

# ENTROPÍA

## Caos y orden

La entropía<sup>1</sup> es el grado de desorden y de caos<sup>2</sup> que existe en la naturaleza. Es el segundo principio de la termodinámica que puede definirse esquemáticamente como el “progreso para la destrucción” o “desorden inherente a un sistema”. Este principio establece que a cada instante el Universo se hace más desordenado. Hay un deterioro general pero inexorable hacia el caos.

---

<sup>1</sup> Clausius, Rudolf Emmanuel (1865) Introduce la entropía como la formulación matemática de la segunda ley de la termodinámica, definida como donde  $S_A$  es el valor (arbitrario) que asignamos a la entropía del estado de referencia A, T es la temperatura absoluta y  $dq_{rev}$  es el calor intercambiado en un proceso irreversible ideal. Entropía es una función de estado.

<sup>2</sup> De acuerdo con el lenguaje de la termodinámica, el caos resulta de una ausencia de orden. El caos es la nada y significa la máxima indeferenciación de un sistema. (Cesarman: 1982)

El azar, el destino, la suerte y el caos son los elementos principales que estudia la entropía.

Uno de los patrones fundamentales de comportamiento que encontramos en el mundo físico es la tendencia de las cosas a desgastarse y agotarse. Los edificios se derrumban, la gente envejece, las montañas y las costas se erosionan, los recursos naturales se agotan, y todo sin retorno.

Originalmente la palabra entropía viene del griego *em* que significa sobre, en y cerca de; y *sqopg* que significa giro, alternativa, cambio y evolución. Este término fue usado por primera vez en 1850 por el físico alemán Rudolf Julius Emmanuel Clausius.

La vida es una lucha contra la entropía. Esta lucha que es parte del flujo de la materia y la energía en el cosmos, se lleva a cabo en la naturaleza de la cual todo forma parte.

La energía del universo tiende a distribuirse en todo el espacio en busca del equilibrio, de la mayor estabilidad, de la mayor dispersión y probabilidad posibles; lo que da lugar al gran desorden, a la mayor redistribución, al caos y a la entropía máxima.

Las catástrofes que ocasionalmente interrumpen la aparente quietud del cosmos, como los terremotos, los derrumbes, los aludes, las erupciones volcánicas, las tormentas, la erosión del suelo, los inviernos que se prolongan y las nieves eternas, no son más que pequeñas manifestaciones esporádicas, en este planeta, de la impaciencia que tiene la

naturaleza por alcanzar su estado de máximo equilibrio, de mayor desorden, de completa estabilidad y de entropía absoluta.

Existen, sin embargo, sistemas que se oponen a este fluir de la naturaleza, estos sistemas son los organismos compuestos por materia viva, que constituyen sólo una ínfima parte de la materia y energía del cosmos y que, hasta donde se sabe, sólo existen en el planeta Tierra. Estos sistemas compuestos por materia viva: desde el virus más elemental, hasta los seres humanos incorporados en el sistema-sociedad, existen para luchar y luchan para existir, diferenciándose del resto del universo.

La vida es el conflicto de lo singular contra lo universal; del desequilibrio de cada sistema contra el equilibrio máximo; del esfuerzo de mantenerse inestable en relación con la máxima estabilidad a que tiende la naturaleza y del orden contra el caos.

La materia y la energía se mueven simultáneamente a favor y en contra de la vida. Por su gran diferenciación, los sistemas compuestos por materia viva, son inestables y frágiles y cada uno de ellos, como unidad individual, llega necesariamente al momento de su desaparición, de su incorporación al equilibrio y a la estabilidad: a la muerte que es la máxima entropía del sistema. Para seguir siendo la materia viva necesita consumir y degradar energía continuamente; energía que los sistemas transforman en trabajo que a su vez, este trabajo, es utilizado en las funciones necesarias para la obtención de energía, para el crecimiento y el desarrollo; así como los seres gastamos energía y la reponemos mediante la comida.

La sociedad que forman los seres humanos es un organismo compuesto por materia viva evolucionada, que consume y degrada energía para crecer, diferenciarse, mantener su integridad, su desequilibrio y su inestabilidad con respecto a sus alrededores, que es el universo que tiende al equilibrio, a la estabilidad y al caos. Los sistemas compuestos por materia viva necesitan energía para oponerse a la entropía. Sin embargo, la sola posesión de energía no es suficiente para que un sistema se integre, se necesita una estructura capaz de aprovechar dicha energía. La posesión de energía es necesaria para que el sistema-sociedad se estructure, para que los hombres puedan vivir en este sin perder del todo su individualidad, para poderse comunicar, para tener acceso al conocimiento científico y a la cultura, para tener una vida con el máximo de salud que sea posible, para conservar su medio ambiente y para vivir en armonía unos con otros y con la misma naturaleza de la cual forman parte. Por otro lado, la escasez de energía, el no tener una estructura capaz de aprovechar la energía útil, son factores que no impiden que los hombres se incorporen al caos y al equilibrio al que tiende la naturaleza, lo que da por resultado la ignorancia, la miseria y el hambre.

La lucha de ciertos sistemas de materia viva en contra de la tendencia del universo a la entropía máxima es desigual, pero siempre ha existido. Dentro del sistema-sociedad-humana se plantea continuamente el conflicto entre la estructuración del sistema y la tendencia del universo al caos, al equilibrio y la estabilidad. La entropía se hace sentir cuando la violencia triunfa sobre la paz, el odio sobre el amor, la locura sobre

la razón, la enfermedad sobre la salud, la miseria sobre la abundancia, la muerte sobre la vida, la ignorancia sobre el conocimiento, la necesidad sobre la sabiduría y la mentira sobre la verdad. Cuando la violencia triunfa en el universo y se ejerce en un ambiente de odio, necesidad e ignorancia, la entropía y el caos llegan a su máximo nivel.

Para comprender mejor lo que es la entropía es necesario definir lo que es un sistema. *“Sistema es cualquier colección de materia que se quiera estudiar, o sea aquella en que concentramos nuestra atención en un momento dado. Un sistema puede ser un átomo, una molécula, un compuesto, una célula, un organismo, una cámara fotográfica, un televisor, un insecto, una flor, toda la Tierra, la sociedad, una ciudad, una galaxia, el sol. En fin cualquier pedazo de materia queelijamos es un sistema; todo el resto de materia y energía existentes en el cosmos constituyen los alrededores de ese sistema. La estabilidad de un sistema depende básicamente de la entropía. La entropía se refiere al grado de distribución de la energía que existe en un sistema, entre más uniformemente distribuida se encuentre la energía, mayor será la entropía del sistema. La muerte del sistema compuesto por materia viva significa la integración de dicho sistema al medio ambiente, el logro de su máxima entropía al incorporarse y alcanzar el equilibrio y la estabilidad a que tiende el resto del universo. Esta fuerza entrópica del cosmos hace que sea más probable estar muerto que estar vivo”.* (Cesarman: 1982)

La falta de energía en el sistema significa la desintegración, el caos y el equilibrio. La energía es el único enlace que existe entre la realidad de la naturaleza y el hombre. La información que recibimos es gracias a la energía, por tanto sin energía no hay imagen y mucho menos conocimiento.

Entonces pues podemos decir que la entropía es, en pocas palabras, el grado de desorden, el equilibrio máximo en el cual ya no puede haber más cambios físicos y químicos, ni se puede desarrollar ningún trabajo y donde la presión, la temperatura, y la concentración son uniformes en todo el sistema. Los procesos de la naturaleza, al aumentar la entropía, se hacen irreversibles. Aquel proceso que llega a su grado máximo de equilibrio, desorden, de entropía, ya no puede regresar a sus etapas iniciales de evolución, lo que significaría una disminución –imposible- de entropía.

La disminución de la entropía de un sistema compuesto por materia viva depende de la integridad del medio que lo rodea y del correcto funcionamiento de los mecanismos que consumen energía para mantenerlos diferenciados y en desequilibrio con dicho medio.

En el universo todo tiende al caos: hacia la destrucción de los sistemas, a la dispersión de la energía en sus formas más degradadas y al aumento de la entropía, se trata de un proceso natural. Las sociedades son los únicos sistemas capaces de oponerse a esta tendencia, se defienden del caos y son capaces de oponerse, en contra de la

entropía, toda vez que cuenten con un aporte suficiente de energía y con la estructura que les permita utilizarla.

La entropía hacia la que tiende la naturaleza es el camino al caos y la redistribución máxima de la energía, o sea prácticamente hacia la nada, pues la máxima entropía es la “casi-nada”. Ya que es la energía degradada y uniformemente distribuida en el universo. Por tanto podemos decir que la entropía es la medida del grado de desorden (caos) de un sistema y sin desorden no hay entropía.

El caos (desorden) es todo aquello que existía en un estado completamente indiferenciado, estuvo asociado con lo informe, lo impensado, lo vacío y lo desordenado. El caos es la ausencia de forma y también el medio donde tiene lugar la creación de la forma. Es el motor que impulsa a un sistema hacia un tipo de orden más complejo. El caos hace posible el orden siendo su precursor y socio, y no su opuesto. El caos posee dentro de sí profundas estructuras de orden donde las zonas de simetría se mezclan con las de asimetría, recorriendo todas las escalas de magnitud creando así formas cada vez más complejas.

El orden<sup>3</sup> es una condición necesaria de todo lo que la mente humana desea comprender. Por ejemplo: una pintura se dice que es ordenada cuando un observador puede captar su estructura general y la ramificación de la estructura con algún detalle.

---

<sup>3</sup> En el lenguaje de la estética se define al orden a aquellos sistemas estructurales con base de un arreglo simple y homogéneo de las partes que lo integran. Mientras que en el lenguaje de la termodinámica orden se refiere a arreglo complejo y heterogéneo de las partes que integran un sistema. (Cesarman: 1982)

En muchos casos, el orden se capta ante todo por los sentidos. El observador percibe una estructura organizada en las formas y colores de una pintura.

*“El orden es una condición necesaria para cualquier cosa que ha de entender la mente humana... Un mecanismo físico, ya sea un equipo de trabajadores, el cuerpo de un animal, o una máquina, solamente puede trabajar si está en orden físico”* (Arnheim: 1980), o como dice Wallace Stevens: “Un orden violento es el desorden. Un gran desorden es orden. Ambas cosas son una”.

El orden hace posible distinguir lo que es igual y lo que es diferente, lo que va junto y lo que está segregado. El orden externo representa el orden interno, una falta de correspondencia entre estos produce un conflicto de órdenes, es decir, introduce un elemento de desorden.

El orden y el caos están interrelacionados. Las teorías que describen la rotación de los planetas, la elevación del agua en un tubo, la trayectoria de una pelota, contienen una regularidad y un orden, concepto que se asocia con las leyes de la naturaleza.

Se pensaba que el caos era resultado de una complejidad que se podía desnudar hasta sus ordenados orígenes. Sin embargo, se ha descubierto que el caos y la irregularidad son elementos que tienen leyes propias. Así pues el orden se desintegra en caos y el caos constituye el orden, pues el caos surge de los sistemas ordenados. Se creía que las fuerzas del caos y el orden formaban parte de una tensión inestable, que era algo inmenso y creativo.

Los procesos de la entropía son concebidos como la destrucción gradual o repentina de objetos inviolados, es decir, una degradación que implica la destrucción de la forma. *“La entropía define el orden sencillamente como un ordenamiento improbable de elementos, independientemente de que la macroforma de este ordenamiento se halle bellamente estructurada o esté arbitrariamente deformada; y llama desorden a la disolución de tal ordenamiento improbable”*. (Cesarman: 1982)

Cuando nos enfrentamos con el caos, nunca podemos predecir qué ocurrirá después. El desorden total proporciona el máximo de información y puesto que la información se mide con el orden, el máximo desorden transmite el máximo orden. El término orden puede usarse para describir una sucesión o un ordenamiento de elementos que es improbable que surja por mero azar. James K. Feibleman dice que: *“el desorden depende de la dispersión al azar de órdenes limitados”*. Por ejemplo: Observemos crecer una línea recta, el trazo de un artista, es un mundo de puro azar pues la probabilidad de que la línea continúe en la misma dirección es mínima. Mientras que en un mundo estructurado, hay cierta probabilidad de que la línea continúe siendo recta. Pocas cosas en el mundo pueden predecirse con seguridad a partir solamente de la frecuencia de su presencia anterior.

La teoría de la entropía no se ocupa de la probabilidad de sucesión en una serie de elementos, sino de la distribución global de “tipos” elementos en un ordenamiento dado. Cuanto más alejado está el ordenamiento de una distribución al azar, tanto menor

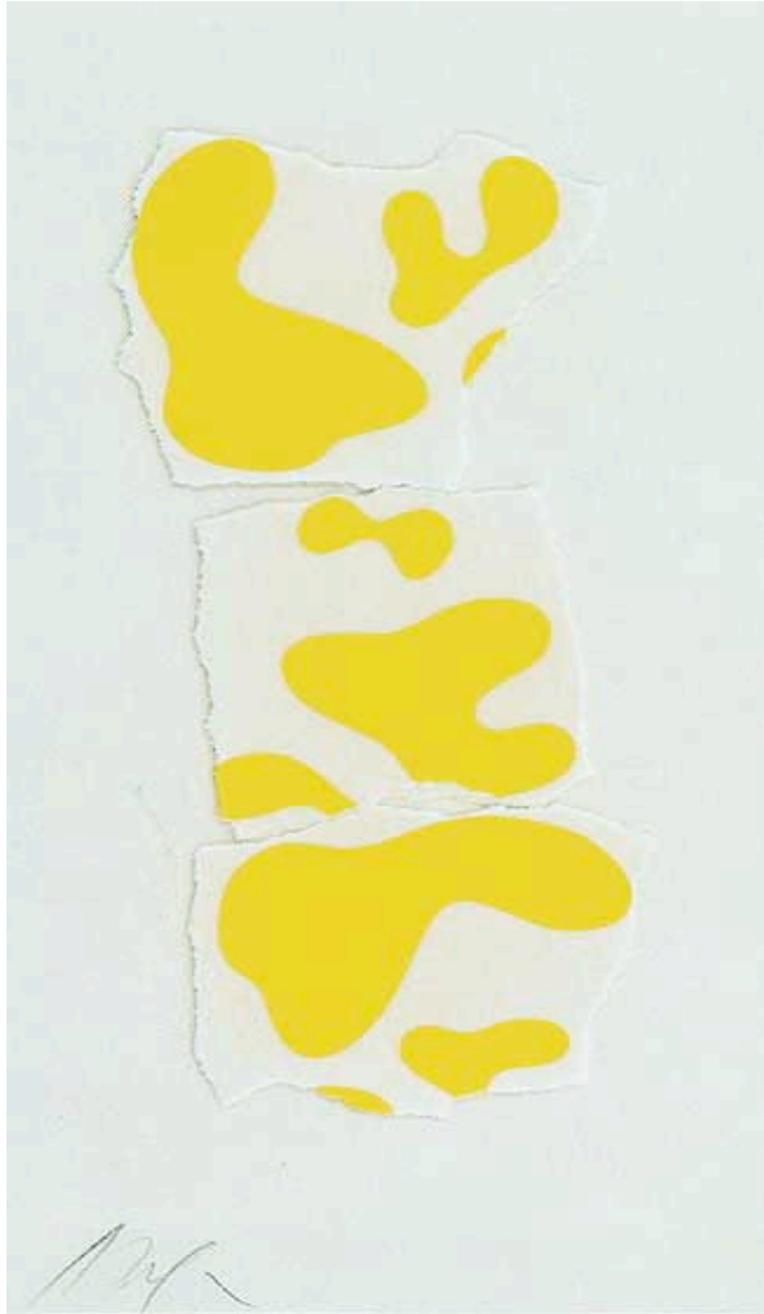
será su entropía y mayor su nivel de orden. La entropía da origen a la noción de desorden.

Algunas pinturas de Jackson Pollock muestran una distribución al **azar** de pigmentos salpicados y rociados, regidos por el sentido del orden visual del artista, habiendo un orden y caos. Este vigila para que la textura global sea pareja y equilibrada, y para que los elementos de forma y color se dejen mutuamente suficiente libertad. Un ejemplo sería:



Jackson Pollock  
*Estrella Fugaz*, 1947  
óleo sobre barniz industrial sobre tela, 99 x 61

Jean Arp experimentó con leyes del azar, lo que a veces significaba dejar caer formas sobre una superficie y así estudiar los resultados. Empezó con esto gracias a que después de haber estado un día completo dibujando sin obtener los resultados deseados rompió en varios trozos su dibujo y lo dejó caer al suelo, al ver cómo iban cayendo y cómo había obtenido la forma que estuvo esperado por puro azar, decidió dedicarse a esto. Presentó una interpretación visual del efecto del azar colocando una serie de formas autónomas sobre un fondo vacío, de tal manera que no se adecuaba a ningún esquema de composición general, sino que se mantenían en equilibrio solamente por su peso mutuo y sus relaciones de distancia. De igual modo, al mostrar que los mismos elementos podían ser unidos de tres maneras distintas, pero igualmente válidas, hizo destacar la naturaleza fortuita de su combinación, todo ello con el delicado control del orden que él había llegado a reconocer como indispensable. Un ejemplo sería:



Jean Arp  
*Um*, 1960  
Collage, 20 x 10 cm

El aumento de entropía resulta de dos distintos procesos:

1. Principio de reducción de la tensión o disminución de la energía potencial, a menudo provocada espontáneamente por fuerzas interactuantes en condiciones de campo (la tendencia a la simplicidad, la simetría, la regularidad).
2. Principio de la dirección dinámica, es un principio cósmico, dirigido al máximo de ordenación alcanzable en las condiciones de un sistema. Esta tendencia al aumento de la entropía por el aumento de la ordenación depende de la interacción de las fuerzas. Es más bien una categoría que abarca agentes y sucesos que actúan de una manera imprescindible y desordenada y tienen en común el hecho de que todos ellos desmenuzan las cosas. Vivimos en un mundo desordenado, en el cual innumerables fuerzas interfieren mutuamente de modo constante.

Estas complejas fuerzas son comprensibles en virtud del equilibrio visual de tamaños, distancias, direcciones, curvaturas y volúmenes. Cada elemento tiene su forma apropiada en relación con todos los demás, estableciéndose así un orden definitivo en el que todas las fuerzas se sostienen unas a otras. El juego de fuerzas está en un punto muerto: se ha alcanzado el máximo de entropía, hablando de entropía como una tendencia al desorden pensando en la destrucción de la forma.

El funcionamiento real de una pintura es totalmente mental, y el impulso del artista hacia la regularidad es guiado por atracciones y rechazos preceptuales que observa en la obra mientras que la modela.

Ningún estímulo del arte, en ninguna cultura, ha sido jamás simple. Se describe a las artes como dedicadas al establecimiento del orden, la armonía, la proporción, etc. En realidad el desprecio de muchos artistas modernos por la noción de la belleza se deriva de la perfección vacía que la belleza ha llegado a representar en algunas obras de arte.

El retorno a un orden esencial, a una armonía, es necesario para salvar al mundo de la confusión. El orden por sí solo no es suficiente para explicar la naturaleza de los sistemas organizados en general, ni de los creados por el hombre. Sin duda lo que hoy parece desorden puede resultar ser el orden del mañana. Una obra de arte no busca significado, lo contiene.

La exigencia de la estructura no es solamente una cuestión de forma. La variedad es más que un medio de evitar el aburrimiento, puesto que el arte es más que un entretenimiento de los sentidos. El orden perceptual raramente, o nunca, existe por sí mismo, sino que es la manifestación externa de un orden interno, o aspira a representar un tipo de orden que existe en otra parte.

El arte, en sus diversas manifestaciones, constituye la actividad con que el ser humano se opone más “energéticamente” a la entropía. A pesar que se desintegra en el

proceso, en su obra detiene e incluso negativiza la entropía a la que tiende la naturaleza. A través del arte se logra una heterogeneidad de la homogeneidad del caos. Es por eso que nos preguntamos: “¿De dónde saca el artista este mundo “ficticio”, que va a contracorriente de lo físico y de lo biológico, de la muerte y de la vida que parecen repetirse toda realidad, ese mundo ficticio compuesto, sin embargo, de sus mismos elementos? (S. Lupasco: 1968).

Entre las ideas del orden y del caos se balanceará entonces la estética moderna del siglo XX. Desde las artes plásticas, junto a la literatura, la música, el teatro y desembocando en la fotografía, el cine y la microelectrónica, se han ido manifestando conceptos que surgen de las nociones de lo informe, de lo inestable, del azar, la fragmentación, etc. Son modelos insinuados y desarrollados desde hace algunos años, pero trabajados en el mundo cultural de la actualidad. Las múltiples formas de manifestarse van desde el arte llamado de elite o culto, pasando por el popular y llegando al gusto kitsch de la masificada cultura *light*. Ya en las vanguardias se gestaban artes con sistemas de referencia que experimentaban con estas figuras y estructuras ya mencionadas: el Cubismo, el Dadaísmo, el Surrealismo, por ejemplo, creaban, desde la concepción del caos y lo monstruoso, un arte multimediático, es decir, como totalidad y multiplicidad de visiones. Para estas estéticas, lo no racional y lo ilógico, lo surreal, el sueño, el inconsciente, la imaginación, la intuición, la consagración del instante, lo inefable, la locura, el misterio, el vitalismo, se oponen a ese sistema normativo de

uniformidad y homogeneidad que engrana a los individuos en una escala de valoración social, donde todo lo que no encuadre con el orden es denominado caótico, deforme, anormal, malvado. De allí que en el arte de las vanguardias existan los conceptos de orden y caos, subversión y transgresión, la potencia utópica del desadaptado, la mitificación del vagabundeo romántico, estos infringen las leyes sociales, políticas, estéticas, religiosas, morales, proponiendo nuevas tablas de valores y nuevos conceptos.

Sobre el orden y el caos se afirma que en la sociedad total, el arte tiene que llevar caos al orden, más que el contrario, pues el orden ha llegado a ser caótico. Esta tensión entre orden y caos podría ser igualmente entendida como una tensión entre expresividad e inexpressividad, ser o no ser, pintar o no pintar.

Ahora pues, para seguir entendiendo ese orden y caos, pasemos al siguiente capítulo, los fractales.