

## FUNCIONALIDAD Y CAUSALIDAD

DESDE EL AÑO 1927, en que Heisenberg formuló su "relación de inseguridad" no ha cedido la discusión en torno a la causalidad. Existen excelentes trabajos que señalan el desarrollo de toda esta problemática y sus correlaciones con diversos campos, de modo que este artículo puede limitarse a un punto especial que sin embargo es decisivo: la problemática de la causalidad respecto a sistemas totalmente formalizados.

El análisis formal y la dilucidación consiguiente de los términos y problemas, no sólo de aquellos que pertenecen a la ciencia respectiva sino también de los de la metaciencia correspondiente, puede aplicarse asimismo a la problemática de la causalidad. Procedamos como si dispusiéramos de una ciencia empírica, la física, totalmente formalizada. En principio la trataremos independientemente de los trabajos de Heisenberg, sólo al final se incluye la inseguridad en las consideraciones. El presente artículo, aunque se ocupa de cuestiones de formalización, se desarrolla en un metalenguaje no formalizado que, sin embargo, deja ver claramente lo esencial de toda esta problemática.

El sistema *fi* (la física formalizada) es un conjunto de teoremas. Los teoremas, que son expresiones, corresponderían así a los "principios", "leyes", etc., y a lo que se "deduce" de ellos; están formulados en el lenguaje de la lógica simbólica (del sistema superior de funciones) \*. Según procedimientos corrientes de la lógica simbólica, todos los teoremas pueden reformularse de tal modo que tengan la forma " $F\alpha, \beta, \gamma, \dots$ ", donde la letra " $F$ " denota una función proposicional  $n$ -posicional de orden  $k$  y " $\alpha$ ", " $\beta$ ", " $\gamma$ ", etc., constantes o variables libres, sean individuales o de funciones proposicionales de orden menor que  $k$ . Esto puede hacerse cualquiera que sea el carácter que se atribuya a las "leyes" (causal, estadístico, etc.), de modo que en el fondo todas las leyes tienen trivialmente un carácter funcional. Si, en el ejemplo arriba mencionado,  $\beta, \gamma$ , etc., están en relación unívoca con  $\alpha$ , podemos escribir además " $f(\beta, \gamma, \dots) = \alpha$ ". Conviene mencionar que  $F$  y  $f$  no se consideran como entes lingüísticos, éstos serían sus símbolos " $F$ " y " $f$ ". Es indiferente para el tratamiento aquí señalado, si se consideran como entes de un mundo físico real o como creaciones (no lingüísticas) de la mente de los físicos. Vemos así los objetos de la física entretejidos en una red de dependencias funcionales.

\* Lo análogo vale si se recurre a un sistema básico de funciones ampliado

Al analizar ahora el término “causalidad” hay que señalar que este término no pertenece a las ciencias propiamente tales; ha sido usado en filosofía y metaciencia y no siempre en un sentido uniforme. Cualquier intento de precisarlo en un sentido determinado se aleja automáticamente de otras opiniones. Existen, sin embargo, algunos criterios generalmente reconocidos y algunos ejemplos que se usan tradicionalmente para examinar si una definición presentada de “causalidad” corresponde a lo que habitualmente se entiende por este término.

En lo que sigue se precisa (por definición) la *dependencia causal* como una dependencia funcional que cumple con las siguientes condiciones:

- i) Es una dependencia funcional del tipo  $f$  y no del tipo  $F$  (se trata de una relación unívoca).
- ii) El cambio de los valores de por lo menos un argumento de la función  $f$  debe efectuarse *siempre* con anterioridad (temporal) al cambio del valor de la función. Los primeros se llamarán “valores causantes”, el segundo, “valor causado”. Los valores de los demás argumentos serían parámetros. Para la teoría de la relatividad la exigencia de la anterioridad se precisaría en el sentido de exigir correspondencia a puntos que figuran con anterioridad en una línea temporal.
- iii) Respecto a un sistema exacto existe una dependencia funcional, si, y sólo si, el sistema contiene un teorema que afirma tal dependencia. En el caso ideal, que estamos tratando aquí, puede decirse que cualquier afirmación de este tipo adquiere su justificación únicamente al incluirla en un sistema exacto. Exactamente lo mismo vale para la dependencia causal, o sea, ella existe (respecto a un sistema exacto), si, y sólo si, el sistema contiene un teorema que afirma una dependencia funcional que cumple con i) e ii).

La presente definición, que se basa hasta cierto punto en concepciones que Mach ya había formulado en el siglo pasado, se acomoda en un alto grado a las ideas tradicionales de causalidad. Los ejemplos habituales lo muestran sin dificultad. Naturalmente la vaguedad de los términos no científicos nunca permite más que una aproximación en el reemplazo por un término preciso.

Conviene aclarar algunos puntos en esta conexión:

- 1) La simple anterioridad no es suficiente para hablar de dependencia causal (el *post hoc* no basta para el *propter hoc*), porque se exige una dependencia funcional. Del mismo modo conjunciones frecuentes o una correspondencia en la variación de valores (por ejemplo establecidos estadísticamente) no justifican por sí solo hablar de dependencia causal\*, ya que para ello se necesita, según iii), un teorema del sistema que afirma tal dependencia. El punto iii) asegura a la causalidad un cierto carácter de "ley".
- 2) La exigencia de la anterioridad de la causa respecto al efecto se mantiene según ii). Esta exigencia que entró explícita o implícitamente en la concepción tradicional de la causalidad, es plenamente justificada en una física (como la de hoy) que no trabaja con acción a la distancia o algo similar\*\*. Conviene mencionar que la definición de "anterioridad" en la teoría de la relatividad no presupone la causalidad (aunque a veces así se lo formula); para que el punto espacio-temporal *A* sea anterior a *B*, basta que los dos pueden ser conectados por una señal luminosa o de otro tipo que parte de *A*.
- 3) A veces se exigió la contigüidad (espacial) de causa y efecto, no en el sentido de que sean de hecho contiguos, sino que por efectos y causas intercalados (*a* causa *b*, *b* causa *c*, etc.) se puede establecer una cadena o un ordenamiento parcial sin huecos espaciales entre la causa y el efecto originales. Esta exigencia no se incluyó aquí explícitamente, pero la física tanto clásica como moderna (con sus concepciones de movimiento, propagación de ondas, propagación de cambios de estado y sin acción a la distancia) introduce esta exigencia automáticamente en la dependencia causal. Algo análogo vale también para la contigüidad temporal.
- 4) La definición señalada corresponde no sólo al esquema simple *causa - efecto* (valor causante - valor causado), sino también al esquema conjunto de causas - efecto (*n-tuplo ordenado de valores causantes - valor*

\* A veces se habla de "dependencia causal" en este sentido, pero este uso diferente del término no es el de los análisis habituales de causalidad.

\*\* Definir "función causal" respecto a un sistema con acción a la distancia es muy problemático, mientras que no se tenga una idea de cómo se presenta un tal sistema. Sin embargo, no es imposible; podríamos introducir estas funciones, por

ejemplo, al distinguir entre funciones causales básicas, que cumplen con las tres condiciones, y las demás funciones causales, que serían funciones que cumplen con (i) e (iii) y cuyos valores del argumento (limitémonos para simplificar a funciones uniposicionales) serían valores causados de una función causal básica, mientras que sus valores de función lo fuesen sólo indirectamente.

*causado*) y al esquema *causa - conjunto de efectos* (en este caso intervienen  $n$  funciones causales,  $f$ ,  $g$ ,  $h$ , etc., y tenemos, por ejemplo, para el valor causante  $a$  los valores causados  $f(a)$ ,  $g(a)$ ,  $h(a)$ , etc.).

Si se examina el sistema *fi* en relación con la presente definición se nota que existe un número infinito o (según el tratamiento) por lo menos extremadamente alto de dependencias funcionales en general y de dependencias causales en especial. Pero nada en todo esto justifica la suposición "causalista" de que para cualquier valor  $a$  haya una función causal para la que  $a$  sea el valor causado. Esta suposición es de origen extracientífico, las ciencias no presentan nada en su apoyo. Es perfectamente posible que, en la red de funciones,  $a$  no sea valor (causado) de ninguna función causal.

En general puede decirse que la superestimación de las dependencias causales, las cuales en un tiempo se consideraban como clave para la comprensión del mundo, tenía que ceder, y mucho antes de Heisenberg, a una visión más crítica. El lugar de la causalidad fue ocupado por la funcionalidad.

Falta aclarar en este contexto la relación entre causalidad y determinismo. Se pensaba que existe, bajo ciertas condiciones, una dependencia causal entre dos estados (prácticamente) consecutivos. El representante más radical de esta posición, LAPLACE, generalizaba la idea para todos los estados, lo que implicaría que a partir de un estado dado (caracterizado por fuerzas y posiciones de objetos) todos los estados posteriores estarían igualmente dados. Una gran cadena causal determinaría rígida e inflexiblemente y en el menor detalle el transcurso de todos los acontecimientos hasta el futuro más remoto. Esto es el "determinismo causal".

Igual que el causalismo el determinismo causal carece de justificación científica, porque las ciencias permiten, a) que no haya del todo una dependencia causal *entre dos estados* consecutivos o que ella existe b) sólo con aproximación o c) en condiciones de extrema simplificación o d) limitado a un cierto sector. Cualquiera de estas posibilidades excluye el determinismo causal.

Huelga decir que la falta de determinismo causal no disminuye en nada la racionalidad, generalidad, exactitud, etc., de las ciencias. Es y era siempre la combinación de funciones causales y no causales la que permitió formar las ciencias.

¿Sería posible, podemos preguntar, determinar *en principio* cual-

quier estado  $x$  en un momento  $k$  en el menor detalle, aunque para ello hubiese que recurrir también a funciones no causales? ¿Podemos esperar que existe un tal “determinismo individual” (aunque no causal) o hay que contar también en este caso con restricciones del tipo b), c) o d)? La física anterior a Heisenberg dejaba abierta la cuestión, mientras que ahora, por lo menos según la física actual (gracias a la inseguridad), la respuesta es negativa, no sólo respecto al determinismo causal sino respecto al determinismo individual en general. Habría que repetir aquí lo que se dijo respecto a la falta de determinismo causal; el progreso de las ciencias se debe no sólo a resultados (teoremas, leyes, etc.), que levantan restricciones sino también a aquellos que señalan restricciones y limitaciones. Exigir un determinismo causal o individual sería un dogmatismo metafísico ajeno a las ciencias.

Lo que sí es determinable con precisión es el estado respectivo, si no nos fijamos en objetos individuales sino en su promedio. Aunque así de hecho no se puede contar con un determinismo individual, siempre existe el recurso al determinismo estadístico\*.

El presente breve análisis de “dependencia causal” y términos relacionados respecto a un sistema formal es, hasta cierto punto, una idealización; supone que existen sistemas formales correspondientes a las ciencias naturales, aunque hasta el momento tales sistemas no han sido contruidos para toda su extensión. Sin embargo los trabajos en ciencias naturales tienen una marcada tendencia hacia la formalización, que ya se ha alcanzado para algunos sectores de la física.

#### BIBLIOGRAFIA

- |   |   |
|---|---|
| <p>DE BROGLIE, L., <i>Nouvelles perspectives en microphysique</i>, Paris, 1956.</p> <p>BUNGE, M., <i>Causality</i>, Cambridge Mass., 1959.</p> <p>— <i>Metascientific Queries</i>, Springfield, 1959.</p> <p>— <i>Causality, Chance and Law, American Scientist</i>, 1961, pp. 432-448.</p> | <p>CARNAP, R., <i>Symbolische Logik</i>, Viena, 1954.</p> <p>STAHL, G., <i>¿Qué sabemos del saber?</i> Anales de la U. de Chile, Santiago, N° 93, 1954, pp. 87-100.</p> <p>WAISMANN, F., <i>The Decline and Fall of Causality</i>, en Crombie, A. C. y otros, <i>Turning Points in Physics</i>, Nueva York, 1961, pp. 84-154.</p> |
|---|---|

\* Uno podría preguntarse hasta qué punto sería posible reinterpretar el determinismo estadístico como un determinismo individual, al establecer que un estado microfísico dado es un único objeto físico el cual no puede descomponerse en com-

ponentes (partículas, ondas) y que tiene ciertas propiedades (incluyéndose aquí todo lo que se había establecido antes sobre los componentes), las que en principio pueden determinarse con toda precisión.