

MICROSISTEMAS, MACROSISTEMAS Y DETERMINISMO. GÜNTER LUDWIG.

Galileo estableció el método de la física, rechazando la filosofía como base y adoptando las matemáticas como nueva forma de describir la naturaleza. Lo que hizo fue, según Ludwig, desarrollar la física como una prolongación del arte. Y este arte que es la física se ha internado a veces por caminos equivocados, como es el determinismo.

Galileo tomó las matemáticas del ámbito de las artes manuales, de los artesanos, que comenzaban a usar la geometría para medir con precisión. Ese uso fue censurado por la filosofía por contaminar la mente pura por la materia, y aún hoy perviven ciertas críticas de este tipo.

Esta formalización matemática afectó primero al espacio y después al tiempo, que paso de ser tiempo de la conciencia a ser tiempo cronológico, medible, objetivo.

Pero la única manera de medir el tiempo es usando procesos reproducibles. En un primer momento se encontró uno: la rotación de la Tierra. Pero este proceso no resultaba apropiado para la medición de espacios de tiempo cortos, por lo que, ante la imposibilidad de encontrar procesos reproducibles de más frecuencia en la naturaleza, los físicos se vieron obligados a construirlos. El resultado fueron los relojes.

Pero el interés por los procesos reproducibles estaba motivado por la posibilidad de construir otros ingenios de interés práctico. Así surgió la mecánica de Newton, Laplace, Hamilton... que servía para describir los procesos reproducibles artificiales también algunos naturales, como el sistema planetario.

Fue precisamente este tremendo éxito de la teoría newtoniana el que inclinó a los físicos y a los filósofos a considerar que todos los procesos de la naturaleza eran deterministas, en virtud de la ley de causalidad.

Lo que Ludwig sostiene es que los físicos comprendieron la naturaleza mediante experimentos, que son creaciones humanas, mediante los que se buscaba ex profeso fenómenos reproducibles. Una vez hallados, se afirmaba que aquella reproducibilidad había sido detectada por la teoría.

En este mismo sentido, son falsas las afirmaciones de que la física ha descubierto el carácter infinito de determinada realidad: la física se basa en un número finito de experimentos, por lo que nunca puede probar tal cosa. En todo caso, cuando hablamos de infinito, lo que empleamos son ingeniosas extrapolaciones que nos permiten tapar un hueco generado por nuestra ignorancia.

La mecánica cuántica supuso un duro golpe para las teorías deterministas y para las filosofías que las sustentaban, pero no produjo realmente una revolución: la mecánica y la electrodinámica clásicas se siguen usando con la misma efectividad y frecuencia que antes, incluso más. Lo único que ocurrió fue que quedó cortado un camino equivocado para el desarrollo de la física, que partía de la filosofía y no del arte, como pretendió Galileo.

No obstante, en la física actual aún quedan residuos de un determinismo sobre el que los físicos no han reflexionado lo suficiente. Así pues, ante el golpe que supuso la mecánica cuántica, los físicos inventaron lo que Ludwig considera un cuento de hadas: un electrón como microsistema puede decidir libremente lo que hará, pero cuando muchos electrones se unen formando un macrosistema, éste se comporta de manera determinista. Pero la experiencia nos muestra que, por ejemplo, la interacción de macrosistemas no es reproducible, determinista. Ante esto se utiliza la estrategia del juego de dados: se prolongan los experimentos hasta tal punto que podemos afirmar una cierta reproducibilidad de los fenómenos, basada en la probabilidad. De modo que la reproducibilidad no se da por sí misma, sino tras muchos esfuerzos técnicos por parte de los físicos.

Pero esta reproducibilidad sólo se ha conseguido para macrosistemas con microsistemas indeterministas en su interior, pero no para los propios microsistemas. La respuesta de los físicos ante esta dificultad ha consistido en decir que la diferencia la originan las posibilidades de medida: los aparatos de medición interfieren mucho más en la trayectoria de un electrón que en la de una bala. Ludwig considera esta respuesta como otro cuento de hadas. La diferencia está en que un electrón tiene un abanico de posibilidades de acción mucho más amplio que el de una bala (puede producir interferencias).

Una ecuación de movimiento determinista sólo puede ser una buena descripción de la realidad en caso de que las soluciones sean estables; si no lo son, ha de aplicarse una dinámica estadística. Pero la mayoría de los fenómenos que encontramos en la naturaleza no son estables, frente a los aparatos que construimos.

Considera que el término *azar* no es físico, sino filosófico, y que la demostración filosófica de su existencia no es más fiable que la descripción filosófica de los procesos mediante la ley de causalidad. Hay dos tendencias en filosofía a este respecto: una afirma que existe un indeterminismo ontológico, que la realidad puede decidir entre varias posibilidades y que existe una determinada propensión hacia unas u otras; la otra afirma que la probabilidad es subjetiva, que se debe a nuestra dificultad de predecir. La primera descripción, pese a no estar fundamentada, no entra en contradicción directa con la física. La segunda sí, ya que el concepto físico de probabilidad se aplica también a fenómenos ya ocurridos, no sólo a predicciones.

La conclusión es que el azar en física es sólo la realización de una posibilidad teórica, y no es preciso postular la existencia de una indeterminación ontológica, ya que la física no es omnicomprendensiva, no describe la realidad desde todas las perspectivas posibles. En este sentido, la voluntad libre del ser humano no es ningún reto para la ciencia, ya que se halla en un ámbito distinto: la física puede describir el funcionamiento de mi cerebro, pero no mi responsabilidad con respecto a tal o cual realidad.

PRIMER DEBATE GENERAL. DETERMINISMO E INDETERMINISMO EN LA CIENCIA MODERNA.

Peter Landsberg dice que el libre albedrío y el determinismo no se oponen directamente, y que un conocimiento profundo de las condiciones iniciales nos permite conocer el resultado final: el indeterminismo no existe.

Ludwig responde que predecir las frecuencias de las trayectorias no es igual a predecir las trayectorias, que en este caso serían indeterministas.

René Thom pregunta a G. Ludwig si considera indeterminista una solución doble, a lo que éste contesta que sí, pero matizando que es una cuestión de explicación: en este caso, una teoría indeterminista explicaría mejor lo sucedido.

Ramón Margalef, biólogo, afirma que en su campo de estudio el indeterminismo no tarda en aparecer, sobre todo cuando se estudian fenómenos pequeños, pero que al ampliar el dominio de la observación, el fenómeno resulta explicable. Es decir, que el indeterminismo es debido a nuestra ignorancia. Por otro lado, también dice que el determinismo en ciencia es una actitud pragmática que no implica negar la existencia de un indeterminismo efectivo. La solución a la oposición entre determinismo e indeterminismo la halla en el concepto de devenir: sistemas deterministas en su origen pueden acabar siendo indeterministas.

Emilio Santos dice que el determinismo se debe a la intención de predecir inherente a la ciencia, por lo que el determinismo está en las descripciones, en las teorías, pero no en la realidad. Por eso, cuando se quiere que la descripción de un sistema sea completa, debe introducir elementos estocásticos. La mecánica cuántica, por ejemplo, no se puede entender desde la lógica clásica.

Manuel García Doncel quiere poner de relieve el origen histórico del indeterminismo en física.

Juan Manuel Sánchez Ron alude a que existe indeterminismo en la física desde que Planck descubre empíricamente la discontinuidad cuántica.

Josep Pla dice que se puede hablar de determinismo dentro de cada sistema formal, pero no en las matemáticas en general.

Jesús Mosterín considera que el problema del determinismo y el indeterminismo no afecta tanto a las matemáticas, en tanto que son conceptos relacionados con el tiempo, un concepto inexistente en matemáticas.

Luis Navarro dice que tenemos tendencia a suponer que la ciencia puede resolver cualquier problema relacionado con ella, pero esto no es necesariamente así.

Jorge Wagensberg admite que la ciencia, en general, es determinista y que también lo son la mayoría de los científicos. No obstante, dice también que ello puede cambiar y que no es justo que el peso de la demostración recaiga sobre los postulados indeterministas.

Josep María Pons intenta abordar la cuestión desde una perspectiva pragmática: la cuestión no es la refutabilidad de una u otra tendencia, sino su fecundidad. En este sentido, el indeterminismo podría ser la evolución del determinismo, si consigue dar una respuesta más efectiva a los problemas de la física.

ENFRENTÁNDOSE CON LO IRRACIONAL. ILYA PRIGOGINE.

Irracionalidad y predicibilidad

Va a tratar dos puntos que constituyen el núcleo de la creación daliniana: la relación entre el espacio y el tiempo y la cuestión del pluralismo en nuestra descripción del universo.

Considera que el tiempo podría ser una ilusión creada desde la racionalidad newtoniana de origen divino. Einstein tampoco pudo librarse del reino de la legalidad newtoniana al formular una física que no hace referencia a la irreversibilidad. ¿Cómo reconciliar el mundo de la ciencia con el del arte, que tiene un principio y una culminación? La ciencia propone un mundo transparente, mientras que el surrealismo abre un abanico de significados.

Recientes avances en física teórica y experimental respaldan la conclusión de que el tiempo como irreversibilidad es constituyente de la naturaleza. Esto tiene mucho que ver con el segundo principio de la termodinámica y con la entropía del universo, que introduce la idea de una historia del universo. Es decir, existen dos conceptos de tiempo en la física actual: el tiempo como repetición y el tiempo como degradación.

En un sistema aislado en equilibrio, por ejemplo, el tiempo no tiene dirección. Este tipo de sistemas son a los que tiende todo sistema desequilibrado: un estado estacionario con la mínima producción de entropía. Al alejarse del equilibrio, los sistemas producen variaciones no lineales.

Dinámica caótica y atractores fractales

Los sistemas dinámicos, frente los clásicos, no pueden olvidar las perturbaciones. Esto explica que, cuando llevamos a un sistema lejos del equilibrio, el atractor que dominaba su comportamiento se vuelva inestable. En los sistemas disipativos, por el contrario, las perturbaciones sí se olvidan y el sistema tiende siempre a un estado P.

El comportamiento de los sistemas en torno a un atractor de tipo fractal puede describirse mediante la dinámica cualitativa no-lineal.

Estos sistemas combinan fluctuaciones y estabilidad, debido a una gran sensibilidad con respecto a las condiciones iniciales.

Esta forma de funcionar caótica es producto de la evolución natural, como en el caso del cerebro o de ciertos sistemas químicos que contribuyeron a la aparición de la vida.

Irreversibilidad y cosmología

La moderna cosmología estándar dice que la temperatura del universo aumenta según nos acercamos al Big-Bang mientras que la entropía del universo es constante.. El universo, además está constituido por fotones y bariones; los segundos son partículas en no-equilibrio y las primeras son partículas de desecho que no pueden modificarse.

Inestabilidad e irreversibilidad

La ilusión de un conocimiento infinito proviene de que la ciencia clásica comenzó con el estudio de movimientos periódicos. Pero esta regularidad no es general. El nuevo mundo de la física es un mundo de procesos, en los que se destruye y se genera información.