

César Gutiérrez Tapia

La flecha del tiempo

Ciencia Ergo Sum, vol. 13, núm. 3, noviembre-febrero, 2006, pp. 246-252,

Universidad Autónoma del Estado de México

México

Disponible en: <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=10413302>



Ciencia Ergo Sum,

ISSN (Versión impresa): 1405-0269

ciencia.ergosum@yahoo.com.mx

Universidad Autónoma del Estado de México

México

¿Cómo citar?

Fascículo completo

Más información del artículo

Página de la revista

www.redalyc.org

Proyecto académico sin fines de lucro, desarrollado bajo la iniciativa de acceso abierto

La flecha del tiempo

César Gutiérrez Tapia*

Recepción: 12 de julio de 2005
Aceptación: 20 de febrero de 2006

*Departamento de Física. Instituto Nacional de Investigaciones Nucleares.
Apartado postal 18-1027, México D. F. C. P. 11801.
Correo electrónico: cgt@nuclear.inin.mx

Resumen. El concepto del tiempo es muy importante en las ciencias naturales, especialmente en la Física. Entenderlo es muy complejo ya que involucra una serie de problemas que requieren de un análisis particular. Por ejemplo, definir la objetividad del tiempo, su dirección y métrica, el concepto de “simultaneidad”, entre otros. En este trabajo veremos que el concepto de la dirección del tiempo (flecha del tiempo) no es posible plantearlo sin recurrir a la relación causa-efecto en el proceso irreversible de la evolución de la naturaleza y que el espacio-tiempo es una forma fundamental de la existencia de la materia.

Palabras clave: dirección del tiempo, relación causa-efecto, existencia de la materia.

The Arrow of Time

Abstract. The concept of time is highly important in the natural sciences, particularly in physics. The problem is very intricate as it involves a series of problems, each of them demanding a particular study. Among them, one faces the definition of the objectivity of time, its direction and metrics, the definition of the «simultaneity», and so on. In this paper, we show that the concept of time direction, the so called ‘arrow of time’, cannot be discussed without taking into account the cause-effect relationship in the framework of an irreversible evolution of nature and stating that space-time is a fundamental form of the existence of matter.

Key words: direction of time, cause-effect relationship, existence of matter.

Introducción

El primero que introdujo el concepto de causalidad en relación con el tiempo fue el matemático y filósofo alemán Gottfried Wilhelm Leibniz (1646-1716) (Leomke,1956), quien escribió: “He subrayado varias veces que considero que el espacio así como el tiempo son algo puramente relativos: el espacio describe el orden de la existencia, y el tiempo describe el orden de una sucesión. En otras palabras, el espacio desde el punto de vista de la posibilidad describe el orden de las cosas simultáneas ya que éstas existen simultá-

neamente”. Leibniz consideró al espacio y al tiempo en asociación con los cambios de objetos materiales. Utilizó el concepto de simultaneidad como una relación de aquellos eventos físicos que son permitidos. Por ejemplo, una misma cosa puede ser negra y blanca, pero no puede ser al mismo tiempo joven y vieja. De la misma forma, la sucesión en el tiempo es la relación de dos eventos de los cuales uno de ellos es la causa del otro. Sin embargo, Leibniz no planteó el contenido de la relación de causalidad.

Otro pensador que empleó el concepto del tiempo junto con el de causalidad, fue el historiador, economista y filósofo-

fo escocés David Hume (1711-1776) quien dijo: “Las ideas del espacio y tiempo, no son ideas separadas sino que son ideas de la forma u orden de la existencia de las cosas. En otras palabras, no es posible imaginarse el espacio vacío sin materia y tampoco el tiempo sin la sucesión o sin el cambio en la existencia” (Grilles, 1974). Hume asoció fuertemente el concepto del tiempo con el concepto de causalidad, por lo que algunos autores lo consideran uno de los fundadores de la teoría causística del tiempo. Sobre todo porque Hume insistió en que entre la causa y el efecto debe existir cierto intervalo de tiempo.

Al filósofo alemán Immanuel Kant (1724-1804) también se le atribuye la teoría causística del tiempo, aunque la concepción de esta teoría afirma que la relación causal establece el orden en el tiempo, Kant propone lo contrario, que el orden en el tiempo supone la relación causal: “En todos los entes, tanto internos como externos, solamente con la ayuda de las relaciones en el tiempo la mente puede resolver qué es antes y qué después, es decir, qué es causa y qué es efecto” (García Morente, 1986). En su libro *Crítica de la razón pura* cuando se da la discusión acerca de la relación causa-efecto, Kant indica que aun en un intervalo muy pequeño de tiempo entre la causa y el efecto su relación permanece “definida en el tiempo” (Ferrari, 1981). Más adelante dice: “De esta manera, la sucesión en el tiempo es realmente el único criterio empírico de la acción en relación con la causalidad de la causa que la antecede” (Ferrari, 1981). Las relaciones espaciales son relaciones reales de posición entre diferentes objetos; las relaciones temporales son también de duración en la sucesión de los procesos materiales.

1. Definiciones de la dirección del tiempo sin utilizar el principio de causalidad

Una característica de todos estos intentos es que todos tienen una naturaleza empírica. Veamos los principales.

El primero fue propuesto por el científico inglés Bertrand Russell (1872-1970) quien intentó definir la dirección del tiempo con base en la memoria de las personas (Bunge, 1983). Russell, en su libro *Nuestro conocimiento del mundo externo* escribió: “[...] como yo quiero relacionar a la física con el experimento preferiría decir que establecemos el orden en el tiempo con ayuda de la memoria y nuestra experiencia diaria de la sucesión en el tiempo. Lo que se recuerda se asocia generalmente con el pasado; y en los límites del presente existe lo antes y después. Todo lo asociado con algún recuerdo se relaciona con el pasado. Iniciando con esto, podemos definir el orden en el tiempo y la

diferencia entre el pasado y el futuro desplazándose paso a paso por todos los eventos” (Russell, 1952).

Analicemos la posición de Russell, considerando que tenemos una memoria ideal, es decir, que no olvidamos nada. Supongamos que M_1 denota todo lo que tenemos en la memoria en el momento de tiempo t_1 , y M_2 todo lo que recordemos en el momento de tiempo t_2 . Entonces, si M_1 forma parte de M_2 , podemos decir que $M_1 < M_2$, por lo que el momento de tiempo t_1 antecederá al momento de tiempo t_2 .

Ahora supongamos que el tiempo de pronto cambió su dirección. Esto significa que todos los procesos tienden a desaparecer. ¿Podemos nosotros determinar con ayuda de nuestro criterio esta variación de la dirección del tiempo? A primera vista, esto supone que es muy sencillo de hacer. Si el tiempo corre del futuro hacia el pasado, entonces rápidamente registraríamos la variación en la forma como se realizan los fenómenos a nuestro alrededor. Si el tiempo cambia su dirección para todos los procesos, aun para aquellos asociados con la memoria, entonces resulta inútil apoyarse en la memoria para la determinación de la dirección del tiempo. En este caso, al inicio tendremos una gran memoria M_2 y después una menor memoria M_1 , la cual es una parte de M_2 . En la inversión del tiempo, el momento de tiempo t_2 precederá al momento de tiempo t_1 pero como t_2 corresponde a una mayor cantidad de memoria M_2 en comparación con t_1 , entonces nos parecerá que t_1 ocurrió antes.

En los hechos, si en el momento de tiempo t_2 tenemos una mayor cantidad de memoria M_2 recordaremos lo que ocurrió en el momento de tiempo t_1 . Es obvio que t_1 se asocia al pasado, por lo que cuando ocurre t_1 tenemos la memoria M_1 que forma parte de M_2 , ello como resultado de la disminución de la cantidad de memoria, no podremos recordar el momento t_2 . De esta manera, la definición subjetiva de la dirección del flujo de tiempo está en contradicción con una definición objetiva. Por esta razón, el intento de Russell de definir la dirección del tiempo no es válida, es decir, la dirección del tiempo no puede ser definida por sensaciones subjetivas.

Como un segundo intento veamos la posición desde el punto de vista de la física clásica no relativista. Esta parte de la física considera a todo sistema físico como un conjunto de partículas regidas por las ecuaciones de Newton (Landau y Lifshitz, 1966). Aquí se supone la existencia de un tiempo absoluto único. Las fuerzas mediante las cuales interactúan las partículas en un momento dado, se definen por las posiciones y velocidades de las partículas en dicho momento. Por lo anterior, el estado de dicho sistema en cierto momento determina de forma única el estado del

sistema en todos los momentos posteriores. Esta posición, cuando se extrapola hacia todo el universo, nos lleva al determinismo de Laplace (Harrison, 1986), de acuerdo con el cual, toda la historia del universo de forma única se define en un pasado lo suficientemente lejano. El estado del universo en todo momento de tiempo se considera como un efecto de su estado en un momento de tiempo anterior. Aquí vemos que la dirección de las relaciones causales está de acuerdo con la dirección del tiempo.

Los problemas que enfrenta este segundo intento son primeramente la suposición de que el universo es un sistema conservativo; en segundo lugar, queda indefinido por qué existe una dirección preferencial del tiempo (del pasado al futuro). Esto último tiene relación con el hecho de que sabemos que las ecuaciones de Newton son invariantes con respecto al tiempo. Si cambiamos la dirección del tiempo de t a $-t$ las ecuaciones de movimiento no cambian, por lo que tendremos dos soluciones válidas $\mathbf{r}(t)$ y $\mathbf{r}(-t)$. Ello significa que todo proceso físico elemental se puede realizar en la dirección del pasado al futuro o del futuro al pasado de la misma manera, lo que significa que el estado futuro del universo podrá definir su historia, y, por lo tanto, el efecto ocurrirá antes de la causa. Aquí observamos una contradicción de la relación causa-efecto. En tercer lugar, la interacción de las partículas que satisfacen la tercera ley de Newton se considera instantánea, por lo que es natural definirla como una relación simétrica y no como una relación causal (antisimétrica) como ocurre con la dirección del tiempo.

Un tercer intento está basado en el segundo principio de la termodinámica. Este principio fue formulado primeramente por el físico Nicolas Léonard Sadi Carnot (1796-1832) como el hecho de que el calor puede fluir sólo de un cuerpo caliente a uno frío pero no a la inversa, de donde se deduce la imposibilidad de construir un móvil perpetuo de segunda clase, el cual podría, a través del enfriamiento de los cuerpos que lo rodean, transformar el calor tomado de su alrededor en trabajo (Fermi, 1936). Posteriormente, el físico alemán Rudolf Emanuel Clausius (1822-1888) (y el físico británico William Thomson (1824-1907) generalizan este concepto mediante una ecuación donde introducen la entropía como una función de estado (Landau y Lifshitz, 1988 y Terletskiï, 1971). La entropía se puede considerar como una medida de la cercanía o lejanía a la que se halla un sistema en equilibrio; también se puede considerar como una medida del desorden (espacial y térmico) del sistema. La segunda ley afirma que la entropía, o sea, el desorden de un sistema aislado nunca puede decrecer. Por tanto, cuando un sistema aislado, alcanza una configuración de máxima entropía, ya no puede experimentar cambios: ha alcanzado

el equilibrio. La naturaleza parece pues “preferir” el desorden y el caos. A pesar de que Clausius intentó relacionar el segundo principio de la termodinámica con la evolución del universo como un todo, el primero que intenta relacionar a la dirección del tiempo con la dirección de evolución de los procesos de acuerdo con el segundo principio de la termodinámica fue el físico austriaco Ludwig Boltzmann (1844-1906) (Landau y Lifshitz, 1988 y Terletskiï, 1971). Boltzmann obtiene las leyes de la termodinámica a partir de principios estadísticos para predecir y describir el movimiento de las partículas de sistemas con un número grande de partículas. Como resultado, el segundo principio de la termodinámica adquiere un carácter probabilístico, a través de la variación temporal de la función H de Boltzmann. En el marco de su formulación, la entropía para todo sistema cerrado no simplemente permanece constante o aumenta, sino que ahora se dice que es más probable que la entropía aumente y menos probable que disminuya.

Surge la pregunta ¿el segundo principio de la termodinámica en su formulación termodinámica o estadística permite la determinación de la dirección del tiempo? Si el aumento de la entropía es una ley dinámica en el sentido riguroso entonces no habría duda. El crecimiento monótono de la entropía daría un criterio exacto para la determinación de la dirección del tiempo. Sin embargo, la formulación estadística de la entropía lleva a una serie de preguntas. Una de ellas está relacionada con la paradoja de la direccionalidad estadística. La teoría de Boltzmann establece la irreversibilidad en el micromundo y, al mismo tiempo, establece que el movimiento de cada molécula se rige por las leyes de la mecánica newtoniana (teoría invariante en el tiempo), por lo que debería ser reversible. Esta es la situación que genera la paradoja estadística y conduce a que una molécula que se mueve en una dirección se podrá también mover en la dirección contraria con una velocidad inversa. Sin embargo, recordemos que de acuerdo con la distribución de Maxwell ambas direcciones de velocidad son igualmente probables.

Boltzmann, al desarrollar esta paradoja, supone la posibilidad de que la desviación con respecto de un proceso maxwelliano es una fluctuación. La probabilidad de una fluctuación resulta ser muy pequeña, lo que hace muy complicada la determinación de la dirección del tiempo. Otro argumento en contra para relacionar la dirección del tiempo con la dirección de ocurrencia de los procesos físicos es la paradoja de periodicidad propuesta por Ernst Zermelo (1871-1953) (Landau y Lifshitz, 1988) y después formulada por Henri Poincaré en el lenguaje de los sistemas dinámicos: todo estado posible de un sistema deberá repetirse

un número infinito de veces. Ello indica que el tiempo asociado con el desarrollo de este sistema tendrá un carácter no dirigido sino cíclico. Otras posibilidades de aplicación del segundo principio de la termodinámica son analizadas en (Terletski, 1971; Frank, 1957 y Prigogine, 1962).

El cuarto intento que podemos citar en el afán de definir la dirección del tiempo sin recurrir a la relación causa-efecto está basado en la cosmología (Frank, 1957 y Prigogine, 1967). Como sabemos, actualmente se trabaja sobre la base de dos modelos cosmológicos: el de la gran explosión y el estacionario. El más aceptado es el modelo de la gran explosión ya que es el que de forma más sencilla explica los resultados de un universo en expansión lo que se demuestra por el alejamiento mutuo de las galaxias, como reportó Hubble (precisamente con este alejamiento mutuo asocian a la dirección irreversible del tiempo), y además se obtiene como solución de las ecuaciones de Einstein aunque sin explicar el origen de la singularidad. Este modelo se describe en las teorías gravitacionales newtoniana y de la relatividad general de Einstein (ambas teorías son invariantes en el tiempo y contemplan la existencia de una singularidad en el tiempo inicial), donde la densidad varía con el tiempo, teniendo tres posibilidades: si la densidad fuera muy alta, de tal manera que la materia fuera detenida por el campo gravitacional, el universo se contraería (gran apachurrón) y tenemos un universo cerrado; si el universo se sigue expandiendo siempre, es decir, la densidad tiende a disminuir fuertemente, el universo es un universo abierto (gran enfriamiento); y, finalmente, si la densidad varía muy poco tendríamos un universo plano (crítico) que se expande, pero muy lentamente. Este intento tiene dos inconsistencias básicas. Hasta la fecha no se tienen suficientes datos experimentales para calcular de forma exacta la constante de Hubble, por lo que no hay todavía una evidencia clara del tipo de universo que tenemos: abierto, cerrado o crítico (Michael, 1989). La segunda inconsistencia, y posiblemente aplicable a todos los intentos mencionados, es que el tiempo como una forma de existencia de la materia no es posible asociarlo con algún proceso físico. Es necesario comentar que de acuerdo con las ecuaciones para el campo gravitacional, sí se puede describir la geometría del espacio-tiempo sin la presencia de materia. Sin embargo, el concepto del continuo espacio-tiempo queda como un concepto abstracto si no se considera como una forma de existencia de la materia. Un ejemplo que ilustra esto es cómo explicar la gran unificación (idea propuesta por Einstein donde las interacciones fuerte, débil, electromagnética y gravitacional se unifican) limitándose únicamente a la geometría del espacio-tiempo, sin considerar la física de partículas elementales.

2. Contribución de Reichenbach

La obra de Hans Reichenbach es muy amplia, pero la contribución más importante en relación con el tiempo es la separación rigurosa del orden y la dirección del tiempo (Reichenbach, 1956 y 1958). Este problema lo plantea de la siguiente manera: “Los puntos, que se localizan sobre una línea de longitud infinita en ambos sentidos están distribuidos en determinado orden, sin embargo la misma línea no tiene ninguna dirección. Si los puntos están distribuidos en un orden lineal o sucesivo entonces se rigen por relaciones de asimetría y son transitivos”. Con respecto a la figura. 1 podemos decir que, por ejemplo, el punto A se localiza a la izquierda del punto B, entonces B se encuentra no a la izquierda sino a la derecha de A. Este hecho muestra la asimetría con respecto al término “a la izquierda de”. Además, si A se localiza a la izquierda de B, y B a la izquierda de C, entonces A se localiza a la izquierda de C; este hecho muestra la propiedad transitiva de dicha relación. Cuando decimos que la línea a pesar de ser recta y ordenada en relación de una sucesión, no tiene una dirección, lo que significa que no existe una forma de diferenciación estructural entre el izquierdo y el derecho. Para indicar qué dirección deseamos identificar como “izquierda”, debemos hacerlo sobre el diagrama o señalar los puntos sobre la recta previamente denotando la dirección. Si decidimos llamar “derecha” a lo que en realidad es “izquierda”, o al contrario, no notamos ninguna diferencia en su estructura, es decir, la relación “a la izquierda de” tiene las mismas propiedades de estructura que la relación “a la derecha de”. Posteriormente, Reichenbach analiza los conceptos de “mayor que” y “menor que”: “un número natural mayor que la unidad al cuadrado, es mayor que el mismo número”. De esta manera, definimos la relación “mayor que” y simultáneamente la relación “menor que”, sin ayuda del diagrama de la figura 1 sino por medio del análisis de las diferencias en su estructura.

Utilizando estos resultados en el análisis del problema de la dirección del tiempo, encontramos que el tiempo tiene además la propiedad de orden, tiene la propiedad de dirección.

Un análisis posterior entre las relaciones causales con la dirección del tiempo lo realiza Reichenbach al introducir el concepto de causa general. Si ocurre alguna coincidencia poco probable, entonces se considera que ésta ocurre por alguna causa común. Por ejemplo, si se apagan dos focos al mismo tiempo, la causa no será porque la resistencia de los focos se quemó simultáneamente, sino más probablemente porque se haya quemado o desconectado el cable que conecta ambos focos. Si este evento ocurre más frecuentemente que cuando los focos se consideran eventos inde-

Figura 1. Orden de puntos sobre una recta.



Figura 3. Efecto común E para las causas conjuntas A y B.

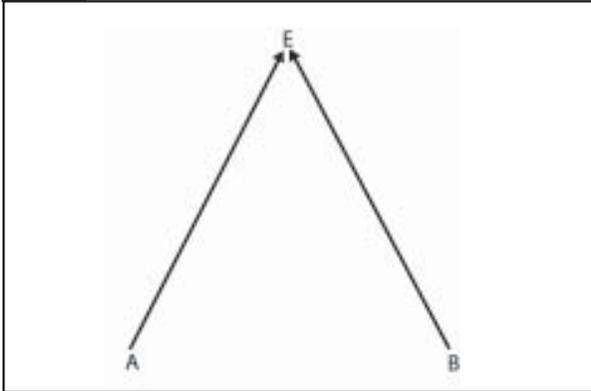


Figura 2. La causa común C para los efectos A y B.

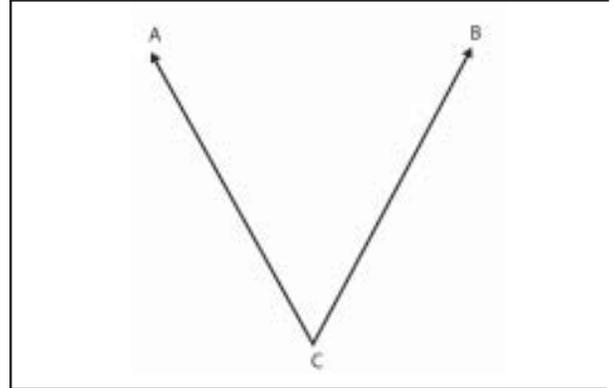
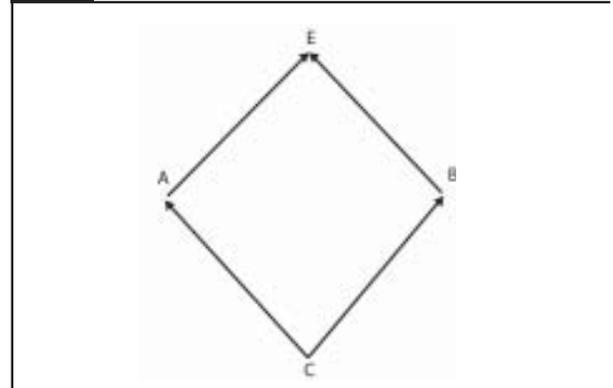


Figura 4. La causa común C para los efectos A y B y el efecto común E.



pendientes, entonces los focos están relacionados por los esquemas de Reichenbach. El que exista una causa común C para dos fenómenos A y B se puede expresar en forma de un esquema de la figura 2.

El concepto contrario al de causa común es el efecto común, definido como el efecto que se obtiene cuando dos causas distintas A y B actúan de manera conjunta generando un mismo efecto E. Por ejemplo, el viento y el fuego generan un incendio. Esto se puede esquematizar en la forma mostrada en la figura 3. Un tercer caso es cuando se tiene una causa común y un efecto común. Por ejemplo, cuando se tiene la misma piedra volcánica caliente (causa común C) el que surja dos géiseres A y B cercanos conduce a que se forme una sola nube de vapor sobre ellos E (figura 4).

La variación en la dirección del tiempo, según Reichenbach, no se reduce al simple cambio de la causa común por el efecto común es decir pasar de la figura 2 a la figura 3. La existencia de la causa común C es suficiente para decir que ocurrieron los efectos A y B. Considerando que se quemó o desconectó el cable por donde se conectaban los focos, podemos deducir que ambos focos se apagaron. Diferente es la situación respecto del efecto común E (en este caso consistente en que ambos focos se apagaron). El resultado puede no ser válido por lo que debemos hablar de una relación estadística entre los eventos A y B, repitiendo muchas veces el experimento.

De esta manera, el efecto común C relaciona de forma estadística a los eventos A y B, cuando se supone una causa común, pero sabemos que una causa común relaciona dos eventos sin que necesariamente surja un efecto común. Esta

asimetría la utiliza Reichenbach para la determinación de la dirección del tiempo. Si tenemos el caso del esquema cerrado de la figura 4, entonces no podemos decir qué eventos ocurrieron antes. Si tenemos un esquema abierto en un sentido (figura 2), entonces C ocurrirá antes que A o B.

Aquí vemos que para Reichenbach no hay bases para diferenciar la causa y el efecto, ya que el efecto común E se puede considerar en la inversión del tiempo como la causa común. Esto hace insostenible su referencia a la relación causal en la determinación de la dirección del tiempo y, por lo tanto, su análisis con respecto a la causa común. Además, Reichenbach no propone un criterio riguroso que defina cuáles son su causa y efecto.

3. Aspectos filosóficos de la relación causa-efecto

El concepto de causalidad surge en la vida diaria cuando el hombre cambia las condiciones de su existencia por la interacción con su alrededor. En un plano general, el principio de causalidad es una afirmación sobre el condicionamiento causal (en sentido determinado) de unos fenómenos con respecto a otros. Este condicionamiento es general, de tal mane-

ra que no existen fenómenos producidos no causalmente por otros fenómenos. Cualquier fenómeno A_1 está condicionado causalmente por otros fenómenos B_1, B_2, B_3, \dots . De esta manera, B_1, B_2, B_3, \dots son las causas, el fenómeno A_1 es el efecto, o sea, el condicionamiento está dirigido de la causa al efecto. El condicionamiento causal se diferencia de un condicionamiento de tipo más general, como es la relación mutua de los fenómenos, en que su orden establece la dirección de la causa hacia el efecto. Además es importante señalar que todos los fenómenos que nos rodean surgen como consecuencia de la acción de otros fenómenos.

En la metafísica (Frank, 1957), la causa es simplemente la causa, y el efecto simplemente el efecto. Sin embargo, Hegel propuso que la causa en el sentido de que es causa, es al mismo tiempo efecto y el efecto en el sentido de que es efecto es al mismo tiempo causa. En el materialismo dialéctico (Lenin, 1927), se introduce de manera muy importante el análisis de la interacción entre la causa y el efecto. El considerar la interacción entre causa y efecto muestra que la relación causa-efecto es mucho más compleja.

Entre la causalidad y el espacio-tiempo se tiene una relación muy profunda. Las causas y los efectos existen en el espacio y el tiempo. Las causas, así como los efectos siempre se localizan “aquí” o “allá”, existen “antes” o “después”, ocupan cierta región del espacio y duran cierto intervalo de tiempo. Pero los conceptos (categorías filosóficas) de espacio y tiempo son necesarios no sólo para caracterizar las causas y efectos sino para describir su relación, la cual tiene un carácter espacio-temporal. Ningún estudio de los procesos de la naturaleza será exitoso sin considerar el carácter espacio-temporal de la causalidad.

Cuando a las cadenas causales se le aumentan más y más partes tienen la característica fundamental de que no son reversibles en el tiempo. La relación entre la causa y el efecto tiene una determinada direccionalidad inviolable en todas las condiciones: de lo que hay a lo que se convierte, a lo que será, es decir, de lo pasado a lo presente y del presente hacia el futuro. Invertir esta relación causa-efecto no es posible. ello surge cuando se considera que la causa y el efecto no son dos entes con el mismo sentido, sino que una de ellas define a la otra y muestra una mayor actividad en su interacción mutua.

La física moderna no sólo contribuyó con nuevas ideas, sino que ha proporcionado un criterio exacto y único de la existencia de la irreversibilidad del tiempo. Además, se pudo expresar el hecho de irreversibilidad de la relación causal en un sentido restringido. La relación causal en sentido amplio es la relación entre lo primero y lo segundo, entre el generador y lo generado. La relación entre la causa y su efecto es

análoga de alguna manera a la relación entre el fundamento y la consecuencia en el marco de la lógica. Sin embargo, esta analogía es incompleta y en desacuerdo con la dirección del tiempo.

Es necesario mencionar la posibilidad de la acción inversa del efecto sobre su causa, lo cual se puede ilustrar no sólo en ejemplos de la sociedad sino en hechos numerosos del ámbito de la física y de otras áreas de la ciencia. El efecto inverso sobre la causa que lo generó en algunos casos lleva a su debilitamiento y en otros casos a su reforzamiento en dependencia del ejemplo concreto de que se trate. Aquí, es muy importante el concepto de la irreversibilidad de la relación causal en la definición de la dirección del tiempo.

Así, podemos dar la siguiente definición de la dirección del tiempo: si en la dirección desde el punto t_1 al punto t_2 el fortalecimiento del efecto conduce al debilitamiento de la causa, entonces t_1 ocurre antes que t_2 . Finalmente, es necesario decir que la irreversibilidad del tiempo se determina por la evolución de la materia.

Conclusiones

Los intentos por definir la dirección del tiempo, sin utilizar la relación causal, no son válidos ya que todos ellos tienen un carácter empírico. Cuando se establece la relación causa-efecto a través de algún proceso físico, se deben analizar de manera muy profunda las implicaciones que tiene la región de validez del modelo que describe dicho proceso físico sobre la relación causa-efecto en forma no restringida.

Reichenbach propone que el orden en el tiempo se establece en función de las interacciones causales, pero sin definir de manera clara la relación entre el orden en el tiempo y los procesos causales.

Para demostrar la irreversibilidad del flujo de tiempo (existencia de la flecha del tiempo), debemos mencionar finalmente que la dirección del tiempo está íntimamente relacionada con la existencia de la materia. El espacio-tiempo es una forma fundamental de la existencia de la materia. El tiempo no se puede separar del espacio y la dualidad espacio-tiempo define la existencia de la materia. Los conceptos de espacio-tiempo, sin considerar a la materia, son conceptos abstractos sin contenido. El tiempo se caracteriza por su duración, por su orden y dirección; fluye siempre del pasado al futuro. En el transcurso del tiempo se observa la evolución de la materia.

El tiempo es unidimensional, asimétrico e irreversible, donde todos los cambios de la naturaleza ocurren del pasado al futuro. La unidireccionalidad del tiempo está basada precisamente en la asimetría de las relaciones causa-efecto, en el proceso irreversible de la evolución de la materia.

- Bunge, M. (1983). *Controversias de la Física*. Tecnos, Madrid.
- Frank, P. (1957). *Philosophy of Science*. Prentice-Hall, Englewood Cliffs.
- Fermi, E. (1936). *Thermodynamics*. Dover, New York.
- García Morente, M. (1986). *La Filosofía de Kant: Una Introducción a la Filosofía*. Espasa-Calpe, Madrid.
- Grilles, D. (1974). *Empirismo y Subjetividad. Ensayo sobre la Naturaleza Humana según Hume*. Granica, Barcelona.
- Harrison, E. (1986). "Newton and the Infinite Universe", *Physics Today*. February, 24.
- Landau, L. D. y E. M. Lifshitz
 _____ (1966). *Mechanics*. Mir, Moscow.
 _____ (1988). *Física Estadística*. Reverté, Barcelona.
- Leibniz, G. W. (1956). En L. H. Loemker (ed). *Philosophical Papers and Letters*. University of Chicago Press, Chicago.
- Lenin, V. (1927). *Materialism and Empiro-Criticism*. International Publishers, New York.
- Michael, B. V. (1989). *Principles of Cosmology and Gravitation*. Bristol, Hilger.
- Prigogine, I. (1962). *Non-equilibrium Statistical Mechanics*. J. Wiley, New York.
- Russell, B. (1952). *Our Knowledge of the External World*. Allen and Unwin, London.
- Reichenbach, H.
 _____ (1958). *The Philosophy of Space & Time*. Dover, New York.
 _____ (1956). *The Direction of Time*. University of California Press, Berkeley.
- Terletskii, Ya. P. (1971). *Statistical Physics*. North-Holland, London.

Universidad Autónoma del Estado de México
 Centro de Investigación en Ciencias Agropecuarias

CICA 20 años CICA 50 años ICLA-UAEM

Foro internacional:
Desarrollo rural frente a las metas del milenio

OBJETIVO: El Foro se llevará a cabo para celebrar el XX Aniversario del Centro de Investigación en Ciencias Agropecuarias (CICA), en el marco del 50 Aniversario de la Transformación ICLA-UAEM, a través de la presentación de ponencias de prestigiosos investigadores, donde se expondrá la situación del campo bajo tres perspectivas: desarrollo rural desde el ámbito social, conservación y manejo de los recursos naturales y producción animal.

CONFERENCIAS

NOVIEMBRE	JUEVES 9	VIERNES 10
	"Preservación de la biodiversidad en el medio rural" Dr. Michael Stocking School of Development Studies, University of East Anglia, UK	"Desigualdades de género en América Latina en tiempos de neoliberalismo" Dra. Marie France Labrecque Université Laval, Québec, Canadá
	"Contribución de la producción animal en la disminución de la pobreza rural" Dr. Carlos M. Arriaga Jordán Universidad Autónoma del Estado de México	"El papel de la producción de leche y derivados en el amortiguamiento de la pobreza" Dr. Fernando Cervantes Escoto Universidad Autónoma Chapingo
	"Desempeño agropecuario y capital humano" Dr. Braulio Serna Hidalgo CEPAL, México, ONU	"Nuevo milenio, nueva cuestión agraria: modernidad, posmodernidad y modernidades alternativas" Dr. Graham Woodgate Institute for the Study of the Americas, University of London, UK
	"Desarrollo agropecuario sustentable" Dr. Ramón Soriano Universidad Autónoma Metropolitana	"Desarrollo rural y alivio a la pobreza" Simon Anderson Department for international Development, UK, Government

Sede: Biblioteca de la Unidad El Cerillo, Piedras Blancas

Informes: julia@uaemex.mx y cica@uaemex.mx. Teléfono: (720) 286 55 52. <http://www.uaemex.mx/cica>

Dr. Julieta G. Estrada Flores

Extrada / Extra