

### 1.-Consideración ontológica del azar.

En la consideración ontológica del azar podemos distinguir cuatro niveles: a) la suerte, *tiké*, *fors*, es decir, aquello gracias a lo cual podemos obtener un resultado favorable o desfavorable; b) el encuentro, *casus*, el ocurrir juntos, es decir, la confluencia o intersección de varias serie de acontecimientos independientes entre sí; c) lo contingente, es decir, la no necesidad de lo que sucede; d) el azar propiamente dicho que supone un peligro, un riesgo, la pérdida de todo control, el único que se refiere así mismo sin acudir a ningún otro principio y que toma su nombre de un castillo sirio de la época de las Cruzadas en el que se jugaba a un juego totalmente aleatorio. El azar en sentido estricto no se opone al orden sino que es "una x anterior a toda idea de orden y desorden", de manera que podemos distinguir tres niveles ontológicos: un azar original, originario y originante; una serie de órdenes constituidos; una serie de alteraciones de dichos órdenes que serán denominados fortuitas o azarasas. Los fenómenos correspondientes a los tres primeros niveles de los cuatro antes considerados se refieren a estos azares que surgen como interrupciones en un mundo entendido como cosmos, es decir como una totalidad ordenada, mientras que el azar originario y primigenio corresponde al cuarto nivel aludido anteriormente.

El azar propiamente dicho es 'silencioso' y no puede referirse a nada previo a sí mismo, como podrían ser las series de acontecimientos o la idea misma de la necesidad y el orden. Los tres primeros tipos de azar son ejemplos de un azar constituido o azar ligado a los acontecimientos, que supone como el telón de fondo sobre el que destaca una naturaleza ordenada y regular de la que constituye las excepciones. El azar propiamente dicho, azar original o azar constituyente, no necesita sino que más bien recusa la idea misma de naturaleza, respecto a la cual es primero y sobre cuyas regiones extiende un imperialismo sin fisuras. Este azar es inmanente y espontáneo: no se refiere a ningún principio exterior a sí mismo, ni para su existencia ni para su peculiar dinamismo. Como nos recuerda C. Rosset, al que hemos seguido hasta aquí: "Azar es, precisamente, el nombre que designa la aptitud de la materia para organizarse espontáneamente: la materia inerte recibe del azar lo que llamamos vida, el movimiento y las diferentes formas de orden".

Que el azar sea el último 'fundamento' de lo que hay supone, a nivel óntico, que los acontecimientos son simples 'sedimentaciones de circunstancias', consecuencias de generalidades azarasas e inestables, que la ocasión es la tesitura de lo que existe, y, a nivel ontológico, que no hay ser, que lo que existe es nada. El azar rechaza de igual manera la idea de lo extraordinario y de lo ordinario en lo que hay: toda existencia es excepcional, ya que no hay ninguna 'normalidad' en la naturaleza entendida como el conjunto de lo que hay y no como el principio que hace que lo que hay sea y además sea de una manera determinada y no de otra. La filosofía del azar es una filosofía de la excepción, de la fiesta y de la maravilla, pero también del terror al descubrir tras las apariencias familiares y naturales, lo siniestro, lo desacostumbrado, el monstruo no ya como excepción sino como lo natural (después veremos una geometría de lo monstruoso en los fractales y una dinámica de lo monstruoso en el estudio de las inestabilidades de sistemas tan familiares como los péndulos).

A un nivel epistemológico la noción, que no concepto, de azar se sitúa en la frontera entre la filosofía y la no filosofía; es un anticoncepto que designa la imposibilidad del pensar, en el sentido platónico y racionalista de nombrar y definir, de asignar una naturaleza a las cosas. El azar designa una laguna, un vacío, un no-ser como único fundamento-abismo (Urgrund-Abgrund) de lo que hay. El pensamiento del azar es un pensamiento materialista no determinista, en el sentido que rechaza que además del azar haya una estructuración última de la realidad que establezca una concatenación necesaria entre todos los acontecimientos. En este sentido dicho pensamiento es un 'materialismo del encuentro' (materialisme de la rencontre) en el sentido en que Althusser emplea este término en sus inéditos recientemente publicados, un materialismo abierto a la novedad y a la contingencia que rechaza todo determinismo rígido así como todo finalismo teleológico.

El pensamiento del azar, sin embargo, tampoco es indeterminista ya que distingue entre lo fortuito y lo arbitrario. Que lo que existe sea fortuito al estar constituido por el azar no significa que sea arbitrario, es decir, caprichoso y sin motivo. Las leyes naturales son azarosas, en el sentido en que podían haber sido de otra manera, pero una vez establecidas permiten producir resultados ciertos dentro de sus ámbitos de validez. No cualquier combinación es posible y las leyes descubiertas por las ciencias van restringiendo el campo de la posibilidad. Las leyes naturales, foedera naturai según Lucrecio y 'leyes provinciales' según Montaigne, son generalidades que recortan en el continuo de lo real regiones de relativa estabilidad en la que se pueden esperar resultados ciertos.

## **2.- El mito y el rito como instauradores de orden en el caos.**

El cosmos, y dentro de él de manera especial el mundo humano, nos presenta una estructura dramática en la que el orden aparece como esencialmente inestable, siempre amenazado por las fuerzas disolventes del caos. Los mitos y los ritos tienden a conjurar esta radical ambigüedad estabilizando unas estructuras cósmicas y sociales sometidas al asalto continuo de lo aleatorio e imprevisible. Los símbolos míticos y los sacrificios rituales son medios para mantener el orden siempre amenazado del cosmos conectando la realidad actual, caduca y efímera, con el tiempo esencial y primigenio de los orígenes. La estabilidad de lo perfecto original se transmite a la existencia cotidiana a través de los relatos míticos y las representaciones rituales, bien haciendo aparecer en dicha realidad cotidiana la estabilidad y la perfección de los tiempos primordiales o bien poniendo en escena un desorden ficticio, domesticado, que mediante una transgresión controlada permita alejar la transgresión real e incontrolable. Este es el significado de la fiesta en todas sus modalidades: permitir la inversión de los papeles y la subversión de las estructuras en unas condiciones espaciales y temporales precisas para proteger el resto del tiempo y del espacio de una transgresión imprevista e incontrolable. El desorden festivo refuerza el orden cotidiano aliviando sus exigencias por una parte, y haciendo ostensible, por otra, su vigencia. De igual modo la brujería al servir de explicación del desorden - enfermedad, catástrofes naturales, muertes extrañas, etc. - permite concentrar la culpabilidad social en ciertos personajes marginales, los brujos, y asegurar de este modo la inocencia general imputando la propia responsabilidad a un agente extraño y exterior. La eliminación o neutralización del desorden que supone la brujería refuerza el orden transgredido y restablece el equilibrio inicial momentáneamente roto. De la misma manera, los ritos de iniciación o de modo más general los ritos de paso muestran que la inserción en el orden o el paso de un orden a otro exige el paso por el desorden. Dichos ritos suponen una separación inicial de la situación social en la

que se está, la colocación al margen de toda situación social codificada y estable y la agregación final a una nueva situación social. El nacimiento en un orden determinado - la mayoría de edad, la pertenencia a una cofradía u oficio, el matrimonio, etc. - exige el paso previo por una especie de muerte simbólica y ritual. El ingreso en la sociedad humana exige el paso por la naturaleza no humana; y así muchos ritos iniciáticos exigen el abandono de la aldea y la vida en el bosque, el cambio de hábitos alimenticios, disfraces animales, muertes y enterramientos simbólicas, etc. La inserción en el orden exige traspasar un umbral, un límite, en el que las convenciones quedan suspendidas, las jerarquías negadas y las diferencias suprimidas, de manera que el surgimiento de la diferencia exige el paso por lo indiferenciado, el nacimiento del orden supone un paso por el desorden. Por su parte, los mitos en tanto que conjunto de símbolos permiten conectar lo conocido y cotidiano con lo desconocido esencial y mediante sus relatos describen cómo el orden sale del caos a través de una lucha que enfrenta a los héroes culturales, salvadores, con las fuerzas del desorden salvaje, personificadas por los rebeldes, engañadores.

### **3.- Azar y caos en las ciencias naturales.**

El modelo dominante y casi exclusivo en las ciencias desde su surgimiento en el siglo XVII ha sido el modelo mecanicista y determinista según el cual: "Un proceso se dice determinista si todo su futuro y pasado están unívocamente determinados por su estado en el momento presente", en palabras del matemático ruso, pionero de las ciencias del caos, V. Arnold. El determinismo puede ser subvertido de dos maneras: una, por el azar, es decir, la indeterminación de un estado en relación con los que le han precedido y los que le sucederán; y otra por el caos, es decir el hecho de que a pesar de que un estado esté determinado no pueda ser objeto de predicción por lo que se podría denominar 'la sensibilidad a las condiciones iniciales'. El azar se opone al determinismo por el hecho de que mientras que la información completa acerca de un sistema determinista se reduce a la serie de ecuaciones que definen su evolución y una serie de condiciones iniciales (valores de sus variables de estado en un momento temporal determinado), un proceso aleatorio no admite tal compresión de la información en una ley general, y la única posibilidad de describirlo es describir todos sus estados o, como mucho, intentar ajustar dichos estados mediante una ley estadística. Por su parte los sistemas caóticos aunque sean deterministas no permiten la predicción porque trayectorias que surgen juntas divergen rápidamente borrando el recuerdo de dicho inicio común. En estos casos se separa el determinismo de las ecuaciones que expresa la necesidad de las matemáticas y la predictibilidad que es algo físico dependiente de las limitaciones asociadas con nuestra finitud humana. En los sistemas caóticos pequeñas diferencias iniciales se amplifican con el tiempo y dan lugar a diferencias macroscópicas.

En la naturaleza ciertos fenómenos pueden ser modelados por unas estructuras matemáticas que se denominan sistemas dinámicos y cuyo estado viene definido por una serie de variables que dependen del tiempo (variables de estado) y por una serie de leyes, una dinámica, que expresan las variaciones de las variables de estado a lo largo del tiempo, y que en los casos más sencillos suelen ser un sistema de ecuaciones diferenciales. La representación de los sistemas dinámicos se lleva a cabo en un espacio denominado espacio de fases en el que cada punto define un estado y cada trayectoria una evolución del sistema. Los sistemas dinámicos son conservativos o disipativos según se conserve o no el volumen en el espacio de fases formado por una serie de puntos que evolucionan al mismo

tiempo. Los sistemas disipativos suelen contar con atractores que son zonas del espacio de fases que 'atraen' las trayectorias que pasan por sus proximidades, contrayendo las áreas en el espacio de fases y haciendo converger las trayectorias, de forma que dichos atractores representan el comportamiento asintótico del sistema, es decir, cómo se comporta éste a largo plazo. Los atractores clásicos son: a) un punto fijo, que señala un estado de equilibrio final del sistema; b) una órbita periódica que señala que la configuración del sistema evoluciona de forma periódica repitiendo sus estados; c) una órbita cuasi-periódica, que da lugar a un toro en el espacio de fases; d) un atractor extraño, atractores muy complejos cuya sensibilidad a las condiciones iniciales impide la predictibilidad a pesar del determinismo riguroso debido a que las trayectorias próximas divergen rápidamente, cuya no periodicidad impide que las curvas se cierren sobre sí mismas y por tanto hace que no se pueda predecir pero sí da información sobre el estado inicial, lo que hace que se puedan distinguir situaciones que en el origen casi se confundían, y cuya fractalidad exhibe una invariancia a través de distintas escalas. Los atractores extraños son el producto de auto-oscilaciones (perturbaciones que no desaparecen sino que se mantienen una vez aparecidas en sistemas no lineales mediante un mecanismo de retroalimentación) que dan lugar a inestabilidades locales producto de las condiciones de mezcla en que se encuentran los sistemas que presentan dichos atractores.

Un conjunto fractal es un conjunto 'monstruoso' cuya dimensión es intermedia entre una línea y una superficie o entre una superficie y un volumen. Son volúmenes casi huecos, líneas enmarañadas que casi cubren el conjunto del plano pero sin hacerlo del todo o conjunto de puntos, 'polvos', productos de la explosión de la recta. Fractales son las curvas que representan una costa en un plano o la representación geométrica tridimensional de un copo de nieve. Estas extrañas figuras geométricas gozan de una peculiar invariancia a través de las escalas que hace que cada fragmento del fractal sea semejante (autosemejante) a cualquier fragmento más grande e incluso al fractal en su conjunto. La citada autosemejanza es una consecuencia de que el fractal es el resultado de una aplicación continua que pliega una y otra vez sobre sí mismo el espacio de fases, dando lugar a veces a una estructura hojaldrada, en capas, y expresa la continuidad de las fuerzas que producen la dinámica.

Los atractores extraños con estructura de fractal que son ejemplos de caos determinista obedecen a dos constricciones: la divergencia de las trayectorias y su confinamiento en un espacio determinado donde dichas trayectorias se reagrupan constantemente sin cortarse; la sensibilidad a las condiciones iniciales son las responsables del estiramiento del fractal y al confinamiento espacial responde el plegado del mismo. Estas dos condiciones sólo se pueden cumplir en espacios de al menos tres dimensiones.

Orden y caos establecen entre sí un juego complejo más que una simple oposición. El caos surge del orden y un cierto orden puede surgir del caos cuando se dan una serie de circunstancias que analizaremos a continuación. Se puede hablar, por tanto, de un borde del caos ya que el mismo surge cuando la complejidad de un sistema (medida por su capacidad computacional, es decir, su capacidad para almacenar y procesar información) alcanza un máximo, cosa que sucede en una estrecha zona que separa estados altamente ordenados de estados completamente caóticos. Del orden se puede pasar al caos (en sistemas no lineales de al menos tres variables) a través de tres caminos principales que suponen los tres la desestabilización de regímenes periódicos por perturbaciones que en lugar de amortiguarse y desaparecer se amplifican: por duplicación de período, por intermitencias, o por la cuasi-periodicidad. La duplicación del período se presenta al variar cierto parámetro y supone que se obtienen en la primera bifurcación dos soluciones estables que alternan entre sí a lo largo

del tiempo, luego cuatro, luego ocho y así sucesivamente hasta el caos. Este proceso se ha observado en la evolución de poblaciones en biología. La transición mediante intermitencias hacia el caos se produce cuando períodos de comportamiento regular del sistema se ven interrumpidos por explosiones caóticas que aparecen a intervalos de tiempo de duración aleatoria. El caos debido a la cuasi-periodicidad se produce por la interacción y el acoplamiento no lineal de dos o más osciladores periódicos.

Por su parte el caos también puede producir fenómenos de orden, 'orden mediante fluctuaciones', cómo los que han estudiado Prigogin y sus colaboradores de la Escuela de Bruselas, quienes han analizado la forma en la que la materia se comporta lejos del equilibrio y sometida a una dinámica no lineal, dando lugar a estructuras disipativas; en estas estructuras, gracias al aporte de energía exterior, las fluctuaciones aleatorias no se amortiguan y desaparecen sino que, en algunos casos lejos del equilibrio, se amplifican y estabilizan alcanzando escala macroscópica y dando lugar a fenómenos ordenados, auto-organizados, a partir del caos aleatorio. En un sistema en equilibrio las fluctuaciones que sufren las variables del sistema son absorbidas ya que el sistema es estable y no se modifica por pequeñas perturbaciones; pero lejos del equilibrio el sistema se inestabiliza y puede llegar a un punto en que se produce una bifurcación en la que el sistema cambia de estructura, generalmente pasa a otro estado de equilibrio tras la absorción de las perturbaciones, pero a veces el sistema salta a una posición inestable, la cual a su vez puede estabilizarse de nuevo amplificando y sosteniendo las fluctuaciones que la han producido. En estos casos el orden es el producto de dos procesos antagónicos: un proceso aleatorio, continuo pero incoherente, de generación de novedad en forma de pequeñas fluctuaciones - desviaciones de los valores medios de las variables del sistema - , explorador de posibilidades inéditas, y un proceso de transporte que permite capturar, amplificar y estabilizar a escala macroscópica estas señales microscópicas.

Para concluir y como muestra del potencial heurístico de esta disciplina en auge, la 'caología', vamos a presentar una serie de fenómenos variados en los que se producen estructuras caóticas. Uno de los primeros enfrentamientos con el caos que se saldó con el descubrimiento del primer atractor extraño estudiado, el atractor de Lorenz, encontrado por éste al repetir un cálculo de las ecuaciones que rigen el movimiento del aire modificando ligeramente las condiciones iniciales. La pequeña modificación dio lugar a un resultado completamente distinto. Esta sensibilidad a las condiciones iniciales es lo que hace tan difícil la predicción meteorológica ya que una pequeña variación de dichas condiciones, un batir de alas de una mariposa, por ejemplo, modifica completamente el resultado del cálculo ('efecto mariposa'). Otro campo en el que se pueden obtener resultados caóticos y que fue ya estudiado por Poincaré es el análisis de la estabilidad del sistema solar. Dada la disparidad de masas entre el Sol y el conjunto de planetas, en una primera aproximación (llevada a cabo por Kepler) se puede desprestigiar la influencia de los demás planetas y considerar cada planeta y el sol como dos cuerpos aislados. En este caso el sistema tiene solución y es estable: la órbita elíptica clásica. Pero si se tienen en cuenta los efectos de los demás planetas el sistema adopta la forma del problema de los tres cuerpos, deja de ser integrable y pueden producirse soluciones inestables que suponen el alejamiento indefinido del planeta considerado del resto del sistema. Gracias al teorema KAM podemos confiar en que la mayoría de las soluciones del sistema son regulares pero no todas, con lo que la posibilidad de inestabilidad persiste aunque atenuada.

Un ejemplo curioso de la posibilidad de surgimiento de comportamientos caóticos en sistemas tan corrientes como un péndulo sometido a una fuerza exterior, un columpio, por

---

ejemplo, lo tenemos en el análisis que J. R. Sanmartín y sus colaboradores han hecho de la física del botafumeiro de la catedral de Santiago, el movimiento del cual puede presentar en ciertas condiciones comportamientos caóticos cuya existencia histórica se ha documentado, por ejemplo, la caída que tuvo lugar el 23 de mayo de 1622 o la del 25 de julio de 1499 debidas a dos soluciones inestables distintas. Las ciencias de la vida también tienen ejemplos de caos determinista, unos favorables y otros desfavorables para la salud. Por ejemplo, un ritmo cardíaco sano implica un cierto carácter errático, signo quizás de la existencia de un atractor extraño, mientras que una periodicidad regular suele preceder a un paro del músculo cardíaco. Pero también hay regímenes caóticos de dicho ritmo que son fatales, como lo que acontecen en el fenómeno de la fibrilación ventricular en el que aunque las partes del corazón funcionan correctamente el músculo se retuerce descoordinado e incapaz de bombear la sangre.

Todos estos ejemplos nos muestran que el orden y el desorden se entremezclan dando lugar a la maravilla que constituye nuestro mundo, el cual no se agota en ser un simple cosmos sin mezcla alguna de caos.

---

#### REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

G. Balandier, *El desorden. La teoría del caos y las ciencias sociales. Elogio de la fecundidad del movimiento*, Gedisa, Barcelona, 1989.

A. Boutot, "La philosophie du chaos" , *Revue Philosophique de la France et de l'étranger*, nº2, 1991.

A. Carreras, J.L. Escorihuela, A. Requejo (ed.), *Azar, Caos e Indeterminismo*, Prensas Universitarias de Zaragoza, Zaragoza, 1990.

A. Daham, J.L. Chabert, K. Chemia, (ed.), *Chaos et déterminisme*, Seuil, Paris, 1992.

A. Fernández-Rañada (ed.), "Orden y Caos", *Libros de Investigación y Ciencia*, Madrid, 1990.

I. Hacking, *La domesticación del azar. la erosión del determinismo y el nacimiento de las ciencias del caos*, Gedisa, Barcelona, 1991.

J. Gleick, *Caos. la creación de una ciencia*, Seix-Barral, Barcelona, 1988.

G. Nicolis, I. Prigogine, *A la rencontre du complexe*, PUF, Paris, 1989.

C. Rosset, *Lógica de lo peor*, Barral, Barcelona, 1976.

I. Stewart, *¿Juega Dios a los dados? La nueva matemática del caos*, Crítica, Barcelona, 1991.

---