

## RESEÑAS

BOHM DAVID.

Causalidad y azar en la física moderna. UNAM, México, 1969, 324 pp.

Los conocimientos sobre los fenómenos microfísicos han hecho que se adopte una posición totalmente diferente a la de la física clásica. La física moderna sólo permite fórmulas puramente abstractas, desvirtuando la idea de una evolución causal. Sólo suministra leyes de probabilidad, considerando que estas leyes de probabilidad son de carácter primario y constituyen la esencia de la realidad cognoscitiva.

Hay perturbaciones introducidas por la medición, imposibles de eliminar, que impiden predecir con exactitud el resultado que se producirá y sólo permiten hacer pronósticos estadísticos. Hay que interpretar las leyes de la probabilidad y de la física como resultados estadísticos del desarrollo de valores de variables completamente determinadas que al presente se desconocen.

La enseñanza que hemos aprendido, de la historia de la ciencia, consiste en que el estado actual de nuestro conocimiento es provisional. Bohm demuestra que la idea del azar aparece en cada etapa del progreso de los conocimientos, cuando nos percatamos de que estamos a punto de penetrar en un nivel más profundo de la realidad, al que todavía no tenemos acceso.

En la naturaleza nada permanece constante, todo se encuentra en un estado continuo de transformación, movimiento y cambio. Pero nada surge de la nada, todo tiene antecedentes. Y nada desaparece sin dejar huellas. De lo anterior se deriva el principio de que todo surge de otros casos y da origen a otras cosas (todavía no es la afirmación de la existencia de la causalidad en la naturaleza).

A medida que estudiarnos los procesos que se realizan conforme a una gran variedad de condiciones, descubrimos que dentro de la complejidad de los campos y transformaciones existen relaciones que permanecen efectivamente constantes.

Se considera entonces que en los procesos, por medio de los cuales una cosa surge de otras, no es una mera coincidencia la constancia de ciertas relaciones, dentro de una amplia variedad de transformaciones y cambios. Hacemos la interpretación de tal constancia como necesaria, en el sentido de que no podría ser de otro modo, porque representa aspectos esenciales e inherentes de la existencia de las cosas. Las relaciones necesarias entre objetos, sucesos, condiciones u otras cosas en un momento dado, y los subsecuentes reciben el nombre de leyes causales.

Pero la necesidad de una ley causal jamás es absoluta. Es decir, sólo se puede concebir como necesaria a la ley de la naturaleza si hacemos abstracción de las contingencias, esencialmente representativas de factores independientes, que pueden existir fuera del campo de las cosas al cual son aplicables las leyes a que nos referimos y que no se derivan necesariamente de nada que puede ser especificado en el contenido de estas leyes. Tales contingencias conducen al azar. De aquí que concebamos la necesidad de una ley de la naturaleza como condiciones, puesto que sólo es aplicable en el grado en que estas contingencias puedan ser despreciadas (en muchos casos son realmente despreciables, por ejemplo en la translación de los planetas). Pero en la mayoría de las aplicaciones tiene mucha mayor importancia.

Se ha encontrado que toda verdadera relación causal, que necesariamente se cumple en un contexto finito, está sujeta a contingencias que surgen fuera de éste. Para entender la relación entre causalidad y contingencias se pueden comparar las dos categorías con dos puntos de vista opuestos sobre el mismo objeto. Cada punto de vista es una abstracción que, por sí misma, da una idea apropiada sobre ciertos aspectos del objeto, pero que conducirá a resultados erróneos si olvidamos que, después de todo, es solamente un punto de vista parcial. Por lo tanto cada punto de vista limita al otro, lo corrige y mediante su relación con el otro, nos permite formarnos un mejor concepto de lo que es el objeto (contexto adecuado para la ley natural vs. contexto con contingencias). En resumen, podemos decir que se ha descubierto que los procesos que ocurren en la naturaleza satisfacen leyes más generales que las de la causalidad porque estos procesos también pueden satisfacer las leyes del azar y a la vez leyes que se refieran a las relaciones entre la causalidad y el azar. Las

leyes de la naturaleza son la categoría general de ley que incluye las leyes causales, las leyes del azar y las leyes que relacionan estas dos clases de leyes.

## LA CAUSALIDAD EN LOS PROCESOS NATURALES

En un problema específico, las leyes causales no pueden ser conocidas a priori, deben ser encontradas en la naturaleza. La experiencia científica y la base general de la experiencia humana común han desarrollado métodos bastante bien definidos para descubrir estas leyes causales.

Lo que sugiere que existen las leyes causales es la existencia de relaciones regulares que se cumplen dentro de una amplia variación de condiciones. Habiendo encontrado algunas regularidades que provisionalmente suponemos como resultados de las leyes causales, procedemos a establecer hipótesis sobre estas leyes, que explicarían dichas regularidades y nos permitirían comprender su origen en una forma racional. (La explicación es la demostración de que la cosa se deriva de otras. Por lo tanto la explicación reduce el número de elementos arbitrarios en un contexto dado.) En general las hipótesis conducirán a nuevas predicciones no contenidas en los datos empíricos que los originaron. Tales predicciones pueden ser comprobadas por 1. observación; 2. experimentación; 3. aplicación.

En los experimentos se hace un esfuerzo por elegir aquellas condiciones en que los procesos que interesan son aislados, sin tener interferencia de contingencias. Las hipótesis comprobadas conducen a nuevas observaciones y experimentos de los cuales puede surgir el descubrimiento de nuevas regularidades empíricas que a su vez requerirán nuevas explicaciones.

## CAUSAS SIGNIFICATIVAS EN UN CONTEXTO DADO

No se enferman todas las personas que han sido picadas por el mosquito infectado. El mosquito no es el único causante del paludismo. Sólo tiende a iniciar los procesos que causan la enfermedad. Es decir, contribuye a producir el paludismo. Aceptando que son muchas las causas que contribuyen para cada condición o proceso, primero observamos que todos los sucesos y objetos se muestran interrelacionados en alguna forma, aunque levemente (todos tienen un número infinito de causas pero casi todos tienen un efecto despreciable en el problema que interesa). Por lo tanto, podemos definir como causas significativas de un efecto dado, aquellas condiciones o sucesos que, en el contexto de interés, tienen un efecto apreciable sobre los efectos en cuestión.

El problema de cuáles son las causas significativas no se puede resolver a priori, luego de determinar los factores que se deben despreciar, queda por saber si se han incluido todas las causas significativas. La reproductividad del experimento es una prueba que permite indicar si se ha fracasado en descubrir todas las causas significativas. Se basa en que si reproducimos todas las causas significativas, entonces el efecto debe ser reproducido por lo menos en sus aspectos esenciales. Si los resultados de un experimento no son reproducibles, sugiere que una o más de las causas significativas varían de un experimento a otro, produciendo una variación en el efecto. Es decir, no se aceptan variaciones arbitrarias en el efecto que no tengan relación alguna con las variaciones en el estado de las cosas que originaron el efecto.

Aun cuando los experimentos reproducibles y controlados no sean posibles y a pesar de que las condiciones del problema no puedan ser definidas con precisión, sin embargo es posible descubrir por lo menos algunas de las causas significativas de un conjunto dado de fenómenos. Esto es posible si se trata de descubrir cuáles de los procesos pasados pueden haber dado origen a las relaciones observadas que ahora existen entre estos fenómenos.

Existen relaciones causales que permiten predecir las nuevas propiedades que surgen en los casos después de haber sido sometidos a ciertos procesos, tratamientos, reacciones, etc. Las nuevas propiedades son predecibles, si los cambios ocurridos en el pasado vuelven a ocurrir, si se producen condiciones similares.

La posibilidad de convertir el agua en vapor o en hielo es una relación causal cualitativa que depende de las propiedades esenciales del líquido sin la cual no podría ser agua. Igualmente las diversas leyes cuantitativas

también son una parte esencial de las cosas a que pertenecen.

Para comprender por qué las leyes causales están tan estrechamente ligadas con la definición de lo que son las cosas, se deben considerar los procesos en que las cosas se han transformado en lo que son, partiendo de lo que fueron antes y mediante las cuales continúan cambiando y nuevamente se transformarán en otra cosa en el futuro. Esto se analiza en etapas avanzadas del desarrollo de algunas ciencias. En las primeras etapas las cualidades y propiedades básicas que definen los modos de existencia de las cosas simplemente se suponen sin someterlas a mayor análisis.

Con el mayor desarrollo de las diversas ciencias estamos logrando progresivamente una mayor comprensión, sobre cómo las leyes causales que gobiernan los diversos procesos que se realizan en la naturaleza, están ligados inseparablemente con las propiedades características de las cosas, lo cual ayuda a definir sus modos de existencia.

Si los efectos no son completamente reproducibles, tampoco son completamente predecibles (razón de la necesidad de la probabilidad). Pero el hecho de no contar con todas las causas significativas no quiere decir que no podamos hacer ninguna predicción. Se puede predecir en forma aproximada, en el sentido de que los efectos se presentaran dentro de cierto margen posible. (Ej., disparo del cañón la bala no cae donde predican las leyes de Newton, pero muchos disparos sí caen en una región aproximada) modelo causal de comportamiento. Siempre hay un margen de error que puede variar en una forma que depende de las condiciones del problema, pero que nunca puede ser eliminado totalmente. En consecuencia, una característica general de las relaciones causales es la de que en realidad no determinan los efectos futuros unívocamente. Más bien sólo permiten una correspondencia multívoca de causa efecto, en el sentido de que la especificación de ciertas causas en general limitará el efecto hasta cierto margen de posibilidades. Esto no significa que la relación de causas deje de determinar los efectos.

Si se trata de obtener una precisión ilimitada en la predicción de la trayectoria del proyectil, se descubrirán cada vez más factores significativos de los cuales dependería tal proyectil.

Una ley multívoca representa una conexión causal objetivamente necesaria, pero en este caso lo necesario es que el efecto permanezca dentro de ciertos límites y no que, como en tipos más simples de leyes causales, el efecto esté determinado unívocamente. Otro tipo de relaciones causales son las multívocas inversas. Estas son en las que muchas clases diferentes de causas producen esencialmente el mismo efecto.

Las contingencias son posibilidades que existen fuera del contexto bajo consideración. La característica esencial de las contingencias es la de que no se puede definir o inferir su naturaleza, exclusivamente en función de las propiedades de las cosas dentro del contexto en cuestión. Es decir, tienen cierta independencia relativa respecto a lo que está dentro de este contexto. Las contingencias fortuitas se pueden abstraer según el grado despreciable de interconexión.

La tendencia de las contingencias (que están fuera de un contexto dado) es a variar aproximadamente, en forma independiente de lo que suele dentro de dicho contexto, y ha demostrado estar tan difundida que se puede enunciar como un principio: a saber, el principio de la casualidad. Por casualidad queremos decir que esta independencia conduce a la fluctuación de dichas contingencias en forma muy complicada y dentro de un amplio margen de posibilidades, pero de tal manera que los promedios estadísticos tienen un comportamiento regular y aproximadamente predecible. Es decir, la fluctuación de fenómenos presentará tendencias estadísticas regulares.

La teoría de las probabilidades fue desarrollada para expresar las leyes del azar. La teoría de la probabilidad ayuda a expresar la probabilidad de acontecimientos en función de las probabilidades de acontecimientos simples. Las leyes causales junto con las leyes del azar son las que producen el desarrollo real de las cosas. Cada una es sólo una representación parcial y aproximada de la realidad que debe ser corregida con la ayuda de la otra.

En la forma mecanicista del determinismo se limitó la causalidad. La suposición de que todo se ajusta a este sistema es una extrapolación ilimitada de esta ciencia a todos los posibles conjuntos de condiciones y dominios de fenómenos... Este no se basa en lo que se conoce científicamente. Es en gran medida, una

consecuencia de un punto de vista filosófico referente a la naturaleza del mundo, que desde entonces se conoce como mecanicismo.

Los aspectos más esenciales de esta filosofía están constituidos por su suposición de que la gran diversidad de casos que aparecen en nuestras experiencias, tanto cotidianas como científicas, pueden ser reducidas en forma completa, perfecta y exclusiva a las consecuencias de la operación de un conjunto absoluto y definitivo de leyes puramente cuantitativas, que determinan el comportamiento de unas cuantas clases de entidades o variables básicas.

La ciencia avanza a través de una serie de concepciones progresivamente más fundamentales, extensas y precisas de las leyes de la naturaleza, cada una de las cuales contribuye a definir las condiciones de validez de las concepciones anteriores. Como puede apreciarse, se trata de un texto fundamental en el que se analiza el giro que ha dado la ciencia en general desde una perspectiva determinista-mecanicista hasta la perspectiva contemporánea probabilista. Aunque Einstein se opuso a esta perspectiva (“Dios no juega a los dados”), las explicaciones que dan Bohr, Heisenberg y Bohm, en este texto, constituyen, hasta ahora, la más completa y clara exposición de los fundamentos metodológicos de ésta. Recomendable para alumnos y especialistas de cualquier ciencia, así como a filósofos de las ciencias.

JOSÉ HUERTA IBARRA.