

ENTROPÍA: UN CADAVER EXQUISITO

Carmen Marin Ruiz

Universidad del País Vasco / Euskal Herriko Unibertsitatea

Resumen

La exploración en el arte contemporáneo de las nociones relacionadas con la entropía, queda justificada debido al amplio eco que ha adquirido en el ámbito artístico y cultural en el siglo XX. Pero la entropía es un concepto escurridizo. En sus significados se mezclan las nociones de energía, orden y desorden, y de información.

El término entropía es usado originalmente en termodinámica, después en mecánica estadística, y décadas más tarde en la teoría de la comunicación. El posterior desarrollo de su formulación teórica, a lo largo de una centuria, ha servido para explicar la tendencia general de procesos evolutivos tanto en sistemas orgánicos, como sociales. Simultáneamente, la aceptación del desorden entrópico como fenómeno propio de la contemporaneidad, ha ido adquiriendo peso en la práctica y teoría artísticas.

Para comprender la recurrencia del concepto en el ámbito del arte, desde un punto de vista operativo, consideramos conveniente partir de su enunciado en física, para pasar después a exponer su engarce científico con los dominios de lo biológico, lo tecnológico, lo social y lo cognitivo.

Palabras-clave: ENTROPÍA, ARTE, CIENCIA, VIDA, SOCIEDAD

Abstract

In contemporary art, the searching of notions related to entropy is justified by the wide recognition gained in the artistic and cultural field in the XX century. But entropy is an elusive term. In their meanings, notions of energy, order and disorder, and information are mixed together.

The term "entropy" was originally used in thermodynamics, then in statistical mechanics, and decades later, in communication theory. The development of its theoretical formulation has served to explain much of the overall trend of events, both for natural systems and for social and cultural systems, along the century. At the same time, the acceptance of the entropical disorder as a phenomenon of the contemporaneity acquires significant influence inside the artistic practice.

In order to understand the recurrence of the concept in the practice and artistic theory, from an operational point of view, we believe that it would be desirable to begin from the time of its statement in physics, and to go ahead after setting out its scientific link with the field of Biology, Technology, Social Sciences and cognitive experience.

Keywords: ENTROPY, ART, SCIENCE, LIFE, SOCIETY

“No es del todo cierto que la ciencia descubra leyes de la naturaleza, más bien las propone por si la naturaleza se digna a obedecerlas”

(Wagensberg 1989, 16).

El conocimiento avanza a golpes de linealidad y azar. El saber que surge del intercambio entre las ciencias sociales y las ciencias de la naturaleza crea un caldo de cultivo en las sociedades de cada momento y lugar, que sirve también para explicar los fenómenos cotidianos. Es lo que se ha venido llamando *sensorium*, *seitgeist* o paradigma, (conceptos hasta cierto punto equivalentes).

El arte es expresión de hombres y mujeres que viven en un lugar de su tiempo. Su lenguaje no es científico; el lenguaje plástico no pretende ser ni exacto, ni preciso, ni objetivo. Y sus discursos, como los individuos, no son uniformes. No obstante, el quehacer artístico participa, con instrumentos propios, de la acción creativa conjunta que mueve la construcción de conocimiento.

Es el mecanismo de realimentación entre sociedad, cultura y ciencia, el que impulsa la mirada de esta última hacia unos fenómenos de la naturaleza o hacia otros, hacia unas preguntas u otras. Las respuestas dependen de las preguntas; la teoría empuja la acción práctica y viceversa; y en última instancia, los comportamientos, la normatividad ética que se va imponiendo en cada cultura, evoluciona por el mismo impulso.

La ley de la entropía, introduce la conciencia del transcurrir unidireccional, irreversible, del tiempo, e indica la orientación de los procesos naturales. Su enunciado marca un punto de inflexión hacia una nueva racionalidad.

PRINCIPIO DE ENTROPÍA O SEGUNDA LEY DE LA TERMODINÁMICA

La entropía es probablemente la más general de las leyes físicas. Históricamente, parte del enunciado de la segunda ley de la termodinámica, a mediados del siglo XIX, que afirma que la energía se degrada en sus sucesivas transformaciones, disipándose en forma de calor. Fue el físico Rudolf J. E. Clausius quien desarrolló la expresión matemática característica de este proceso. Como resultado de la expresión, se obtiene una magnitud cuyo valor crece en cada transformación o cambio de estado; para esta magnitud acuñó en nombre de *entropía* (S)¹. Esta función de Clausius señala, además, que un sistema aislado evoluciona, continua e irrevocablemente, hacia estados de mayor entropía, poniendo de manifiesto un transcurrir unidireccional en la evolución de la naturaleza: una “flecha del tiempo”².

LA ENTROPÍA COMO MEDIDA DEL DESORDEN MOLECULAR

Mucho antes de que Einstein estableciera, por la teoría de la relatividad, la equivalencia entre energía y masa, el físico austriaco Ludwig Boltzmann, en la década de 1870, apuntaba las analogías entre el comportamiento de la materia y el de la energía estudiando la mecánica de los gases (Navarro Veguillas y Canals Pérez 2002, 377-410); según Boltzmann, el aumento de entropía de un gas en un recipiente aislado corresponde a una uniformización paulatina de las moléculas (lo cual se considera un aumento del “desorden” molecular) hasta alcanzar una situación de “equilibrio” en la que ya nada cambia. Otra aportación importante es que su enunciado matemático para describir la evolución del sistema introduce la regularidad estadística y, por tanto, la ley de la entropía se convierte en una ley que expresa probabilidades más que certezas, relativizando así su carácter determinista.

Como una consecuencia de los trabajos de Boltzmann, la entropía fue considerada popularmente como índice no sólo de la disipación la energía útil, sino también de desorden progresivo de la materia. De acuerdo con esta perspectiva el fin último del universo no sería la “muerte por calor” (como se había apuntado en un principio), sino un estado aún más lúgubre: el caos. Esta es la razón por la que en su forma más extendida aún hoy, el término de entropía expresa que la materia está sometida a una degradación irrevocable.

Sin embargo, si reparamos en los procesos naturales, la imagen de una tendencia universal hacia el desorden presenta una paradoja. El impulso hacia disposiciones ordenadas parece inherente a la evolución en la naturaleza. Las organizaciones sociales de los animales, las formaciones espaciales de las aves que viajan, las telarañas o las colmenas de abejas, los cristales minerales o la distribución fractal de un copo de nieve, son ejemplos de ello. Asumiendo el concepto entrópico de Boltzmann para los sistemas naturales, estaríamos reconociendo que muchos de estos procesos, así como el orden del ser viviente, el arte, o la propia acción de crear, se pueden calificar como altamente “improbables”; y una conclusión así no resulta satisfactoria intelectualmente.

Llegados a este punto, debemos reparar que los principios fundamentales de la termodinámica clásica en los términos descritos son válidos para los sistemas que cumplen unas determinadas condiciones, fundamentalmente las que se dan en los *sistemas aislados*, mientras que los fenómenos naturales y sociales se dan en *sistemas abiertos*, aquellos que intercambian materia y energía con su ambiente, lo que supone una situación muy diferente, incluso en el mundo inanimado

Ciertamente, la teoría de Boltzmann es insuficiente para explicar la complejidad de la naturaleza. Será el posterior desarrollo teórico de un nuevo orden termodinámico que entrará a considerar la relación de los sistemas con su entorno, el que establecerá el

dominio de aplicabilidad de la entropía a los sistemas vivos. Entramos en el ámbito de la termodinámica de no-equilibrio.

ENTROPÍA EN LA TERMODINÁMICA DE NO-EQUILIBRIO. LAS ESTRUCTURAS DISIPATIVAS Y EL ORDEN POR FLUCTUACIONES

La termodinámica de “no-equilibrio” parte del concepto de balance de entropía introducido por Ilya Prigogine³. Viene a decir que para un sistema no aislado, los cambios del mismo están interrelacionados con los cambios en su entorno circundante. Desde el ambiente exterior puede fluir energía útil hacia el interior del sistema que, una vez degradada, sale hacia el exterior; de esta manera, se explica que la entropía en el interior del sistema se mantenga estable -siempre que persista el intercambio-, a la vez que, si hacemos el balance total para el sistema y su medio, la entropía irá en aumento de acuerdo con el segundo principio de la termodinámica.

Tenemos por tanto, que los sistemas abiertos, debido al intercambio con volúmenes limítrofes, pueden llegar a mantener una situación *estable* de “no-equilibrio” (denominada “estado estacionario”). En esta condición, un sistema puede crear o mantener cierta organización sobre el espacio y en el tiempo.

Este tipo de sistemas son los más numerosos. Prigogine demostró que a diferencia de lo que ocurre en los sistemas aislados, (en “equilibrio”), la tendencia evolutiva para ellos no viene marcada por la homogeneización, sino que contrariamente, con el paso del tiempo van adquiriendo niveles de organización cada vez superiores, y más eficientes en la utilización de la energía. Se trata de un proceso evolutivo, irreversible, pero oscilatorio y no lineal -puesto que incluye la aleatoriedad-, que se denomina “orden por fluctuaciones” (Prigogine 1997). En estos tipos de estructuras y orden se basan la vida, la síntesis de proteínas, la generación del impulso nervioso o la contracción muscular, la organización de un termitero, los ecosistemas y las propias organizaciones humanas.

Con la termodinámica del “no-equilibrio” quedaba inaugurada, una perspectiva teórica aplicable tanto a las máquinas artificiales como a los organismos biológicos, a los fenómenos psicológicos como a los sociológicos. Pero lo más importante es que este nuevo orden, en el que el determinismo y el azar se llevan de la mano, sí que es universal⁴.

ENTROPÍA Y TEORÍA DE LA INFORMACIÓN. ENTROPÍA DE SHANNON

Como en un “cadáver exquisito”, el retrato de la entropía se va completando con diferentes creadores. Aún debemos introducir otro tipo de entropía “que no es termodinámica”, y que es la denominada *entropía de Shannon*.

Claude Shannon y Warren Weaver elaboran en 1948 una teoría de la información basada en el estudio de los fenómenos de comunicación realizado por Norbert Wiener en el campo de la cibernética:

“Por su naturaleza, los mensajes son una forma y una organización. Efectivamente es posible considerar que su conjunto tiene una entropía como la que tienen los conjuntos de los estados particulares del universo exterior. Así como la entropía es una medida de desorganización, la información que suministra un conjunto de mensajes, es una medida de organización. De hecho puede estimarse la información que aporta uno de ellos como el negativo de su entropía cuanto más probable es el mensaje, menos información contiene.”

(Wiener 1988, 21)

ENTROPÍA EN LOS SISTEMAS VIVOS

El prestigioso ecólogo Ramón Margalef, escribe refiriéndose a la entropía que se “puede hablar de una degradación de la energía: pero esto es la savia del Universo que siembra por doquier sistemas que se autoorganizan y, al llegar al hombre por lo menos, llegan a hacerse conscientes” (Margalef 1982, 895).

Los sistemas vivos, al igual que los sistemas sociales y los sistemas tecnológicos, son sistemas abiertos que reciben constantemente aporte de materia, energía e información, que mantiene y eleva su grado de organización, su capacidad de anticipación respecto al medio y su independencia del mismo. El problema de interacción de un sistema con su entorno puede formularse, tanto desde la teoría probabilística de la información, como desde la entropía. Ambas establecen que como reacción a los cambios o fluctuaciones en su entorno, en el interior de los sistemas se darán cambios, que supondrán también cambios en su exterior, manteniéndose así el balance constante. La respuesta de cada sistema a una perturbación (fluctuación) o cambio exterior, se puede dar en términos de *adaptación*: el sistema reajusta levemente su estructura interna para seguir siendo compatible con su ambiente; pero, cuando la perturbación

es muy importante, el sistema entra en crisis; entonces, o bien se extingue, o bien se *reorganiza*, y cambia bruscamente a otra (nueva, imprevisible) *estructura*. Evolucionar es superar una situación y asumir la siguiente. El éxito de cada nueva situación viene marcado por la supervivencia. El físico Jorge Wagensberg a esto le llama “la esencia del cambio” (Wagensberg, 1989, 49).

En la perspectiva de la entropía, cada acción de un ser humano o un organismo, cada proceso de la naturaleza, solamente puede conducir a un déficit de energía útil disponible en el sistema en su conjunto. En este sentido, hay que destacar la superior eficiencia de los sistemas auto-organizativos sobre la tecnología humana convencional, frente a las restricciones que imponen las leyes de la termodinámica.

ENTROPÍA: UNA SUERTE DE *VANITAS*

La aportación de la teoría de la información y la termodinámica del no-equilibrio, arrincona la explicación causal lineal clásica de la segunda ley de la termodinámica para la evolución en los sistemas abiertos, y abre las puertas al nuevo paradigma de la complejidad, fundamentado en el hecho cotidiano de la emergencia de lo nuevo y de lo imprevisto, como fuentes de nueva coherencia; una actitud fundamental, en palabras de Wagensberg, pues “es también una base para un sistema filosófico del que extraer orientaciones para la Ética, para las así llamadas ideologías del hombre” (Wagensberg, 1989, 83).

Nicholas Georgescu-Roegen ahondaba en esta idea, afirmando que existe “una indeterminación entrópica en el mundo real que permite a la vida adoptar un espectro interminable de formas y, más aún, permite que las acciones de un organismo vivo disfruten de una cierta dosis de libertad.” (Georgescu–Roegen 1975, 99)

Sin embargo, a pesar de reflexiones como éstas de Wagensberg y Georgescu-Roegen, la Segunda Ley de la Termodinámica ha sido popularmente interpretada en una dirección determinista muy marcada, que ha permanecido, en cierto modo, hasta nuestros días.

A finales del siglo XIX, cuando empezó a calar en la conciencia popular la idea de una “muerte térmica del Universo” se instaló una visión apocalíptica del curso de los acontecimientos en la tierra. Afirmar que la entropía tendía al máximo, equivalía a establecer la flecha del tiempo en un sentido nefasto. El concepto de entropía nutrió el pesimismo milenarista de muchos libros. Al parecer esa “entropía”, que sedujo a tantos escritores, fue para muchos, un nuevo nombre para el viejo tema de la caducidad de las cosas, el *memento mori*.

El *pathos entrópico* hizo estragos hasta bien avanzado el siglo XX. La entropía fue recurrente entre los escritores y ensayistas en las décadas del 20 y del 30. El impacto en la literatura de ficción contribuyó en gran medida a la popularización del término.

Paralelamente, el segundo principio de la termodinámica, con la entropía al frente, adquirió trascendencia en las ciencias humanas porque inauguró un nuevo enfoque desde los principios fundamentales de la ciencia. Efectivamente, a principios del siglo XX, la energía se adoptó como puente para explicar los comportamientos de la mente y las sociedades. Sigmund Freud escribió, en 1918, que “también en las trasposiciones de los procesos psíquicos cabe considerar el concepto de una entropía” (Freud [1918] 1992, 105). Más tarde, Carl Gustave Jung, aceptando que los fenómenos anímicos pueden someterse a una consideración *energetista*, dedica un apartado a la entropía en *Energía Psíquica y esencia del sueño*, 1928 (Jung [1928] 1976)..

El pesimismo decimonónico seguía vivo en 1955 cuando el antropólogo Claude Lévi-Strauss, para quien las sociedades humanas están sometidas a la ley de la entropía, afirmaba en *Tristes trópicos* que, “antes que <antropología> habría que escribir <entropología>” (Lévi-Strauss 1988, 467).

Ya en los 60, fueron los autores de ciencia ficción⁵, quienes hicieron uso del término. Según Fredric Jameson la visión de la entropía en algunos de ellos era la del mundo que tiende a desintegrarse bajo su propio ímpetu⁶.

A principios de los 70, la entropía fascina al artista Robert Smithson, (lector de Lévi-Strauss y aficionado a la literatura de ciencia ficción) y la adopta para referirse a la inevitabilidad del desorden y a la descomposición de las cosas⁷.

ENTROPÍA EN EL ARTE

La ciencia moderna se apoyaba en el paradigma racionalista cartesiano newtoniano, pero el concepto de entropía altera el esquema científico imperante desde el enunciado de Boltzmann a finales del XIX. Lo altera por ejemplo, cuando en lugar de hablar de relaciones de causa-efecto, recurre al concepto de regularidad estadística o probabilidad. Además, unas décadas más tarde, la física cuántica ahonda en esa misma dirección proponiendo el principio de incertidumbre o indeterminación para explicar los fenómenos físicos, de la mano de Warner Heisenberg (1927). Los nuevos enunciados teóricos conllevan nuevas implicaciones filosóficas y epistemológicas, que van a afectar a todos los ámbitos del conocimiento.

La aceptación del desorden (entrópico) por un lado, y la indeterminación, por otro, en el ámbito artístico se convirtieron, en su momento, en la coartada intelectual necesaria para la exploración de otras realidades sensibles, lo que propició la aparición de nue-

vas corrientes artísticas. Cada una de ellas, ofreciendo una aproximación parcial pero propia, desarrolló lenguajes estéticos inéditos hasta entonces.

Picasso y Braque, se lanzaron a la investigación de un lenguaje plástico válido para representar los múltiples puntos de vista con los que se puede mirar la realidad; pocos años más tarde, en el “Manifiesto realista o Constructivista” (1920), Naum Gabo y Antoine Pevsner proclamaban: “Todo es ficción, solo la vida y sus leyes son auténticas”; y casi simultáneamente, los artistas del *dadá*, Jean Arp, y Kurt Schwitters, inauguraban la inclusión del azar en la práctica artística

La complejidad de las nuevas formas, provoca que el análisis convencional de la obra de arte se muestre inoperante, por lo que la teoría estética se ve obligada a abandonar su papel tradicional como herramienta historiográfica. Renunciando a consideraciones basadas en el estudio del objeto artístico, el ámbito principal del estudio se traslada a la percepción del sujeto. Equilibrio y orden, desorden y caos, se cuelan una y otra vez en las argumentaciones. Y la entropía se convierte en un concepto recurrente, que se utiliza como metáfora en el análisis crítico de las derivas del arte contemporáneo. El propio Rudolf Arheim (1980), editó un ensayo sobre psicología del arte con el título “Entropy and Art: An essay on disorder and order” en 1966 (Arheim 1980).

A mediados del siglo XX, una nueva generación de artistas, surgida en el contexto de lo que se llamó “arte procesual”, arte “*minimal*” y “arte conceptual,” empieza a tomar protagonismo realizando actuaciones alejadas del espacio urbano; el uso de elementos poco transformados del terreno, o el territorio mismo, es la materia para sus creaciones. Uno de estos artistas, Robert Smithson, en un ensayo de 1966 (Smithson 1966), reintroduce la entropía para explicar estos nuevos movimientos, pero, presentándola ahora, como un concepto productivo en la práctica artística. Ése mismo año, el teórico Rudolf Arheim, escribía al respecto:



“Sin duda el uso popular de la noción de entropía ha cambiado. Si durante el siglo pasado sirvió para diagnosticar, explicar y deplorar la degradación de la cultura, ahora brinda una justificación categórica del arte “mínimo” y los placeres del caos.”

(Arheim 1980, 342)

Smithson, en sus artículos y declaraciones, utiliza el término de entropía para referirse a los procesos observables de disgregación de la materia en los procesos biológicos y en los geológicos, y a la disolución de las ideas en los procesos mentales (Falm 1996).

Posteriormente, el concepto de entropía, a la manera como lo entendía el artista, aparecerá reiteradamente en los escritos críticos que se siguen⁸; especialmente en los volúmenes dedicados al “arte medioambiental” y *land art*, servirá para establecer analogías con ciertas prácticas artísticas. Sirva de ilustración la obra *Partially Buried Woodshed* (Leñera parcialmente enterrada), realizada por Robert Smithson en 1970. (Fig.2)

En el campus de la universidad Estatal de Kent (Ohio), el artista ordenó apilar tierra traída en camiones sobre una leñera en ruinas, hasta que se rompió la viga central:

“Para Smithson, ello suponía un símbolo de la entropía: con el paso del tiempo sufriría la erosión y se producirían otros cambios. La entropía era un concepto clave para este artista, puesto que indicaba el proceso de transformación que actúa cuando algo queda abandonado a las fuerzas de la naturaleza.”

(Kastner y Wallis 2005, 99)

Para desmentir la idea de que algo abandonado a los procesos naturales, tiende al desorden por la ley de la entropía, tan sólo hubo que esperar unos años y contemplar, en ése espacio de intervención, la evolución vivida por la obra hacia un nuevo estadio, producto del reordenamiento vivo y dinámico de la naturaleza. (Fig.2)

La mirada de la artista Lara Almarcegui a los descampados que encontramos en las ciudades y sus alrededores, es un intento de revalorizar las estructuras auto-organizativas de los sistemas naturales. Sus propuestas artísticas basadas en la no-actuación sobre un solar o un rincón no urbanizado como “alternativa frente al diseño urbano”, ponen énfasis en la observación de analogías y disparidades entre los mecanismos de adaptación y cambio naturales y los culturales. (Fig. 3)



Desde la Antigua Grecia, los esfuerzos por comprender los fenómenos naturales, y por construir una sociedad basada en ideas de libertad, responsabilidad y justicia, se han tratado como dos proyectos que sólo podían coexistir basándose en una concepción dualista de la naturaleza. Sin embargo, con los avances teóricos iniciados a finales del siglo XIX, se impone un nuevo concepto de naturaleza fundado en la analogía entre los procesos del mundo natural, tal y como los estudian los científicos, y las vicisitudes de los



asuntos humanos tal y como los estudian los historiadores. Esta comprensión más ambiciosa de los sistemas vivos como simultáneamente naturales, sociales y tecnológicos, provee de herramientas conceptuales para entender el mundo en que vivimos. Sin ella, difícilmente podríamos comprender el trabajo realizado por artistas como Hans Haacke, y Joseph Beuys que, ya desde los años 70, abrieron un rango de prácticas artísticas nuevas, o propuestas más actuales como la obra *El retorno de un lago* (2009-2014), de Maria Thereza Alves. (Fig. 4)



Si la ciencia clásica enfatizaba los factores de equilibrio, orden estabilidad, hoy encuentra fluctuación e inestabilidad por todas partes. “Estamos empezando a ser conscientes de la complejidad inherente del mundo”, afirma Prigogine (1995, 1). Por mucho que, a primera vista, las teorías de la física parezcan confirmar una evolución determinista, la ciencia contemporánea ha abierto el camino de un tiempo que “en lugar de enfrentar a la humanidad con la naturaleza, puede explicar el lugar que el hombre ocupa en un universo inventivo y creativo” (Prigogine 1995, 3).

Bibliografía

- Albelda, José, y José Saborit. 1997. *La construcción de la Naturaleza*. Valencia: Generalitat, Conselleria de Cultura, Educació y Ciència
- Arnheim, Rudolf. 1980. *Hacia una psicología del arte. Arte y entropía*. Madrid: Alianza,
- Bois, Ive-Alain, Benjamin H.D. Buloch, Hal Foster, y Rosalind Kraus. 2004. *Arte desde 1900*. Madrid: Akal
- Cazau, Pablo. 1995. “La teoría de las estructuras disipativas”. http://www.manuelugarte.org/modulos/teoria_sistemica/la_teor%C3%ADa_de_las_estructuras_disipativas.pdf (último acceso: 12 de 04 de 2013).
- Eddington, Arthur Stanley. 1928. *The nature of the physical world*. Cambridge: University Press, 1929
- Falm, Jack, ed. 1996. *Robert Smithson: The collected writings*. Los Angeles: University of California Press

- Freud, Sigmund (1918) 1992. "De la historia de una neurosis infantil (1917-1919)" *En vol XVII de Sigmund Freud Obras completas*. Buenos Aires: Amorrortu
- Georgescu-Roegen, Nicholas. 1975. "Energía y mitos económicos". *ICE Revista de Economía* (mayo): 94-122.
- 1996. *La ley de la entropía y el proceso económico*. Madrid: Fundación Argentaria-Nisor
- Jameson, Fredric. 2009. *Arqueologías del futuro*. Madrid: Akal
- Jung, Gustave Carl (1928) 1976. *Energética psíquica y esencia del sueño*. Buenos Aires: Paidós
- Kastner, Jeffrey, y Brian Wallis. 2005. *Land art y arte medioambiental*. Londres: Phaidon
- Klüser, Bern, ed. 2006. *Joseph Beuys : ensayos y entrevistas*. Madrid: Síntesis
- Lailach, Michael. 2007. *Land Art*. Colonia: Taschen
- Lévi-Strauss, Claude. 1988. *Tristes trópicos*. Barcelona: Paidós
- Margalef, Ramón. 1982. *Ecología*. Barcelona: Omega
- Navarro Veguillas, Luis y Enric Pérez Canals. 2002. "Principio de Boltzmann y primeras ideas cuánticas en Einstein". *Acta Hisp. Med. Sci. Hist. Illus.* 22: 377-410
- Prigogine, Ilya. 1995 "¿Qué es lo que no sabemos?". *A Parte Rei* 10: 1-4
- 1997. *El fin de las certidumbres*. Santiago de Chile: Andrés Bello
- Riechmann, Jorge. 2012. *Interdependientes y Ecodependientes*. Barcelona: Proteus
- Smithson, Robert. 1993. *Robert Smithson : el paisaje entrópico : una retrospectiva 1960-1973*. Catálogo de la exposición. Valencia: IVAM
- Wagensberg, Jorge. 1989. *Ideas sobre la complejidad del mundo*. Barcelona: Tusquets
- Wiener, Norbert. 1988. *Cibernética y sociedad*. Buenos Aires: Editorial Sudamericana

Notas

- ¹ "En términos amplios entropía se puede definir como el índice de la cantidad de energía no disponible en un sistema termodinámico dado en un momento de su evolución." (Georgescu-Roegen 1975, 97)
- ² La expresión "flecha del tiempo", fue acuñada por el astrónomo británico Arthur Eddington, en *The Nature of the Physical World*, (1928)
- ³ Ilya Prigogine (Moscú, 1917 – 2003) fue Premio Nobel de Química en 1977
- ⁴ Las leyes fundamentales de la física clásica, de las que no se discute su existencia, sólo tienen aplicación para situaciones ideales o situaciones límite
- ⁵ Entre otros J.G. Ballard (*Las voces del tiempo*, 1960), Pamela Zoline (*La muerte térmica del Universo*, 1967) y Brian Aldiss
- ⁶ F. Jameson, (2009) se refiere al concepto de "Kippel" en la novela de Philip K. Dick *Do Androids Dream of Electric Sheep?* (*¿Sueñan los androides con ovejas eléctricas?*); una novela corta, de 1968, que inspiró la producción cinematográfica *Blade Runner* de Ridley Scott en 1982
- ⁷ El artista Robert Smithson, al parecer había recogido ésa idea del "Kippel" cuando escribe que "el material impreso desempeña un papel entrópico. Los mapas, las cartas de navegación, los anuncios, los libros de arte, los libros de ciencia, [...] los periódicos, los cómics, los folletos y los panfletos de las compañías industriales reciben todos el mismo tratamiento." (*Smithson* 1993, 65)
- ⁸ En el volumen *Arte desde 1900*, Ivo-Alain Bois explica que la entropía inspiró la práctica de dispersión antiformal postminimalista en la expresión de "la materialidad de la obra como resistente al orden, como destinada a la entropía" (2004, 535)

(Artículo recibido 19-04-2014; aceptado 04-06-2014)