que tiene que descubrir en ellos más y más rasgos característicos de su propia actividad objetivadora. O lo que es lo mismo, debe tomarse a sí mismo como modelo de tales sistemas [45, 46]. Se alcanza así una forma de reflexividad máximamente compleja: aquella por la que el sistema objeto refleja en su totalidad las virtualidades de la subjetividad del sujeto. A esa forma más elevada de reflexividad se llama auto-reflexividad, y los sistemas que la exhiben se denominan sistemas auto-reflexivos. Los sistemas sociales humanos, cuando son concebidos atendiendo a sus cualidades más características, ejemplifican —al menos en potencia— esta noción de sistema auto-reflexivo.

Los efectos auto-reflexivos se producen como consecuencia de procesos de interferencia entre dos actividades objetivadoras, la del sujeto y la del sistema objeto, que ahora se revelan como formalmente idénticas; en esas circunstancias el sistema objeto se transforma a los ojos del sujeto «ego» en *otro* sujeto. Lo cual implica que «ego» debe aceptar que el sistema objeto al que se enfrenta (el «otro» sujeto) puede asumir *también* el papel de «ego». Es decir, el «otro» puede considerar a «ego» como su sistema objeto, con el mismo derecho con que «ego» considera al «otro» como su sistema objeto. Por lo tanto, cualquier intento de objetivación por parte de «ego» de la actividad del «otro» se ve amenazado por la capacidad que tiene ese «otro» de objetivizar a su vez la actividad de «ego», incluyendo la parte de esta actividad dedicada a la objetivación del «otro». De hecho, el «otro» puede frustrar, mediante su actividad en forma de acción consciente, la objetivación de esa actividad por «ego», y así la mentira es una forma típica de interferencia reflexiva en contextos auto-reflexivos.

En esos contextos, además, «ego» debe enfrentarse a sí mismo por intermediación del «otro», en tanto que sistema objeto. En tales circunstancias la comprensión del sistema objeto (el «otro») por «ego» implica la auto-comprensión de «ego» en tanto que sujeto. Y esa

auto-comprensión de «ego» implica la comprensión del sistema objeto en tanto que *otro* sujeto [47]. En definitiva, se trata de una reformulación de la vieja intuición según la cual entender al otro es entendernos a nosotros mismos, y entendernos a nosotros mismos es entender al otro. Pero esta reformulación, al enraizar tal intuición en un entramado conceptual riguroso, permite iluminar aspectos especialmente relevantes de los procesos de entendimiento (y de falta de entendimiento) mutuo que son la base de la conciencia y la vida social humanas.

## 7. El significado del punto de vista reflexivo

La perspectiva reflexiva conduce no tanto al abandono del presupuesto de objetividad como a su profundización o, si se quiere, a su generalización. La objetividad clásica es, de hecho, una objetividad restringida: afecta solamente al objeto, en tanto que el sujeto se mantiene fuera de su alcance, asumiendo una identidad puramente noética. La objetividad reflexiva, a diferencia de la clásica, desborda el objeto e incluye en su radio de acción al sujeto, que así debe dar cuenta de sí mismo en los términos de lo que es su producto: la propia objetividad por él constituida. El precio que hay que pagar por esa generalización del concepto de objetividad es la relativización reflexiva de esa noción. Pero, contra lo que pudiera parecer a primera vista, el pago de ese precio no supone una pérdida, sino una buena inversión; pues, en efecto, el concepto reflexivo de objetividad permite enfrentar los resultados negativos fundamentales con los que la razón clásica se ha topado en los últimos cien años (de los surgidos en la mecánica cuántica a los revelados en el análisis de sistemas formales) *en positivo* y de forma teóricamente productiva.

Según la interpretación que aquí se propone, la quiebra de las pretensiones absolutizadoras de la objetividad clásica que esos resultados negativos testimonian no es un hecho limitador, un contratiempo que desdichadamente disminuye nuestras potencialidades epistémicas. Al contrario, los fenómenos de reflexividad responsables de esa quiebra no sólo explicitan los *límites* de las diferentes clases de objetividad erigidas por el sujeto; además, y lo que es más importante, revelan las relaciones productivas que se dan entre los diversos tipos de objetividad *justamente a través de esos límites*. Pues, de hecho, son los límites reflexivos característicos de las formas más simples de objetividad los que cooperativamente constituyen las condiciones de posibilidad de la emergencia de las formas de objetividad más complejas: la vida, la conciencia, la sociedad.

El pensamiento moderno, desde Descartes, ha atribuido al sujeto las condiciones de posibilidad del objeto. La perspectiva reflexiva, recíprocamente, atribuye asimismo al objeto las condiciones de posibilidad del

sujeto. En realidad, las condiciones de posibilidad del objeto y las del sujeto son las mismas; unas y otras se generan y requieren mutuamente en el espacio topológico no orientable que es el vínculo reflexivo. Entenderlas como condiciones separadas es imponer una orientación ficticia a ese espacio. Ontología y gnoseología son dos aspectos de una misma disciplina. En definitiva, un mundo exento de reflexividad, ni podría haber generado sujeto alguno, ni sería inteligible para ningún sujeto.

### BIBLIOGRAFÍA

- [1] WIENER, N., *Cibernética*, Madrid, Guadiana, 1971.
- [2] ASHBY, W.R., *An Introduction to Cybernetics*, Londres, Chapman & Hall, 1956. (En castellano, *Introducción a la cibernética*, Buenos Aires, 1960.)
- [3] BERTALANFFY, L. VON, *Tendencias en la teoría general de sistemas*, Madrid, Alianza, 1978.
- [4] KLIR, G.J., *An approach to General Systems Theory*, Nueva York, Van Nostrand Reinhold, 1969. (En castellano, *Teoría general de sistemas*, Madrid, ICE, 1980.)
- [5] MESAROVIC, M.D. y TAKAHARA, Y., *General System Theory: Mathematical Foundations*, Nueva York, Academic Press, 1975.
- [6] PASK, G., *The Old and New in Cybernetic Fashions*, trabajo no publicado, 1988.
- [7] «Science et pratique de la complexité». *Actes du colloque de Montpellier. Mai 1984*, París, La Documentation Française, 1986.
- [8] GAINES, B.R., «General System Identification», en Klir, G.J. (ed.), *Applied General Systems Research. Recent Developments and Trends*, Nueva York, Plenum, 1978.
- [9] GLANVILLE, R., «Inside every black box there are two white boxes trying to get out», *Behavioral Science*, 27 (1982), 1-11.
- [10] PASK, G., *The Cybernetics of Human Learning and Performance*, Londres, Hutchinson, 1975, esp. cap. IV.
- [11] FOERSTER, H. VON, «Notes for an epistemology of living beings», en *Observing Systems*, Seaside, California, Intersystems Publications, 1981 (1972).
- [12] MATURANA, H. y VARELA, F., *De máquinas y seres vivos*, Santiago de Chile, Editorial Universitaria, 1973. [En inglés, en Maturana y Varela, *Autopoiesis and Cognition*, Dordrecht, Holanda, Reidel, 1980 (Boston Studies in Philosophy of Science, 42)].
- [13] MATURANA, H., *Biology of cognition*, *ibid.*
- [14] PASK, G., *Conversation Theory*, Nueva York, Elsevier, 1976.
- [15] AULIN-AHMAVARA, A., «The impossibility of genuinely self-steering machines: a fundamental theorem on actor-systems», *Kybernetes*, 10 (1981), 113-121.
- [16] BRÄTEN, S., «The Third Position — Beyond artificial and autopoietic reduction», *Kybernetes*, 13 (1984), 157-163.
- [17] IBÁÑEZ, J., *Más allá de la sociología*, Madrid, Siglo XXI, 1979.
- [18] IBÁÑEZ, J., *Del algoritmo al sujeto*, Madrid, Siglo XXI, 1985.
- [19] FOERSTER, H. VON, «Objects: Tokens for (Eigen-) Behaviors», en *op. cit.* [11] (1976).
- [20] STERN, J., «Measurement Process and Systems», en el artículo «Principles, Methods and Instruments of Measurement and Observation», última edición de *Encyclopaedia Britannica*.
- [21] VALLÉE, R., «Eigen-elements for observing and interacting subjects», en Trapl, R. (ed.), *Cybernetics and Systems Research 2*, Elsevier, 1984.
- [22] GRIBBIN, J., *En busca del gato de Schrödinger*, Barcelona, Salvat, 1986 (Biblioteca Científica Salvat, 20).
- [23] BARROW, J.D. y TIPLER, F.J., *The Anthropic Cosmological Principle*, Oxford, Oxford University Press, 1986.
- [24] LÖFGREN, L., «Life as an Autolinguistic Phenomenon», en Zeleny, M. (ed.), *Autopoiesis: a Theory of Living Organization*, Nueva York, North Holland, 1981.
- [25] MILGRAM, M., «Les formalismes du hasard», en Dumouchel, P. y Dupuy, J.P. (eds.), *L'auto-organisation: de la physique au politique*, París, Seuil, 1983.
- [26] GODDARD, L. y JOHNSTON, M., «The Nature of Reflexive Paradoxes», *Notre Dame Journal of Formal Logic*, Part I, 24 (1983), 491-508; Part II, 25 (1984), 27-58.
- [27] GÖDEL, K. [1931], «On formally undecidable propositions of "Principia Mathematica" and related systems I», en Van Heijenoort, J. (ed.), *From Frege to Gödel*, Cambridge, Massachusetts, Harvard University Press, 1981 (trad. cast.: Universidad de Valencia, 1981).
- [28] FINSLER, P., «Formal proofs and undecidability», *ibid.* (1926).
- [29] RUSSELL, B., «Mathematical logic as based on the theory of types», *ibid.* (1908).
- [30] TARSKI, A., «The concept of truth in formalised languages», en *Logic, Semantics and Metamathematics*, Oxford, Oxford University Press, 1956 (1931).
- [31] KRIPKE, S., «Outline of a Theory of Truth», en Martin, R.L. (ed.), *Recent Essays on Truth and the Liar Paradox*, Oxford, Oxford University Press, 1984 (1975).
- [32] DEUTSCH, D., «Quantum theory, the Church-Turing principle and the universal quantum computer», *Proceedings of the Royal Society of London*, A 400 (1985), 97-117.
- [33] McCULLOCH, W., *Embodiments of Mind*, Cambridge, Massachusetts, MIT Press, 1965.
- [34] LANDAUER, R., «Fundamental Physical Limitations of the Computational Process; an Informal Commentary», *Cybernetic Machine Group Newsheet* (Londres), 2 (1987).
- [35] HOFSTADTER, D.R., *Gödel, Escher, Bach: un eterno y grácil bucle*, Barcelona, Tusquets, 1987.
- [36] KAMPIS, G., «On systems and Turing Machines», en *Cybernetics and Systems'88 (Proceedings of the Ninth European Meeting on Cybernetics and Systems Research, Vienna, 1988)*, Dordrecht, Holanda, Kluwer Academic Publishers, 1988.
- [37] LÖFGREN, L., «The Partiality of Self-Reference», a aparecer en Rossel, E. (ed.), *Proceedings of the Symposium Self-Steering and Cognition in Complex Systems*, Bruselas, 1987.
- [38] PATTEE, H.H., «Dynamic and linguistic modes of complex systems», *International Journal of General Systems*, 3 (1977), 259-266.
- [39] VARELA, F., *Principles of Biological Autonomy*, Nueva York, North Holland, 1979.
- [40] PASK, G., «Organizational Closure of Potentially Conscious Systems», en *op. cit.* [24].
- [41] ATLAN, H., «La complexité naturelle et l'auto-crédation du sens», en *op. cit.* [7].
- [42] SPENCER-BROWN, G., *Laws of Form*, Londres, George Allen & Unwin, 1969.
- [43] NAVARRO, P., «Cybernetics of (Im)possibility», en Glanville, R. y De Zeeuw, G. (eds.), *Problems of impossible worlds, Systemica 7*, 1988.
- [44] WINOGRAD, T. y FLORES, F., *Understanding Computers and Cognition*, Reading, Massachusetts, Addison-Wesley, 1987.
- [45] HUMPHREY, N., *The Inner Eye*, Londres, Faber and Faber, 1986.
- [46] NAVARRO, P., *Redes de Petri y teoría social*, trabajo no publicado, 1986.
- [47] FOERSTER, H. VON, «On Constructing a Reality», en *op. cit.* [11].