

## La singularidad y sus consecuencias en la noción de causalidad ¿Existe algún fenómeno al que la ciencia no pueda responder?

J. Heriberto Ureña Pajarito

Depto. de Filosofía UdeG

¿Existe alguna pregunta científicamente formulada cuya respuesta sea nula, es decir, que esa misma pregunta se convierta en una barrera que no pueda traspasarse? Creo que en la actividad científica, en sus diversas áreas de investigación, habrá muchos problemas específicos sin resolver, problemas cuyas respuestas no sean del todo satisfactorias de una manera absoluta, pero en las que

se puede reconocer una respuesta provisional y parcialmente construida. Esto es natural y normal, ya que la ciencia no pretende tener la solución absoluta a los problemas que se plantea, sino modelos de interpretación creciente, cuya estructuración generalizante incluye como casos particulares a las teorizaciones que en el curso de la investigación han sido rebasadas, aunque no nulificadas (piense p.ej. en la física newtoniana respecto a la relatividad).

Sin embargo, hay conceptos que si bien tienen una gran utilidad científica, por ser altamente operativos, en un momento determinado cuando es extendido su campo de aplicación o son llevados a sus últimas consecuencias, lindan en las fronteras de lo científico y lo filosófico o especulativo, sin que esto signifique que sea carente de sentido o irrelevante, sino, más bien, expresa el hecho de un problema cognoscitivo al que la ciencia se enfrenta sin poder ofrecer un respuesta, pero que, al mismo tiempo, no puede apartar, pues llega a ellos de una manera ineludible, por encadenamiento lógico de su proceso argumentativo. Pienso en la noción de causalidad.

El concepto de causalidad se encuentra presente en múltiples áreas de la actividad científica, las cuales ofrecen respuestas con distintos grados de satisfacción a los problemas que en el interior de las mismas se plantean. Podemos reconocer tal principio, por ejemplo, cuando un investigador del fenómeno social intenta responder a la razón por la cual un evento se desarrolla, o cuando un biólogo

indaga sobre la causa de la formación de células cancerígenas en el organismo, o cuando un ecólogo intenta responder la causa del creciente calentamiento global de nuestro planeta, Suponemos junto con Kant que el concepto o principio de causalidad es tan importante que es el sustento que subyace, o bien, está por detrás, de las leyes universales de la naturaleza. Ejemplo de ello lo podemos encontrar en la *Ley de gravitación universal de los cuerpos*, en la cual se afirma que *todos los cuerpos se atraen en función directa de sus masas y en relación inversa al cuadrado de sus distancias*. Hay una causalidad matematizada que tiene que ver con la masa y la distancia de los cuerpos, las cuales fungen como causa de la atracción entre los cuerpos. Lo mismo podríamos decir acerca de la aceleración de los cuerpos en presencia de una fuerza, ya que ésta funge como la causa de la variación del movimiento de los mismos, la cual se formula diciendo que; *Todo cuerpo responde a una fuerza acelerándose*. Por último, podemos poner como ejemplo el hecho de que todos los cuerpos al calentarse se dilatan, es decir, que la causa de que los cuerpos incrementen su volumen se debe al incremento de su temperatura.

En todos estos casos, la atracción de sus cuerpos por sus masas y sus distancias, la aceleración de los mismos en presencia de una fuerza, o su dilatación por el incremento de su temperatura, aunque se presenten como formas universales de una propiedad determinada de la Naturaleza (gravedad, aceleración y dilatación), son, sin embargo, expresiones individuales del principio de causalidad ya que cada una de estas leyes naturales la presupone.

Sabemos que el concepto de causalidad se formula de la siguiente manera: *Todo fenómeno o suceso de la naturaleza es el efecto necesario de una causa precedente*. Formulado así dicho principio lleva consigo una concepción determinista. Sin embargo, esta formulación ha sido modificada por la teoría cuántica para la cual sólo se puede hablar de una causalidad estadística, abandonando con ello la concepción determinista de trayectorias bien definidas para señalar indeterminaciones en el movimiento de las partículas microatómicas. A pesar de esto, el concepto que aquí nos ocupa no desaparece, sino como dice Weiszacker, *sólo se restringe su campo de aplicación*. De esta manera deja de tener sentido su formulación clásica cuando se intenta aplicar al mundo de lo microatómico, para lo

cual, la teoría cuántica ofrece una mejor comprensión de lo que sucede en dichas dimensiones microcósmicas.

A pesar de lo relevante, que en términos científicos y epistemológicos aporta la teoría cuántica, modificando y restringiendo el campo de aplicación de la teoría clásica de la causalidad, donde verdaderamente se da una modificación radical de este concepto es en una condición cosmológica muy especial; en la de las singularidades.

Una singularidad es un concepto matemático que hace referencia a un fenómeno de dimensiones físicas nulas; con radio cero y volumen cero. Se le puede encontrar al inicio del universo, en el *big bang*, y al final de éste, en el *big crunch*, así como en el colapso gravitacional de una estrella súper masiva o de un centro galáctico, es decir, en lo que se conoce como hoyos negros.

Cuando un objeto colapsa por el efecto de su propia gravedad debido a su masa, la superficie acabará contrayéndose hasta adquirir un "tamaño" cero, quedando toda la materia atrapada en su interior. En este colapso el cuerpo implosiona rebasando la velocidad de escape máxima del universo, la velocidad de la luz, impidiendo con ello que salga cualquier tipo de información. Todo queda atrapado en dicho colapso gravitacional. Debido a que el espacio-tiempo está estrechamente relacionado con los procesos materiales, con la desaparición de la masa-energía se hace presente la amenaza de la desintegración del tejido espacio-temporal.

Ahora bien, el colapso gravitacional de una estrella súper masiva o de un núcleo galáctico es el proceso inverso al de la expansión del universo según la teoría del *Big Bang*, en donde todo surge de una singularidad inicial. Kitty Ferguson lo expresa de la siguiente manera:

Si la relatividad general nos dice que cualquier estrella que se colapsa más allá de cierto punto debe terminar en una singularidad, entonces también nos dice que cualquier universo en expansión debe haber comenzado como una singularidad (p.55).

Una singularidad es una predicción de la Teoría de la Relatividad General la cual estipula que cuando un cuerpo se colapsa debido a su intensa implosión gravitatoria hacia condiciones de densidad y curvatura espacio-temporal infinita, o cuando se afirma que el universo en sus inicios debió haber emergido a partir de un punto matemático de dimensiones físicas nulas, la teoría arriba a un dilema de grandes repercusiones filosófico-científicas, ya que predice o bien la desaparición total de la materia, del espacio-tiempo, es decir, la desaparición de la naturaleza tal como la conocemos, o bien el fin de la propia teoría, ya que las teorías físicas no pueden trabajar con números infinitos, sin que se vean amenazadas con colapsar conceptualmente en la misma singularidad. En una singularidad la teoría se destruye a sí misma.

Ahora bien, formulemos la siguiente pregunta: ¿Cómo un cuerpo en el que se concentra una densidad infinita de materia-energía puede no tener ninguna magnitud, ningún volumen? El argumento expuesto con más detalle sería el siguiente: La gravedad es descrita por Einstein como geometría, en otras palabras, como la causante de la curvatura espacio-temporal. Siendo la más débil de todas las fuerzas (electromagnetismo, nuclear, etc.), al ser acumulativa se vuelve la más poderosa, al grado de que puede llegar a superar al resto de fuerzas que la naturaleza pueda reunir en contra de ella. Cuando un cuerpo tiene mayor masa también tiene mayor fuerza de atracción gravitacional, en esas condiciones, cualquier cuerpo que intente librarse del área de influencia gravitacional y escapar al espacio, debe desarrollar una velocidad determinada llamada *velocidad de escape*, la cual tiene una valor proporcional a la masa del cuerpo; *a mayor masa mayor velocidad de escape*. Así, p.ej., la velocidad de escape que un cuerpo necesita para librarse de la superficie de la luna es: 2.4 km/seg, para la Tierra es de 11.5 km/seg., para Júpiter es de 56.6. km/seg., y para el Sol se supone que es de 618.2 km/seg. En otras palabras:

Todos los cuerpos astronómicos tienen una velocidad de escape, algunos mayor que la de la tierra, otros menor. Su valor queda determinado por dos parámetros: la masa total del cuerpo, la cual determina su poder gravitatorio, y el radio del cuerpo, que establece la magnitud de la fuerza gravitatoria en la superficie. Una velocidad de

escape elevada se debe a un cuerpo masivo o compacto, o a ambas cosas (Davies, P., No. 2, p.106).

Sin embargo, en el universo existen fenómenos con una intensidad gravitacional tan poderosa que no hay objeto alguno que tenga la velocidad necesaria para escapar de estos, ya que logran sobrepasar la velocidad máxima del universo (la de la luz), y en ellos todo queda atrapado. Este fenómeno se debe a que:

La gravedad es acumulativa, y cuanto mayor cantidad de materia tengamos, mayor será la fuerza de atracción hasta el punto que puede llegar a superar todas las fuerzas que la naturaleza pueda reunir contra ella. Se vuelve avasalladora. Cuando un cuerpo está sometido a una gravedad tan grande que no puede soportar su propio peso, sobreviene la catástrofe y el cuerpo colapsa (Greenstein, pp.204-205).

Se convierte en un agujero negro, los cuales son "... objetos astronómicos peculiares que succionan materia y no la dejan escapar" (ibid p.5). Su fuerza de atracción es implacable y todo lo succiona hacia su centro como si se tratara de un sumidero cósmico. George Greenstein lo define de la siguiente manera:

Un agujero negro es una patología de la gravitación, una singularidad en el campo gravitacional de un objeto,... el agujero negro es una prisión en la cual queda la materia aprisionada para siempre (Greenstein, pp. 204,205.).

Los agujeros negros se producen cuando en las estrellas o en los núcleos galácticos mengua la presión de radiación generada por las reacciones termonucleares, entonces se vuelve insuficiente sostener el peso de un cuerpo supermasivo y compensar la caída gravitacional, con lo cual sobreviene el cataclismo o hundimiento gravitacional. Dado que la Relatividad General supone que la curvatura espacio-temporal está determinada por la masa gravitacional, la caída implosiva del cuerpo en

condiciones de extrema gravedad lleva consigo la desaparición de los objetos atrapados (estrellas, luz, cualquier forma de radiación electromagnética, etc.), incluso la desaparición del mismo objeto que los succiona.

En palabras de Hawking, la teoría de la Relatividad General predice:

... que una estrella que se colapsa bajo su propia gravedad está atrapada en una región cuya superficie se reduce con el tiempo a tamaño cero. Y, si la superficie de la región se reduce a cero, lo mismo debe ocurrir con su volumen. Toda materia de la estrella estará comprimida en una región de volumen nula, de tal forma que la densidad de materia y la curvatura del espacio-tiempo se harán infinitos. En otras palabras, se obtiene una singularidad contenida dentro una región del espacio-tiempo llamada agujero negro (Hawking, S., p. 77).

A este estado de densidad infinita llamado por los físicos singularidad:

... implica que ninguna ley física puede describirlo: más que un concepto físico, la singularidad es un reconocimiento de nuestra completa ignorancia (Shahen, p.97).

La diferencia que hay entre la singularidad inicial del *big bang* y la singularidad del hundimiento gravitacional de un agujero negro es que, mientras que en éste último todo desaparece, masa-energía y espacio-tiempo, en la primera todo esto emerge o aparece. Es decir, la creación del universo supone la aparición, junto con la creación de la materia-energía, del mismo espacio-tiempo. Entonces se dice que la singularidad está desnuda. En otras palabras, la creación de la masa-energía inicial del universo no se dio en un tiempo-espacio preexistentes, sino que estos, al no ser independientes de los procesos materiales y al estar estrechamente ligados a los mismos, la aparición de la materia-energía trae como

consecuencia la aparición del mismo tejido espacio temporal. Como dice Hawking, El tiempo mismo comenzó a existir.

¿Y qué tendría ver todo esto con el principio de causalidad? En primer lugar, la noción de causalidad es una noción temporal, ya que cuando decimos que dos eventos están relacionados causalmente, a la vez, estamos afirmando que hay una sucesión temporal en el que uno de ellos es anterior (la causa) al otro (el efecto). En segundo lugar, no se puede hablar de la causa de algo en condiciones en las que el tiempo mismo no existe y, por lo tanto, cualquier consideración relativa al tiempo no puede extenderse más allá de la singularidad y esto afecta considerablemente a la noción de causalidad. Paul Davies nos dice:

Quizá la objeción más seria, sin embargo, a la versión causal del argumento cosmológico esté en el hecho de que causa y efecto son conceptos que están profundamente vinculados a la noción de tiempo. Sin embargo, tal como hemos visto, la cosmología moderna nos dice que la aparición del universo supuso la aparición misma del tiempo. Se acepta generalmente que la causa siempre precede al efecto en el tiempo; por ejemplo, un blanco se hace añicos después de que hayamos disparado el arma. Por tanto, no tiene ningún sentido hablar de un dios creador del universo en el sentido habitual, puesto que la noción lleva consigo la creación del tiempo mismo. Si no había "antes" no puede haber una causa (en el sentido habitual del término) del *big bang*, ni natural ni sobre natural.

De hecho, la misma creación del universo es, como ya hemos visto, un acto que tiene lugar con el tiempo. Cuando doy conferencias sobre cosmología se me pregunta a menudo qué sucedió antes del *big bang*. La respuesta de que no había "antes" porque el tiempo mismo fue creado en el *big bang* se contempla con recelo: "¡Algo debe haberlo causado!". Sin embargo, causa y efecto son conceptos temporales y no

pueden ser aplicados a un estado en el que el tiempo no existe; la pregunta simplemente no tiene sentido ( Davies, P., No. 1, pp.46-47).

Esta conciencia que entraña la dificultad de explicar el origen del universo fue expresada con un elegante escepticismo en el *Rig Veda*, himno hindú escrito alrededor del año 1200 a.c.

No había entonces ni existencia ni no existencia; tampoco teníamos el territorio del espacio ni el cielo que hay más allá; ¿Se removía algo?, ¿dónde?, ¿para proteger a quien?, ¿había agua insondablemente profunda? Tampoco había entonces ni muerte ni inmortalidad. No había el menor rastro característico de la noche o del día. Aqueello respiraba sin aire, por impulso propio. Aparte de esto no había nada.

¿Había algo?, ¿había arriba? Había sembradores; había fuerzas. Había impulso por debajo; había empuje hacia arriba. ¿Quién lo sabe realmente?, ¿quién lo proclamará?, ¿de dónde salió aquello?, ¿de dónde es esta creación? Los dioses llegaron después y crearon este universo. ¿Quién sabe entonces de dónde procede? De donde ha salido esta creación; quizás se formó sola o quizás no; sólo lo sabe el que la mira desde las alturas, en el cielo más encumbrado, aunque es posible que no lo sepa (Christian, Davies, p.40).

Nos dice José Manuel Sánchez Ron en su diccionario de la ciencia que:

Ya ni siquiera es posible encontrar seguridad en el único lugar donde creíamos que existía, en la matemática (Sánchez Ron, J.M., p.205).

Esto lo dice en relación a la demostración de Gödel de que cualquier sistema formal de la matemática clásica o es incompleto o es inconsistente. Gödel habría demostrado con su teorema de incompletitud no sólo la imposibilidad de reducir la matemática a la lógica, sino también la incapacidad

teórica de intentar buscar teorías del todo, es decir, modelos conceptuales que pretender ser explicaciones omnicomprensivas de la realidad. Stephen Hawking nos dice:

Algunas personas se mostrarán decepcionadas si no existe una teoría última que pueda formularse como un conjunto finito de principios. Yo pertenecía a ese grupo, pero he cambiado de opinión. Ahora me alegro de que nuestra búsqueda de entendimiento nunca llegue a un término, y de que siempre tengamos el desafío de un nuevo descubrimiento. Sin ello, nos paralizaríamos (Blanco, p.62).

Volviendo al planteamiento original con que iniciamos este artículo ¿Esta la ciencia capacitada para darle solución a todas nuestras dudas, incluso a nuestras dudas que lindan con la frontera de lo metafísico? Hemos visto que no, de que hay barreras infranqueables a las cuales nuestro pensamiento no puede acceder. Esta ausencia de respuestas ante cuestiones últimas puede provocarnos una gran incomodidad, sin embargo, como dice Jacquard, es necesario habituar nuestro pensamiento a estas preguntas límite, sin que esto signifique dejar de maravillarnos por el intento de la inteligencia en escudriñar por las razones últimas.

Finalmente, ya sea en lo gigantesco o en lo minúsculo, en el pasado inaccesible o en el porvenir inexistente, la noción misma de límite se revela no apta. Es necesario habituar a nuestro pensamiento a la incomodidad que provoca la ausencia de respuesta a toda pregunta concerniente a los primeros orígenes o a los resultados últimos. Incomodidad, es cierto, pero también asombro ante nuestra capacidad de movernos por el pensamiento en ese dominio sin contornos (Jacquard, p.29).

## Bibliografía

- Blanco,. *Mentes maravillosas que cambiaron la humanidad*. Ed. Libroslibres. Madrid 2008.
- Christian, David *Mapas del tiempo (Introducción a la gran historia.)*. Ed. Crítica. Barcelona 2010.
- Davies, P.(no.1) *Dios y la nueva física*. Ed. Biblioteca Científica Salvat, no. 36. Barcelona 1985.
- Davies, P (no. 2). *La frontera del infinito*. Ed. Biblioteca Científica Salvat, no. 12. Barcelona 1985.
- Ferguson, K. (año). *S.H. y búsqueda de una teoría del universo*. México: Ed. Fondo de Cultura Económica. México 1994.
- Greenstein, G. (año). *Estrella congelada: De los pulsares, los agujeros negros y el destino de las estrellas*. México: Fondo de Cultura Económica. Cp. No. 366. México 1988.
- Hawking, Stephen *Historia del Tiempo. Del Big Bang a los agujeros negros*. Editorial Grijalbo, México 1988.
- Jacquard, A. *La ciencia para no científicos*. Ed. Siglo XXI. México 2005.
- Sánchez Ron, J.M. *Diccionario de la ciencia*. Ed. Crítica. Barcelona 2006.
- Shahen, H. (año). *El descubrimiento del universo*. México: Fondo de Cultura Económica, CONACYT No. 5. México 1986.